

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2014

Joklová Kateřina

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Vliv vyrobené elektřiny z obnovitelných zdrojů (FVE) na cenu
silové elektřiny na velkoobchodním trhu**

Influence of RES Electricity to Electricity Price in the Market

<i>Autor:</i>	Joklová Kateřina
<i>Studijní program:</i>	Elektrotechnika, energetika a management
<i>Studijní obor:</i>	Elektrotechnika a management
<i>Vedoucí práce:</i>	Doc. Ing. Jiří Vašíček, CSc.

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Joklová** Kateřina

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management
Obor: Elektrotechnika a management

Název tématu:

Vliv vyrobené elektřiny z obnovitelných zdrojů (FVE) na cenu silové elektřiny na velkoobchodním trhu

Pokyny pro vypracování:

1. Analýza množství a diagramu vyrobené elektřiny z FV
2. Úloha OTE a energetické burzy (obchodování s odchylkami)
3. Vliv vyrobené a spotřebované elektřiny na cenu silové elektřiny (odchylky a neodebraná silová elektřina)

Seznam odborné literatury:

1. Chemišinec A. a kol.: Obchod s elektřinou. CONTE s.r.o., 2003.
2. Kislingerová a kol: Manažerské finance, Beck, Praha.
3. Energetický zákon a navazující předpisy - www.eru.cz.

Vedoucí bakalářské práce: Doc.Ing. Jiří Vašíček, CSc.

Platnost zadání: do konce letního semestru 2014/2015

Doc.Ing. Jaroslav Knápek, CSc.

vedoucí katedry



Prof.Ing. Pavel Ripka, CSc.

děkan

V Praze dne 10.2.2014

PROHLÁŠENÍ

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

V Praze dne 20. 5. 2014

.....
Joklová Kateřina

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji svému vedoucímu Doc. Ing. Jiřímu Vašíčkovi, CSc. za jeho odbornou pomoc, trpělivost, čas a ochotu, kterou mi věnoval jak během přípravy, tak i při zpracování této bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat skupině ČEZ, a.s. za jejich důvěru při poskytnutí potřebných dat k výpočtům týkajících se této práce.

V Praze dne 20. 5. 2014

Joklová Kateřina

ABSTRAKT

Hlavním cílem této bakalářské práce je provést analýzu vlivu vyrobené elektřiny z fotovoltaických elektráren na cenu silové elektřiny na velkoobchodním trhu. Po úvodním slovu následuje přehledný a ucelený pohled na současnou situaci obchodování s elektřinou v ČR. Dále je zde popsána úloha jednotlivých subjektů na energetickém trhu se zaměřením na operátora trhu (OTE), burzu a vyhodnocování vzniklých odchylek. V druhé části práce nalezneme analýzu denního diagramu výroby elektřiny z FVE v porovnání s průměrnou denní spotřební křivkou. Následující kapitola se zabývá závislostí mezi spotovou cenou elektřiny a množstvím vyrobené elektřiny z FVE a VTE v ČR a Německu. Čtvrtá část je věnována rozboru vlivu FVE na velikost systémové odchylky. Pro zjištění všech těchto závislostí je použita korelační nebo regresní analýza vytvořená v programu Microsoft Excel. V závěru jsou shrnuty všechny výsledky analytické části práce a celkové zhodnocení situace vlivu FVE na trh s elektrickou energií.

KLÍČOVÁ SLOVA

obnovitelné zdroje energie, OZE, fotovoltaické elektrárny, FVE, silová elektřina, operátor trhu, OTE, energetická burza, odchylky, subjekt zúčtování

ABSTRACT

The main objective of this thesis is to conduct an analysis of the impact of electricity generated from photovoltaic power stations (PV) on the wholesale electricity prices. Further in this thesis, a clear and comprehensive view of the current situation on the electricity market in the Czech Republic is provided. Subsequently, roles of individual subjects on the electricity market are described, focusing on the market operator (OTE), stock exchange and trading with ancillary services. The second chapter provides an analysis of the daily PV and wind power generation diagram in comparison with the average daily consumption diagram. In the following chapter, a dependency between the electricity spot prices and the volume of electricity generated from PV and wind turbines in the Czech Republic and Germany is analyzed. The fourth chapter discusses the impact analysis of PV generation on the system imbalance. Microsoft Excel was used for correlation and regression analysis to find all of these dependencies. The final chapter summarizes all the results of the above analyses and comprehensively assesses the impact of PV on the electricity market

KEY WORDS

renewable energy sources, RES, photovoltaic power stations, PV, electricity, market operator, OTE, energy stock exchange, system imbalance, settlement entity

OBSAH

ÚVOD.....	- 9 -
1. OBCHOD S ELEKTŘINOU V ČR	- 11 -
1.1. Vertikálně integrovaný systém	- 11 -
1.2. Liberalizovaný systém.....	- 12 -
1.3. Energetické subjekty v ČR	- 14 -
1.3.1. ČEPS, a.s. (PPS)	- 15 -
1.3.2. Provozovatelé distribuční soustavy (PDS)	- 15 -
1.3.3. OTE, a.s. (OTE).....	- 17 -
1.3.4. Power Exchange Central Europe, a.s. (PXE).....	- 21 -
1.3.5. Energetický regulační úřad (ERÚ)	- 22 -
1.3.6. Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO)	- 22 -
1.3.7. Obchodníci s elektřinou	- 22 -
1.3.8. Výrobci	- 23 -
1.3.9. Koneční zákazníci.....	- 23 -
1.3.10. Subjekt zúčtování (SZ).....	- 23 -
1.4. Struktura trhu s elektřinou v ČR.....	- 28 -
1.4.1. Druhy trhu s elektrickou energií	- 29 -
1.5. Cena elektřiny pro konečného spotřebitele.....	- 33 -
2. ANALÝZA MNOŽSTVÍ A DIAGRAMU VYROBENÉ ELEKTŘINY Z FVE	- 34 -
2.1. Analýza množství vyrobené elektrické energie z FVE	- 34 -
2.2. Analýza denního diagramu výroby elektřiny z FVE a VTE	- 40 -
2.3. Porovnání spotřebního diagramu a diagramu výroby el. z FVE	- 42 -
3. VLIV VÝROBY EL. Z FVE NA CENU SILOVÉ ELEKTŘINY (CSE) V ČR.....	- 44 -
3.1. Postup statistické zpracování dat v Microsoft Excel 2013.....	- 44 -
3.1.1. Kontingenční tabulka	- 45 -

3.1.2. Korelační analýza	45 -
3.1.3. Regresní analýza	46 -
3.2. Závislost CSE v ČR na výrobě el. z FVE a VTE v ČR.....	46 -
3.3. Korelace ceny silové elektřiny v Německu s cenou v ČR.....	50 -
3.4. Závislost CSE v ČR na výrobě el. z FVE a VTE v DE.....	52 -
3.4.1. Korelační analýza	52 -
3.4.2. Regresní analýza	55 -
4. VLIV VÝROBY EL. Z FVE A VTE NA VELIKOST SYSTÉMOVÉ ODCHYLKY	60 -
ZÁVĚR	61 -
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	64 -
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	69 -
SEZNAM OBRÁZKŮ	72 -
SEZNAM TABULEK A ROVNIC.....	74 -
SEZNAM PŘÍLOH.....	75 -

ÚVOD

Elektrická energie je bez pochyby jednou z nejdůležitějších potřeb moderního lidstva. Veškeré činnosti, průmysl a dokonce i lidské životy, v souvislosti například s výrobou pitné vody, závisí z velké části na elektrické energii, jejíž výroba, distribuce a spotřeba je nedílnou součástí každodenního života na Zemi.

Přestože výroba elektřiny z fosilních paliv stále představuje nejlevnější variantu získání elektrické energie, konec minulého století nám dokázal, jak nestálý a zrádný zdroj může představovat z hlediska její vyčerpatelnosti či neekologičnosti. Ropné šoky a války o území s ropnými ložisky jsou typickým případem vyústění těchto problémů. Stále se zvyšující poptávka po elektrické energii, snaha osamostatnit se od dodavatelů elektrické energie z politicky nestabilních oblastí, negativní dopad na životní prostředí a mnoho dalších faktů směřuje k oproštění se od využívání neobnovitelných zdrojů energie. Stále větší snahou je tedy podpořit získání elektřiny co nejekonomičtějším a nejekologičtějším způsobem, čehož lze dosáhnout efektivním využitím obnovitelných zdrojů energie.

Celosvětové energetické organizace zabývající se otázkou snižování emisí způsobující skleníkový efekt směřují k podpoře výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů jako je voda, vítr, biomasa, bioplyn, geotermální zdroje a energie ze slunečního záření. Spolu se vstupem České republiky do Evropské unie, jež se datuje k 1. 5. 2004, se ČR zavázala k zvýšení podílu elektřiny získané z obnovitelných zdrojů na celkové množství vyrobené elektrické energie. Tuto skutečnost vzali na vědomí čeští zákonodárci schválením předpisů, týkajících podpory výroby elektřiny z OZE. Výše příspěvků byla stanovena tak, že pro podnikatele v té době představovala výhodnou investici do výstavby FVE s vidinou nízké doby návratnosti a vysoké ziskovosti. Díky této vhodně vytvořené legislativní půdě zažila česká energetika během let 2007 až 2012 boom výroby z obnovitelných zdrojů, způsobený plošnou výstavbou právě fotovoltaických elektráren. Ty se pro svou nepredikovatelnost a nestabilitu dodávky elektrické energie staly trnem v oku jak distributorům, tak spotřebitelům. Všechny tyto neblahé události způsobily stop stav tzv. zelené energii, a to i přes to, že by rozvoj obnovitelných zdrojů energie měl být stále podporován. Pro rok 2014 se podpora novým výrobcům z OZE uznává pouze tehdy, pokud jde o výrobu z biomasy, MVE, VTE či geotermální energie.

O tom, jakým způsobem se projevuje celkové množství vyrobené elektrické energie z OZE na cenu elektřiny a do jaké míry bude toto nahrazování neobnovitelných zdrojů udržitelné, se vedou dlouhé debaty. Na jedné straně je třeba směřovat rozvoj energetiky k využívání primárních zdrojů, na straně druhé však visí otázka udržitelnosti bilance elektrizační soustavy s uvážením nepredikovatelnosti výroby z obnovitelných zdrojů energie, jako je slunce či vítr. Česká republika v čele s MPO a ERÚ se proto snaží optimalizovat všechny zdroje a nastavit vhodný legislativní podklad pro správný budoucí vývoj energetiky v ČR.

Hlavním cílem této práce je demonstrovat na získaných datech, zda a jak ovlivňuje množství výroby elektřiny z FVE v ČR spotovou (silovou, neregulovanou) cenu elektřiny. Závislost bude nutno vytvořit pro vybraná roční období a typické dny s použitím statistických výpočtů v programu Microsoft Excel. Dalším úkolem práce je analyzovat vývoj množství a diagramu vyrobené elektrické energie z FVE a jeho porovnání se spotřebním diagramem. Důležitým bodem praktické části je též zjištění možné korelace cen silové elektřiny na české burze s cenami v Německu. V závislosti na tomto výpočtu pak bude vytvořena analýza vlivu výroby elektřiny z OZE právě v Německu na české spotové ceny silové elektřiny.

Od vzniku liberalizovaného trhu až po integraci s ostatními členskými zeměmi EU, prošel trh s elektrickou energií velkými změnami. Pro nastínění vývoje a nynější situace obchodu s elektřinou slouží teoretická část práce, v níž jsou též uvedeny vztahy mezi jednotlivými subjekty a podrobněji je rozebrána úloha operátora trhu se zaměřením na vypořádání se s odchylkami, které vznikají jako rozdíl mezi sjednanou a skutečně dodanou elektrickou energií jednotlivých subjektů zúčtování. Dalším cílem této práce je v souvislosti s tím analyzovat možnou závislost mezi výrobou elektřiny z OZE a velikostí vzniklých systémových odchylek.

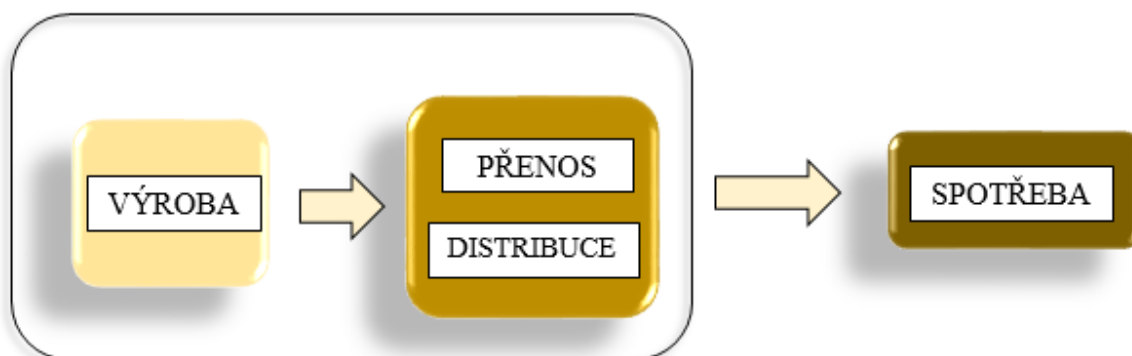
1. OBCHOD S ELEKTŘINOU V ČR

Pod pojmem obchodování s elektrickou energií si lze představit jednoduchou situaci, kdy výrobce dodá elektřinu přímo spotřebiteli a ten za ni zaplatí určitou částku. Takový typ obchodu je samozřejmě možný, ale bohužel ani zdaleka nepřipomíná reálnou situaci na trhu s touto komoditou. Pokud vezmeme v úvahu, že elektrická energie se kromě její výroby a konečné spotřeby musí též přenést, do našeho triviálního vztahu přibývá nová položka, o kterou bude potřeba konečnou cenu elektřiny navýšit. Dalších faktorů ovlivňujících energetický trh je spousta, zvážíme-li především neskladovatelnost nebo nutnost udržení rovnováhy celého elektroenergetického systému.

V poslední dekádě 20. století se Česká republika, stejně jako ostatní evropské státy, rozhodla opustit systém vertikálně integrovaný a začít s liberalizací, což stálo za vznikem trhu s elektrickou energií, jak ho známe dnes.

1.1. Vertikálně integrovaný systém

Před liberalizací byl elektroenergetický systém v ČR v kompetenci jediné společnosti, jež spravoval stát. Ta měla na starosti jak přeměnu energie, tak dopravu elektřiny ke konečnému zákazníkovi, jak ukazuje obr. 1. Nevýhodou tohoto systému z pohledu zákazníka byla nemožnost vybrat si svého dodavatele. Vládl zde totiž monopol, který navíc přirozeně určoval jednotnou cenu elektřiny. Výhodou byla v tomto případě větší stabilita dodávky elektřiny.

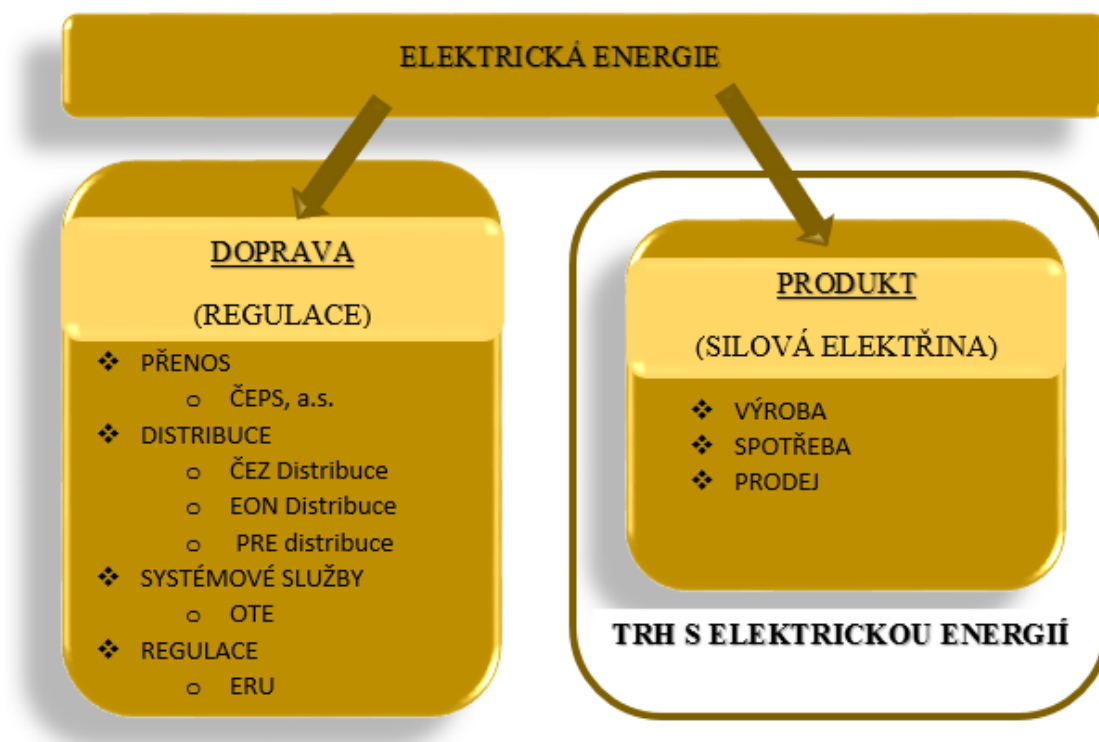


Obrázek 1: *Vertikálně integrovaný systém*

1.2. Liberalizovaný systém

Liberalizace energetiky v ČR započala roku 2000 na popud schválení Energetického zákona č. 458/2000 Sb., jež předepisoval postup při otevírání trhu. Dalším důležitým milníkem bylo vydání směrnice EU 2003/54/ES, která nařizovala již plnou liberalizaci všech členských států a to do konce roku 2006. V ČR byl tento požadavek splněn již k 1. lednu 2006.

Hlavní pilířem liberalizace trhu s elektřinou je rozlišit cenu na regulovanou a neregulovanou část. Regulovaná část zahrnuje přenos, distribuci, systémové služby, podporu OZE a činnost operátora trhu a je dána buď vyhláškou, nebo zákonem na určité časové období. Co se týče tržní síly, společnosti zabezpečující tyto služby jsou v ČR tzv. přirozenými monopoly. Zajímavější složkou z pohledu liberalizace je neregulovaná část, která vytváří právě konkurenční trh. Vyplyvá z toho, že zákazník má možnost si na základě výše této ceny vybrat dodavatele elektrické energie. Pokud se na trh s elektřinou podíváme jako na celek, můžeme ho označit za oligopol. Oddělení jednotlivých částí trhu po liberalizaci vystihuje obr. 2.



Obrázek 2: Liberalizace trhu s elektřinou

Díky liberalizaci vznikly na českém trhu s elektřinou spolu s výrobcí a spotřebiteli nové subjekty řídící obchod v reálném čase (tzv. operátor trhu OTE), obchodníci s elektřinou, subjekty zúčtování, zákonný regulátor (ERÚ) a další. Změna se dotkla též legislativců, kteří začali vytvářet a schvalovat související předpisy. Příkladem je Vyhláška č. 541/2005 Sb., jež určuje, jakým způsobem je možné změnit dodavatele a také *směrnice 2003/54ES zabezpečující nepřetržitou a kvalitní dodávku elektřiny, její cenu a ochranu životního prostředí*. [16]

Přestože vytvoření konkurenčního trhu byl hlavní důvod liberalizace, díky téměř monopolnímu výrobcí a dominantním subjektům obchodujících s elektřinou, byla konkurence na tomto trhu nízká. Zásadnější změna proběhla kolem roku 2010, kdy se snižováním cen elektrické energie vstoupili na trh noví dodavatelé. Ti díky krátkodobým trhům a obchodování na burze mohli zákazníkům nabídnout nižší neregulovanou cenu elektřiny. Dosavadní největší dodavatelé totiž uzavřeli dlouhodobé smlouvy na základě predikce zvyšování cen elektřiny. Na obr. 3 [36] vidíme průběh cen elektřiny na burze

v letech 2008 až 2012, ze kterého je patrný pokles cen. Ty jsou zde uvedeny v CZK za MWh.



Obrázek 3: Vývoj ceny elektřiny v letech 2008-2012

1.3. Energetické subjekty v ČR

Mezi energetické subjekty patří jak všichni účastníci trhu, tak státní organizace jako je MPO či ERÚ, které mají co dočinění s koordinací celého energetického trhu. Jednotlivé funkce a postavení jsou definovány v této části práce.

Všechny energetické subjekty bychom mohli rozdělit do dvou skupin podle toho, zda spadají do neregulované či regulované části trhu. Do první skupiny se řadí výrobci, obchodníci, spotřebitelé a subjekty zúčtování, do druhé patří provozovatel přenosové soustavy, distributoři a OTE. Účastník trhu je definován jako subjekt s pravomocí obchodovat s elektřinou. Dle [4] jsou účastníky trhu *subjekt zúčtování, dodavatel, účastník s přístupem na organizovaný krátkodobý trh, účastník s přístupem na*

vyrovnávací trh, poskytovatel PpS, provozovatel distribuční a provozovatel přenosové soustavy.

Energetický zákon č.458/2000 Sb. je základním dokumentem, ze kterého vyplývají veškerá práva a povinnosti pro všechny účastníky figurující na energetickém trhu v ČR (regulované, neregulované i státní organizace).

1.3.1. ČEPS, a.s. (PPS)

Společnost ČEPS, a.s. je v ČR jediným licencovaným provozovatelem přenosové soustavy. *Tou se rozumí vzájemně propojený soubor vedení a zařízení 400kV, 220kV a vybraných zařízení 110kV sloužících k přenosu elektřiny pro celé území České republiky a propojení s elektrizačními soustavami sousedních států, včetně systémů měřicí, ochranné, řídicí, zabezpečovací, informační a telekomunikační techniky.* [1] Všechny akcie této společnosti vlastní ČR, správu provádí MPO. Veškeré činnosti PPS musí být v souladu s Pravidly provozování přenosové soustavy, jež schvaluje ERÚ.

Hlavním úkolem provozovatele přenosové soustavy je zajistit dálkový přenos elektřiny od výrobce do distribuční soustavy, koordinaci zahraničních toků či kontrolu celkové rovnováhy spotřeby a výroby elektřiny v každém časovém okamžiku a v určité kvalitě. Tyto tzv. systémové služby zajišťuje díky službám podpůrným, které nakupuje od vybraných subjektů na trhu s PpS.

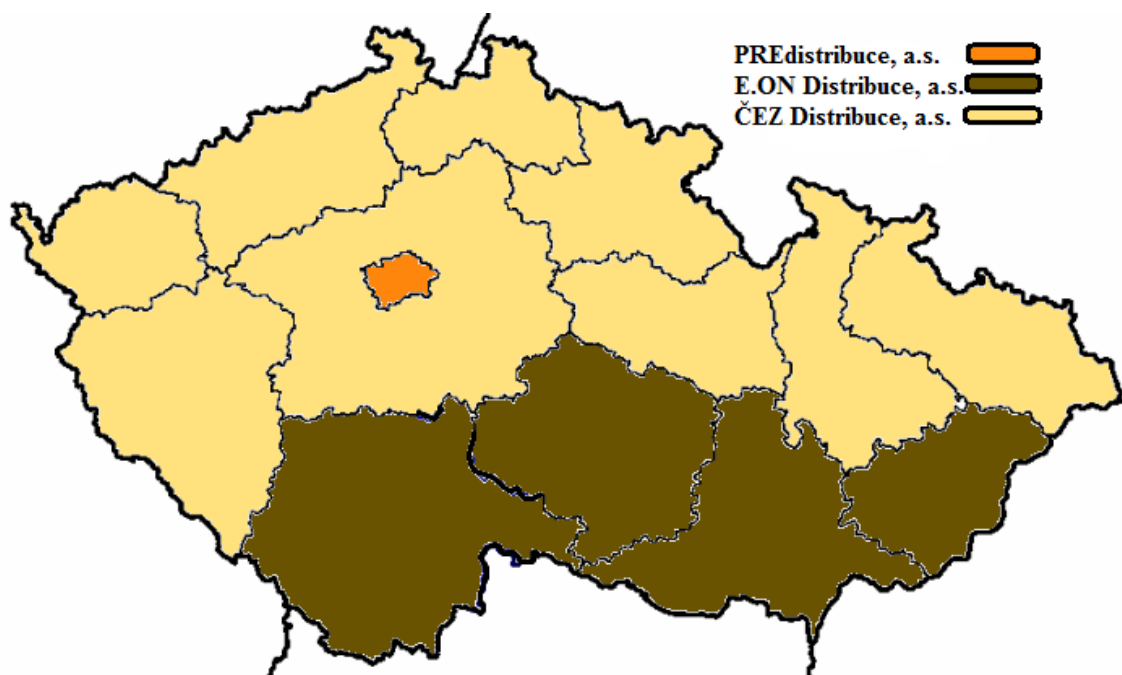
Z výše uvedeného vyplývá, že mezi podpůrné služby patří hlavně zajištění potřebného množství elektřiny pro kompenzaci případného rozdílu mezi sjednanou a reálně dodanou či odebranou elektřinou. S poskytovateli PpS pak PPS uzavírá obchod a to buď na základě dlouhodobých smluv podpořených výběrovými řízeními, nebo dokoupením na denním trhu. Zde je *marginální cena zaplacená všem akceptovaným subjektům, kteří závazek splnili.* [1] Zajišťovatelem vyrovnávacího trhu s regulační energií je v ČR OTE, a.s.

1.3.2. Provozovatelé distribuční soustavy (PDS)

Přenos elektrické energie z přenosové soustavy ke konečným zákazníkům má za úkol tzv. distributor. *V podmínkách ČR je distribuční soustavou vzájemně propojený*

soubor vedení a zařízení 110kV, s výjimkou vybraných vedení a zařízení 110kV, která jsou součástí přenosové soustavy a vedení i zařízení o napětí 0,4/0,23kV, 3kV, 6kV, 10kV, 22kV nebo 35kV, sloužící k zajištění distribuce elektřiny na vymezeném území České republiky, včetně systémů měřicí, ochranné, řídicí, zabezpečovací, informační a telekomunikační techniky.[1]

V České republice jsou pouze tři zákonní PDS, kteří mají striktně rozdělené území své působnosti. Oblast jižních Čech a jižní Moravy náleží společnosti E.ON Distribuce, a.s., Hlavní město Praha je pod správou Predistribuce a.s. a o zbytek ČR se stará ČEZ Distribuce, a.s., jak ostatně ukazuje obrázek 4.



Obrázek 4: Distribuční soustava ČR

PDS se řídí obdobně jako PPS Pravidly provozování distribuční soustavy a též využívá k plynulému řízení systémové služby zajišťující regulaci, spolehlivost a kvalitu dodávky elektrické energie spotřebitelům.

Mimo již zmíněné distributory jsou v ČR licencováni ještě provozovatelé lokálních distribučních soustav, kteří na rozdíl od regulovaných PDS mohou být zároveň dodavateli elektrické energie konečným zákazníkům.

1.3.3. OTE, a.s. (OTE)

Důležitým subjektem na liberalizovaném trhu s elektrickou energií je operátor trhu, který ve své podstatě nezávisle řídí komunikaci a přenos informací mezi všemi ostatními subjekty zde vystupujícími. V ČR tuto úlohu zastává státem vlastněná společnost OTE, a.s., založena roku 2001 za účelem přispět ke správnému rozvoji, rovnováze a optimalizaci trhu s elektřinou. Mezi její hlavní činnosti patří zúčtování odchylek, organizace krátkodobého trhu, výplata podpory výroby elektřiny z POZE, správa rejstříku emisí skleníkových plynů a organizace integrovaného zahraničního trhu.

Zúčtování odchylek

Hlavním úkolem společnosti OTE a.s. je vypořádat se se vzniklými odchylkami na trhu s elektrickou energií, a to jak z technické (naměření dat, regulační energie), tak finanční stránky (vyúčtování). Povinností každého subjektu zúčtování je registrovat se do systému operátora trhu a informovat ho o množství sjednané dodávky elektřiny, aby měl přehled o situaci na dvoustranném obchodu. Spolu s daty o krátkodobém trhu a skutečně naměřených hodnotách dodávky (spotřeby) tedy může určit a finančně ohodnotit odchylku pro vybraný časový interval (většinou pro tzv. obchodní hodinu) a příslušný SZ. Problém nastává při rychlosti zpětné vazby naměřených hodnot skutečně dodané/spotřebované elektřiny, jelikož každý subjekt nemá povinnost předávat OTE skutečně naměřená data online. O smluvně sjednaných kontraktech na daný obchodní termín je pevně rozhodnuto nanejvýš hodinu před skutečnou dodávkou.

Protože elektrizační soustava je předurčena pracovat v rovnovážném stavu, musí se síť se vznikem takové odchylky vypořádat. K tomuto účelu se využívá regulační energie (zajišťuje PPS pomocí podpůrných služeb), vyrovnávací trh s touto energií (organizovaný společností OTE a.s.) či propojení se zahraničními soustavami. OTE má za úkol vyhodnocovat všechny tyto skutečnosti včetně ceny za danou odchylku.

Odpovědnost za odchylku padá od roku 2013 na bedra distributora elektrické energie. OTE mu tedy vypočítá celkovou odchylku za dané období jako součet odchylky na jeho straně a odchylky na straně ostatních SZ, jež spadají pod kompetenci daného distribučního území.

Více o finančním ohodnocení a technickém měření vzniklých odchylek se nachází v části 1. 3. 10 této práce.

Podpora POZE

Právní rámec pro podporu obnovitelných zdrojů v ČR tvoří zákon č. 165/2012 Sb., jež byl vytvořen na popud vydání souvisejících směrnic EU. Podle tohoto zákona se mimo jiné určuje, který subjekt má nárok na podporu výroby z OZE, v jaké formě a výši. V ČR dnes existují tři druhy podpory výroby z OZE, a to buď formou pevné výkupní ceny (roční režim), nebo pomocí zeleného bonusu (hodinový nebo roční režim). Pro rok 2013 se mimo OZE, druhotných zdrojů a KVET nastavila legislativa pro podporu decentrální výroby, biometanu a tepla z OZE.

Povinný výkup (PV)

Minimální výkupní cenu stanovuje každoročně ERÚ a je téměř neměnná po celou dobu životnosti elektrárny (nutně se akorát musí ročně zvětšit minimálně o dvě procenta). Povinně vykupující je povinen vykoupit od výrobce veškerou vyrobenou elektrickou energii za určenou minimální výkupní cenu, k níž se připočítává ještě DPH. Od začátku roku 2013 spadá výplata podpory formou povinného výkupu na bedra povinně vykupujícího, jimiž se staly pro rok 2013 a 2014 E. ON energie, a.s., ČEZ Prodej, s.r.o. a PRE, a.s., každý pro svou oblast působnosti. Tyto společnosti mají nárok na post vyrovnání, jež má ve své pravomoci společnost OTE, které se vyčíslí jako rozdíl mezi tržní cenou a pevně danou výkupní cenou zaplacenou výrobcí elektřiny z POZE.

Zelený bonus (ZB)

Od roku 2013 vyplácí zelený bonus společnost OTE řídící se cenovým rozhodnutím ERÚ. Tato forma podpory skýtá pro výrobce elektřiny z OZE záludnost v nalezení si na trhu subjekt, jemuž vyrobenou elektřinu prodá (uzavře s ním dvoustrannou smlouvu). Cena podpory může být sice vyšší a je bez DPH, ale oproti povinnému výkupu je tato forma podpory mírně rizikovější. Zelený bonus lze na druhou stranu uplatnit i na vlastní spotřebovanou energii a výrobce má možnost prodat vyrobenou elektrickou energii povinně vykupujícímu, který je povinen mu uhradit rozdíl mezi výkupní cenou a zeleným bonusem (částka stanovena cenovým rozhodnutím ERÚ). *Jedná se o tzv. nucený výkup, který mohou využít pouze zdroje uvedené do provozu po*

roce 2012 [24]. OTE v tomto případě nevyplácí povinně vykupujícímu rozdíl mezi tržní a výkupní cenou.

Jde-li o výrobu elektřiny z FVE, je sražen z konečné částky podpory odvod daný zákonem, jedná-li se o elektrárnu s $P_{\text{ins}} > 30\text{kW}$.

Hodinový zelený bonus

Tento druh podpory si mohou od začátku roku 2013 vybrat všichni stávající výrobci elektřiny z OZE. Naopak noví výrobci s instalovaným výkonem větším než 0,1 MW mají tuto formu podpory povinnou. Hodnota podpory se mění hodinově spolu s cenou silové elektřiny na velkoobchodním trhu. Výpočet velikosti hodinového zeleného bonusu vychází dle [24] z rovnic 1 a 2, kde C_{pzbhis} je výše hodinového zeleného bonusu pro veškerou podporovanou elektřinu vyrobenou z obnovitelného zdroje v hodině h v regulovaném roce i [Kč/MWh], C_{vcozis} výkupní cena elektřiny z s -tého druhu obnovitelného zdroje stanovená Energetickým regulačním úřadem [Kč/MWh], C_{podchis} průměrná předpokládaná cena odchylky s -tého druhu obnovitelného zdroje stanovená na základě vyhodnocení předložených hodinových diagramů denní predikce a dosažené skutečnosti výrob z podporovaných zdrojů energie za již ukončené kalendářní období a přepočtené na základě předpokládaného vývoje cen silové elektřiny a plánované výroby z podporovaných zdrojů energie [Kč/MWh] a C_{skuthi} hodinová cena elektřiny dosažená na denním trhu v hodině h v regulovaném roce i zveřejněná operátorem trhu způsobem umožňujícím dálkový přístup [Kč/MWh].

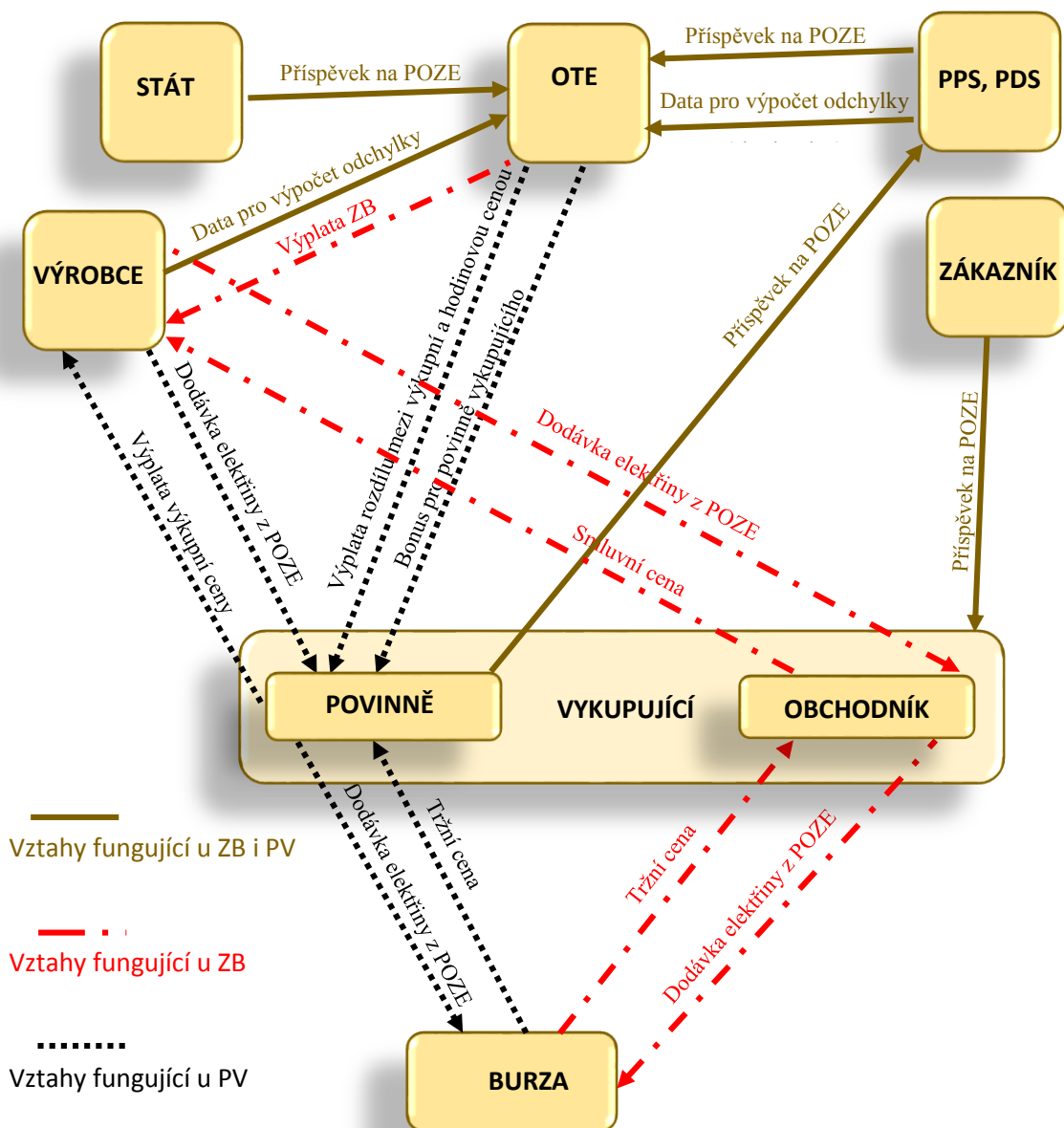
$$C_{\text{pzbhis}} = (C_{\text{vcozis}} - C_{\text{skuthi}}) + C_{\text{podchis}}$$

Rovnice 1: Výpočet hodinového zeleného bonusu pro $C_{\text{skuthi}} \geq 0$

$$C_{\text{pzbhis}} = C_{\text{vcozis}} + C_{\text{podchis}}$$

Rovnice 2: Výpočet hodinového zeleného bonusu pro $C_{\text{skuthi}} < 0$

Na obr. 5 jsou přehledně vyznačeny základní vztahy mezi subjekty figurujícími na trhu s OZE.



Obrázek 5: Vztahy mezi subjekty při vyrovnání podpory OZE formou ZB a PV

Mezinárodní spolupráce

V rámci splňování pravidel a právního rámce EU se ČR snaží přispět k integraci celoevropského energetického trhu, jehož hlavní ideou je efektivně propojit trhy s elektrickou energií s ostatními členskými státy EU a zajistit tak lepší podmínky pro vytvoření rovnováhy a optimalizaci využití vyrobené elektrické energie. Od roku 2012 funguje společný spotový (denní) trh s elektřinou mezi ČR, Slovenskem a Maďarskem nazývaný Market Coupling. Tento trh v ČR organizuje společnost OTE. Obchoduje se

formou aukce souběžně ve všech třech zemích (implicitně) a maximálně s takovým množstvím, které je schopno se z technického hlediska přenést. Dříve probíhaly mezinárodní obchody formou explicitní aukce, která se vyznačuje tím, že odděluje obchod přeshraničních kapacit od obchodu se samotnou komoditou. Společnost OTE sestavuje křivky sesouhlasení nabídek a poptávek, podle nichž určí cenu, za kterou se v danou hodinu bude obchodovat. Příklad křivky sesouhlasení je na obr. 6. [32] Jedná se konkrétně o stanovení ceny pro 1. hodinu dne 21. dubna 2014, která byla dle grafu 18,10 EUR/MWh.



Obrázek 6: Křivka sesouhlasení 21. duben 2014, 1. hodina

1.3.4. Power Exchange Central Europe, a.s. (PXE)

V ČR zajišťuje od roku 2007 burzovní obchod s elektrickou energií Energetická burza Praha neboli PXE. Obchoduje se zde s elektrickou energií v MWh. Jak již bylo řečeno v části 1.3.3., lokace dodávky je nejen v ČR, ale i na Slovensku a v Maďarsku. Nabízené produkty jsou futures (kontrakt roční, čtvrtletní či měsíční) s vypořádáním fyzickým (dodávka daného množství elektřiny v celém časovém pásmu dodávky) a finančním (dorovnání finančního salda dodávané elektřiny), a to v režimu base load (0:00-24:00) i peak load (po-pá 8:00-20:00). Dále se zde obchoduje formou spotových dohod (kontrakt denní či hodinový). *Hodinové produkty s místem dodávky ČR nejsou*

vypisovány přímo jako burzovní produkt, ale jako předmět obchodu denního trhu OTE, na který je možno vkládat nabídky k prodeji a nákupu prostřednictvím systému PXE.[7] Aby mohl operátor trhu vypořádat odchylky, musí PXE za všechny SZ, které realizovaly obchody na krátkodobém organizovaném trhu, zadat tyto skutečnosti do systému OTE.

1.3.5. Energetický regulační úřad (ERÚ)

Energetický regulační úřad je státním subjektem, jehož úkolem je zasahovat do trhu s elektrickou energií v jeho monopolních částech (přenos, distribuce, operátor trhu). Dalo by se říci, že omezuje důsledky rizik monopolního trhu tím, že určuje ceny, za které budou subjekty přenášet a distribuovat elektrickou energii, a cenu za koordinaci a řízení trhu společností OTE. Kromě této úlohy má však tento úřad na starosti podporu OZE, KVET či celkovou kontrolu a ochranu trhu i s jeho subjekty. Některá nařízení a předpisy vydává pomocí vyhlášek. Příkladem je vyhláška č. 438/2012 Sb., ve které jsou uktovena pravidla oceňování výše zmiňovaných regulovaných služeb a celkový kodex pro trh s elektrickou energií v ČR. Největší důležitost pak připadá na každoročně vydávané cenové rozhodnutí určující přesnou výši regulovaných cen a podpory výroby z OZE pro nadcházející rok.

1.3.6. Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO)

MPO je dalším státním subjektem. Vydává státní energetickou koncepci s ohledem na ochranu životního prostředí, ochranu spotřebitele a spolupráci s ostatními členskými státy EU. Jeho součástí je též Státní energetická inspekce, jež kontroluje dodržování zákonů týkající se energetiky (mimo jiné i zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů) a za nedodržování vyměřuje pokuty. Svá ustanovení prezentuje v podobě vyhlášek podobně jako ERÚ.

1.3.7. Obchodníci s elektřinou

Obchodníci s elektřinou jsou definováni jako subjekty na trhu s elektrickou energií, kteří na základě získané licence od ERÚ nakupují a prodávají elektřinu za účelem zisku. Mohou být zároveň spotřebiteli či výrobci. Jak je zmíněno v kapitole 1. 2,

liberalizace umožnila vstup na trh i menším subjektům. Každý obchodník může využít přenosových, distribučních či informačních služeb a uzavírat přeshraniční obchody.

Celkový počet licencovaných obchodníků s elektřinou je dle [13] přes 400. V ČR jsou hlavními dodavateli společnosti ČEZ Prodej, RWE, E. ON Energie, PRE energetika, Bohemia Energy entity, Pražská plynárenská, Centropol, X Energie či 3E Europe Easy Energy.

1.3.8. Výrobci

Výrobce je subjektem, který na základě licence může po splnění všech podmínek dodávat elektrickou energii do elektrizační soustavy v ČR i zahraničí, případně má možnost vyrobenou elektřinu využít pro vlastní potřebu. Výrobci mohou být též poskytovateli PpS a jejich povinností je předávat informace o výrobě provozovatelům příslušné distribuční či přenosové soustavy a operátorovi trhu OTE.

1.3.9. Koneční zákazníci

Konečný zákazník je oprávněn připojit se k odběru elektrické energie na základě uzavřené smlouvy k sítím VN a VVN (přenosová soustava), NN (distribuční soustava), případně přímo k výrobcí. Za připojení a spotřebu platí zvolenému dodavateli cenu dle individuálně uzavřené smlouvy. Nakupovat elektřinu může též na krátkodobých trzích nebo ji sám vyrábět pro vlastní spotřebu.

1.3.10. Subjekt zúčtování (SZ)

Subjekt zúčtování může být buď právnická, nebo fyzická osoba, jejímž posláním je propojení více subjektů na trhu s elektrickou energií. Takto vzniklé větší celky slouží ke zjednodušení modelu trhu s elektrickou energií. Pod pojmem SZ se mohou skrývat skupiny konečných spotřebitelů, obchodníků či výrobců elektrické energie, mezi nimiž existují smluvní či fyzické propojení dodávky/odběru elektřiny. Jak už bylo zmíněno v části 1.3.3., mezi smluvně a skutečně odebranou elektřinou vznikají odchylky, které v praxi vykazuje právě subjekt zúčtování, nikoli však každý účastník trhu jednotlivě. SZ se proto často označuje jako Subjekt zúčtování odchylky. Každý SZ má povinnost se registrovat v systému OTE. Sečteme-li celkové množství výroby, spotřeby a obchodů

spadající pod jeden SZ, získáme celkové obchodní saldo SZ. Tento vztah lze vyjádřit pomocí rovnice 3 dle [1]:

$$S_h = \sum_{i=1}^N D_i + \sum_{j=1}^M W_j + \sum_{k=1}^L O_k \quad [\text{MWh}],$$

Rovnice 3: Saldo subjektu zúčtování

kde D_i je spotřeba (odběr) i -tého zákazníka, W_j je výroba j -tého výrobce, O_k obchod (smlouvy) k -tého obchodníka a S_h obchodní saldo vyjadřující obchodní pozici daného SZ. Tento vzorec aplikujeme na hodnoty sjednané a skutečné, z čehož nám vychází právě velikost odchylky daného SZ. Její finanční ohodnocení a vypořádání provádí OTE, který zisk z odchylek převádí provozovateli přenosové soustavy, jenž použije tyto peníze na zajištění systémových služeb sloužících k technickému pokrytí daných odchylek. Vyhodnocení probíhá denně, a to vždy pro každou hodinu předešlého dne. Cenu stanoví OTE s přihlédnutím na momentální cenu regulační energie, minimální cenu určenou ERÚ a vlastnostem systémové odchylky pro danou hodinu (ta může být kladná, záporná či nulová). Hodinová zúčtovací cena odchylky (C) je dle [4] vypočítána z rovnic 4 a 5 v závislosti na charakteru dané systémové odchylky (SO). Celková suma (C_c) vystavena SZ odpovědnému za vzniklou odchylku je spočítána dle rovnice 6, kde C je zúčtovací cena odchylky a O velikost odchylky, oba údaje pro danou zúčtovací hodinu.

$$C_- = 2\,350 + 5,5 * |SO| \quad [\text{Kč/MWh}; \text{MWh}]$$

Rovnice 4: Zúčtovací cena odchylky pro $SO \leq 0$

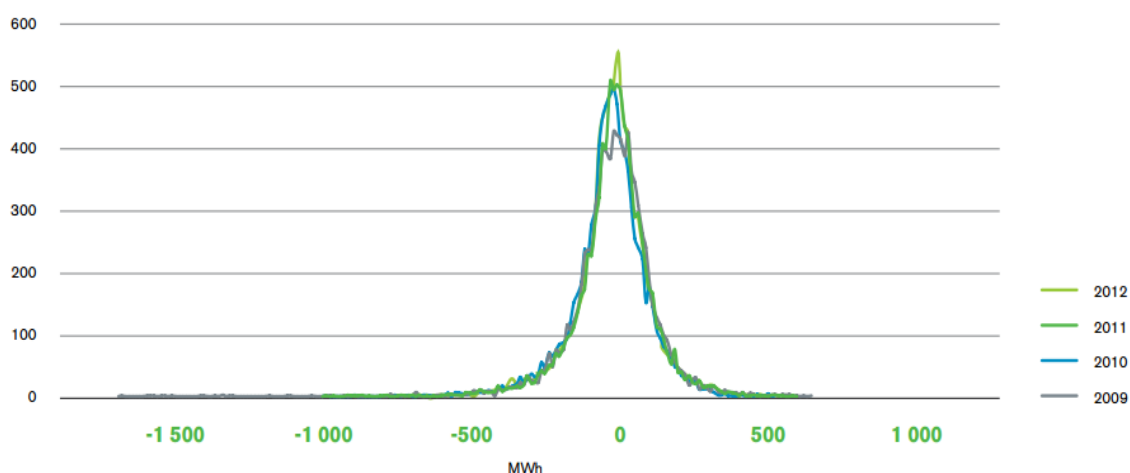
$$C_+ = 1 + 3,5 * |SO| \quad [\text{Kč/MWh}; \text{MWh}]$$

Rovnice 5: Zúčtovací cena odchylky pro $SO > 0$

$$C_c = C_{\pm} * O \quad [\text{Kč}; \text{Kč/MWh}; \text{MWh}]$$

Rovnice 6: Celková částka k uhrazení SZ

Na obr. 7 [4] je znázorněn graf vyjadřující množstevní a velikostní výskyt systémových odchylek (počet četností na ose y). Můžeme zde vidět trend zmenšení četnosti odchylek v letech 2009 až 2012. To lze vysvětlit jako následek snahy SZ zmenšit svoji odchylku, a to hlavně kvůli závislosti cen odchylek na velikosti SO. Jak už bylo výše řečeno, za vzniklou odchylku musí daný SZ platit vyměřené sankce, proto se tedy tuto systémovou odchylku snaží co nejefektivněji minimalizovat.



Obrázek 7: Četnost velikosti systémové odchylky v letech 2009-2012

Měření skutečně dodané elektřiny

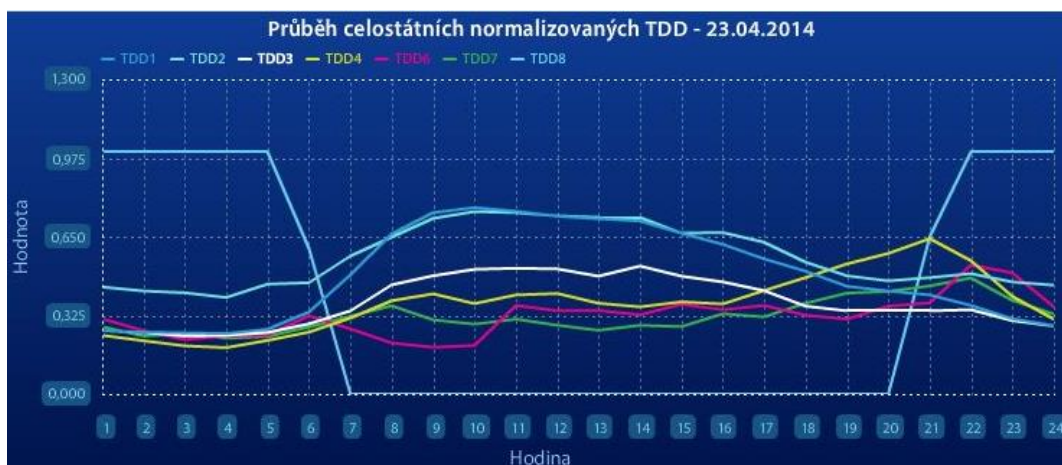
Pro stanovení hodnoty skutečně odebrané/dodané elektřiny jednotlivých odběratelů slouží 4 druhy obchodního měření. Typu A, B, S a C. Měření typu A poskytuje online záznam veličiny P_{AV} a hodnoty jsou posílány OTE automaticky každý den. Používá se pro měření ve větších uzlech, jako jsou například přeshraniční toky, výměny mezi přenosovými a distribučními soustavami a přenos velkoodběratelům ($P_{DOD} > 1\text{MW}$, $U_{ODB} > 52\text{ kV}$). Měření typu B pracuje na stejném principu. Rozdíl tkví v periodě předávání údajů, která je v tomto případě měsíční. Používá se pro měření v menších uzlech než měření typu A ($0,25\text{MW} < P_{DOD} < 1\text{MW}$, $1\text{kV} < U_{ODB} < 52\text{kV}$). Měření typu S je něco mezi měřeními typu A a B. Měření typu C slouží pro uzly s nejmenším přenosem (maloodběratelé). Takto naměřené hodnoty jsou k dispozici společnosti OTE per annum,

což způsobuje problém při vyhodnocování hodinových odchylek (to samé platí u měření typu B).

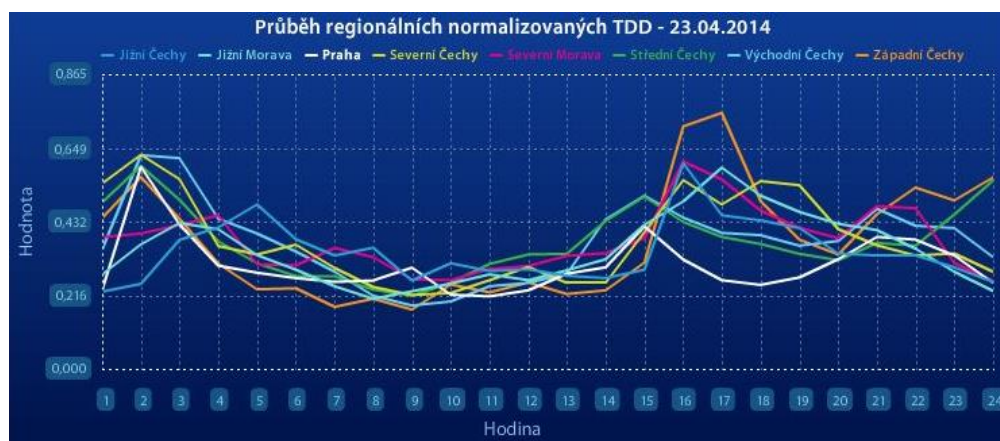
Pro potřebu výplaty podpory na výrobu z OZE pomocí klasického ZB se používá měření typu C (jde-li o výrobu s $P_{\text{ins}} < 5 \text{ kW}$), velké výroby využívající hodinový ZB musí být měřeny alespoň typem B.

Typový diagram dodávky (TDD)

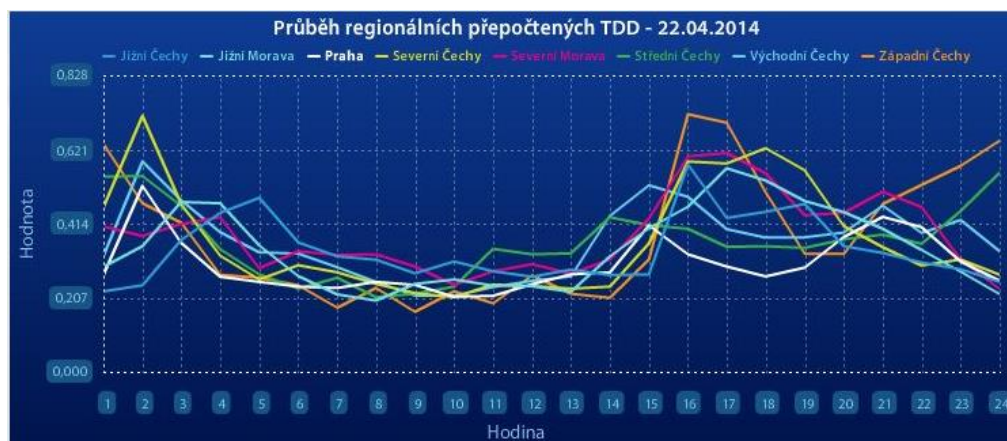
Aby mohly být alespoň předběžně vypočítány velikosti hodinových odchylek předešlého dne, používají se odhady spotřeby v konkrétním předávacím/odběrném místě, kde se využívá měření typu C. K tomuto účelu slouží tzv. typové diagramy dodávky (TDD), jež mají za úkol teoreticky simulovat spotřební křivku daného odběratele. K vytvoření takových křivek je třeba znát hodinovou spotřebu v předešlých letech, předpokládané chování daného odběratele (TDD1-TDD8 pro různé skupiny odběratelů, obr. 8 [33]) a roční predikci vnějších vlivů jako je například počasí (TDDn vztažený na průměrnou hodinovou teplotu místa spotřeby předešlých let, obr. 9 [33]). Na stránkách OTE jsou k dispozici predikované TDD_n, dále pak přepočtené TDD podle skutečných teplotních hodnot v daných hodinách (obr. 10 [34]). Pro každou hodinu následujícího dne OTE ve spolupráci s PDS generuje TDD_n, aby mohl další den přibližně vyhodnotit velikost a cenu za vzniklé hodinové odchylky předešlého dne (z měření typu A jsou další den již skutečná data k dispozici, hodnoty z měření typu B jsou odhadnuty, skutečné jsou totiž k dispozici až na konci měsíce). Zbytkový diagram (obr. 11 [35]) vyjadřuje rozdíl mezi celkovou sumou dodané elektřiny do soustavy v dané oblasti a sumou všech odběrů získaných měřeními typu A a B v danou hodinu. Velikost zbytkového diagramu v této hodině se rozdělí mezi všechny ostatní odběratele (používající měření typu C).



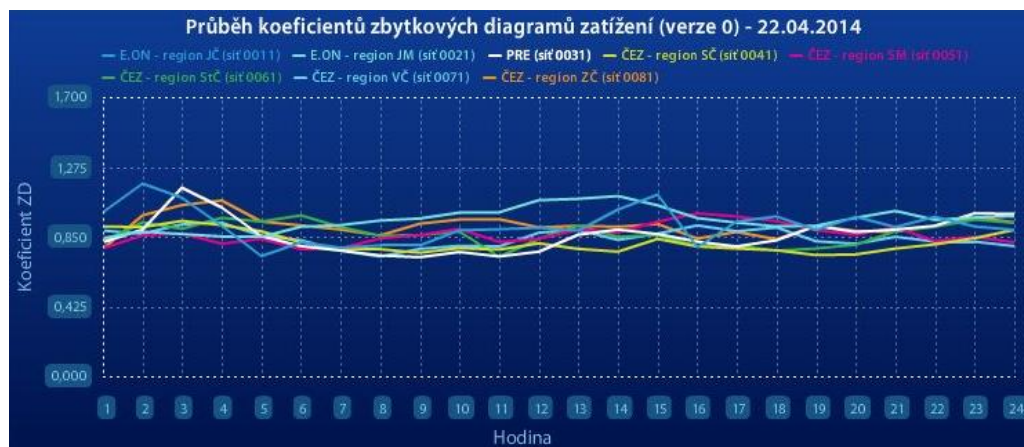
Obrázek 8: TDDn pro různé skupiny odběratelů



Obrázek 9: TDDn vztahen na normální klimatické podmínky



Obrázek 10: Přepočtený TDD



Obrázek 11: Zbytkový diagram

Vliv FVE na odchylku

Jelikož výroba elektřiny z FVE, respektive VTE, úzce souvisí s počasím, označujeme ji za nepredikovatelnou. Lze tedy předpokládat, že bude mít z dlouhodobého hlediska za následek vznik větších odchylek v systému. Analýze důsledků výroby elektřiny z FVE a VTE na velikost odchylky je věnována část 4 této práce.

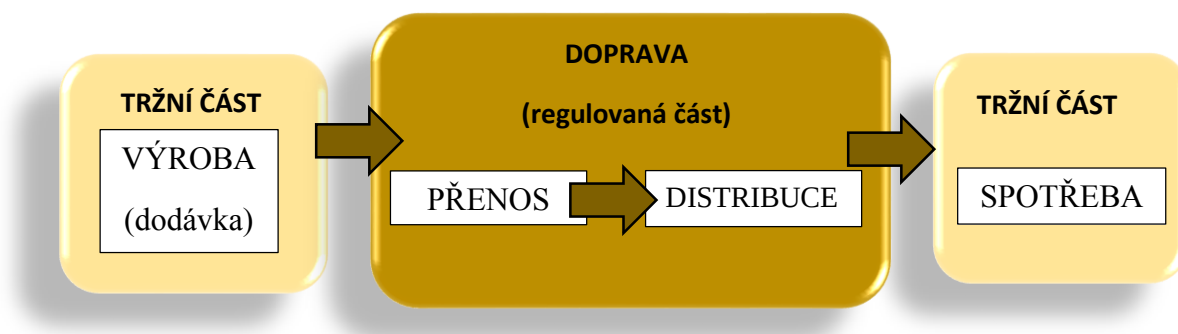
Vliv FVE na potřebnou regulační energii

Vlivem čtenějšího výskytu odchylek způsobených nepředvídatelnou výrobou elektřiny z FVE, respektive VTE, je třeba navýšit požadovanou rezervu regulační energie, jež slouží k vyrovnaní bilance v síti v době nerovnováhy (např. díky nepřesné predikci počasí). Podle [18] je závislost množství rezervní regulační energie lineární. A to tak, že *s každými nově instalovanými 100MW z OZE se potřeba regulační energie zvyšuje o 16-17MW*, dle druhu zálohy (sekundární, terciální).

1.4. Struktura trhu s elektřinou v ČR

Trh s elektrickou energií byl po liberalizaci rozdělen na dvě oddělené části, jak ukazuje obr. 2 v části 1. 2. Na obr. 12 vidíme, že tržní podmínky jsou vytvořeny v částech dodávky a spotřeby elektrické energie, kde si zákazník, spotřebitel, může vybrat svého dodavatele. Vzniká zde tedy tržní prostředí. To je však fyzicky svázáno i s dopravou

obchodované komodity, která musí být do tohoto trhu určitým způsobem zakomponovaná. V ČR se cena za dopravu určuje pro každý obchod zvlášť.



Obrázek 12: Struktura trhu s elektřinou

1.4.1. Druhy trhu s elektrickou energií

SZ může na trhu s elektřinou obchodovat různými způsoby podle toho, kterého trhu se zúčastní. Existují trhy organizované a neorganizované, které se dále dělí dle časového rozložení a jiných kritérií.

Organizovaný trh s elektrickou energií

Z názvu tohoto druhu trhu lze předpokládat, že se váže na určitá pravidla a nařízení. Mezi tento druh se řadí též trh s odchylkami, podpůrnými službami a regulační energií. Organizátorem a tvůrcem je v ČR společnost OTE. Organizované trhy mohou být z časového hlediska buď krátkodobé, nebo dlouhodobé.

Krátkodobý organizovaný trh s elektrickou energií

Jedná se o formu burzovního obchodu, která je propojena s Pražskou energetickou burzou. Obchoduje se zde nejčastěji s hodinovou cenou, za kterou se dá v určitou dobu elektřina nakoupit a jež stanoví OTE dle stavu nabídky a poptávky po elektřině. Obchodovat se dá též jeden den předem (tzv. denní trh), či dokonce tentýž den až do jedné hodiny před uskutečněním obchodu (tzv. vnitrodenní trh), což je výhodné z hlediska

nestability dodávky z OZE, která závisí hlavně na počasí. Vzniklé odchylky díky nepřesné předpovědi výroby se takto mohou chytře vykompenzovat. Další princip je založen na obchodování s bloky elektrické energie Base (od půlnoci do půlnoci), Offpeak (od půlnoci do 8 do rána a pak od 20:00 do půlnoci) a Peak (8:00 až 20:00) a nazývá se blokový trh.

Za vysokým nárůstem počtu SZ s licenci obchodovat na krátkodobých organizovaných trzích organizovaných OTE stojí zřejmý zájem o tento typ obchodu. Hlavním jeho rysem je možnost obchodovat s elektrickou energií i hodinu před její skutečnou dodávkou (možnost optimálního řešení, nákupu regulační energie pro vyrovnaní odchylek a další). Porovnání organizovaných obchodů je patrné z tab. 1.[4]

	Blokový trh	Denní trh	Vnitrodenní trh	Vyrovnávací trh
Forma trhu	kontinuální párování	denní aukce	akceptační vývěska	akceptační vývěska
Obchodovaná perioda	12 nebo 24	1 hodina	1 hodina	1 hodina
Minimální možné obchodovatelné množství	1MW * 12 nebo 24 hodin	1MWh	1MWh	1MWh
Maximální možné obchodovatelné množství	50MW * 12 nebo 24 hodin	99 999MWh	99 999MWh	99 999MWh
Nejmenší možný inkrement množství	1MW * 12 nebo 24 hodin	0,1 MWh	0,1 MWh	0,1 MWh
Měna obchodování	CZK	EUR	CZK	CZK
Minimální možná cena	1 CZK/MWh	- 3000	-99 999	-99 999
Maximální možná cena	9 999	3000	99 999	99 999
Nejmenší možný inkrement ceny	1 CZK/MWh	0,01 EUR/MWh	1CZK/MWh	1 CZK/MWh
Čas otevření trhu	9:30 D-5	neomezeně	15:00 D-1	H-1:00
Čas uzavření trhu	13:30 D-1	11:00 D-1	H-1:00	H-0:30

Tabulka 1: Srovnání základních parametrů organizovaných trhů s elektřinou

Vyrovnávací trh s elektrickou energií

Na tomto trhu se obchoduje až do doby těsně před realizací dodávky, kdy PPS poptává regulační energii (kladnou či zápornou) potřebnou v danou chvíli k zajištění

rovnováhy elektrizační soustavy (vyrovnání vzniklých odchylek). Obchodovat s ní mohou také všichni oprávnění účastníci trhu za účelem optimalizovat své obchodní portfolio a snížit velikost své odchylky. Cena se pak stanovuje dle cen regulační energie účastníka zajišťujícího PpS.

Dlouhodobé organizované trhy

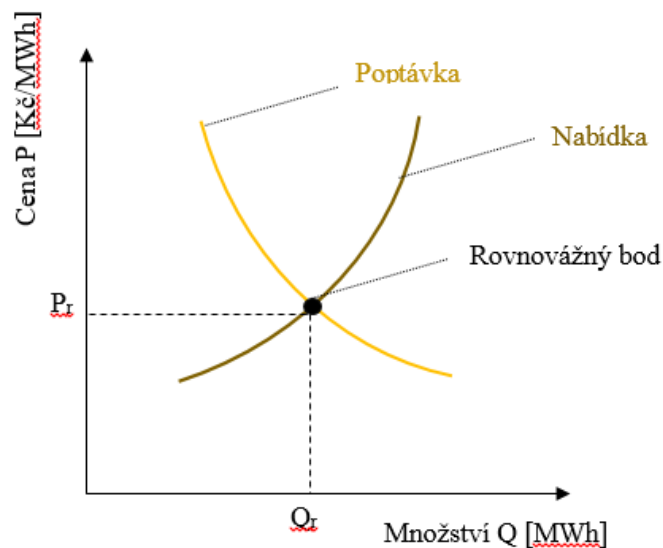
Tyto obchody probíhají nejčastěji formou burzy, řídí se denní (spotovou) cenou elektřiny a uzavírají se minimálně na den a maximálně na rok dopředu. Pod tento trh spadají také dohody typu futures, forwards a opce.

Neorganizovaný trh s elektrickou energií

Neorganizovaný neboli dvoustranný trh s elektrickou energií zpravidla není kromě všeobecné legislativy řízen žádnou vyšší instancí a může být sjednán až do doby realizování obchodu. Nejedná se na rozdíl od organizovaných trhů o burzovní obchod. Jde o formu dlouhodobějších obchodních vztahů a uzavírá se tak většina obchodů s elektrickou energií v ČR. Problémy spojené s tímto typem obchodování jsou v nalezení druhé strany pro realizaci obchodu (řešení využitím brokerů), nejistota peněžní zajištěnosti či plnění záruk druhých stran obchodu (možné řešení využitím tzv. clearingů).

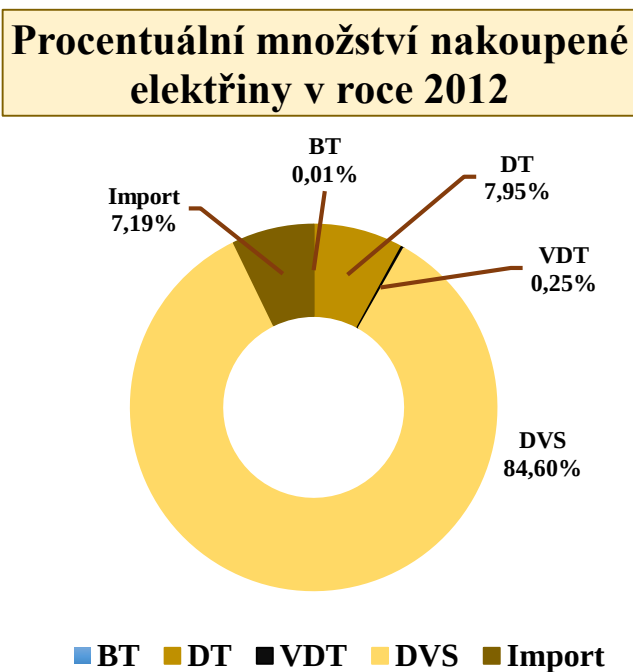
Dvoustranné smlouvy

Obchodování v ČR probíhá nejčastěji formou dvoustranné aukce, kdy se vyvěšují na jedno místo (OTE) nabídky (prodej) a poptávky (koupě) po elektřině v daném čase. Pro denní trh je to den před dodávkou (odběrem) v danou hodinu pro následující den. Na obr. 13 je teoretický předpoklad grafu rovnováhy nabídky a poptávky, *podle něhož se určuje zobchodované množství Q_r a cena P_r .*[1] V praxi je tento graf nespojitý, s čímž mohou vzniknout problémy při určování rovnovážného množství a ceny. Další pastičkou by mohly být technické parametry, znemožňující daný obchod.



Obrázek 13: Graf rovnováhy nabídky a poptávky

Z grafu na obr. 14 [vlastní úprava dle 4] je vidět dominantní postavení dvoustranných smluv v ČR (DVS), mezi něž se řadí také dvoustranné zahraniční smlouvy (Export/Import). Již menší procentuální zastoupení měly v roce 2012 trhy blokové (BT), denní (DT) a vnitrodenní (VDT).



Obrázek 14: Množství nakoupené elektřiny v roce 2012

1.5. Cena elektřiny pro konečného spotřebitele

Konečnou cenu pro zákazníka lze rozdělit do dvou částí. Do regulované části ceny se promítají ceny za přenos a distribuci, systémové služby, příspěvek na podporu obnovitelných zdrojů (vícenáklady spojené s výrobou z OZE) a činnost OTE. Neregulovaná část ceny je stanovena trhem, v případě zákazníka často smluvně ujednána s dodavatelem na delší časový horizont - nejčastěji jeden rok. Pokud se zamyslím nad celou strukturou trhu s elektřinou v ČR, dalo by se říci, že veškeré náklady spojené s dodávkou elektrické energie zaplatí v konečném důsledku právě koneční zákazníci.

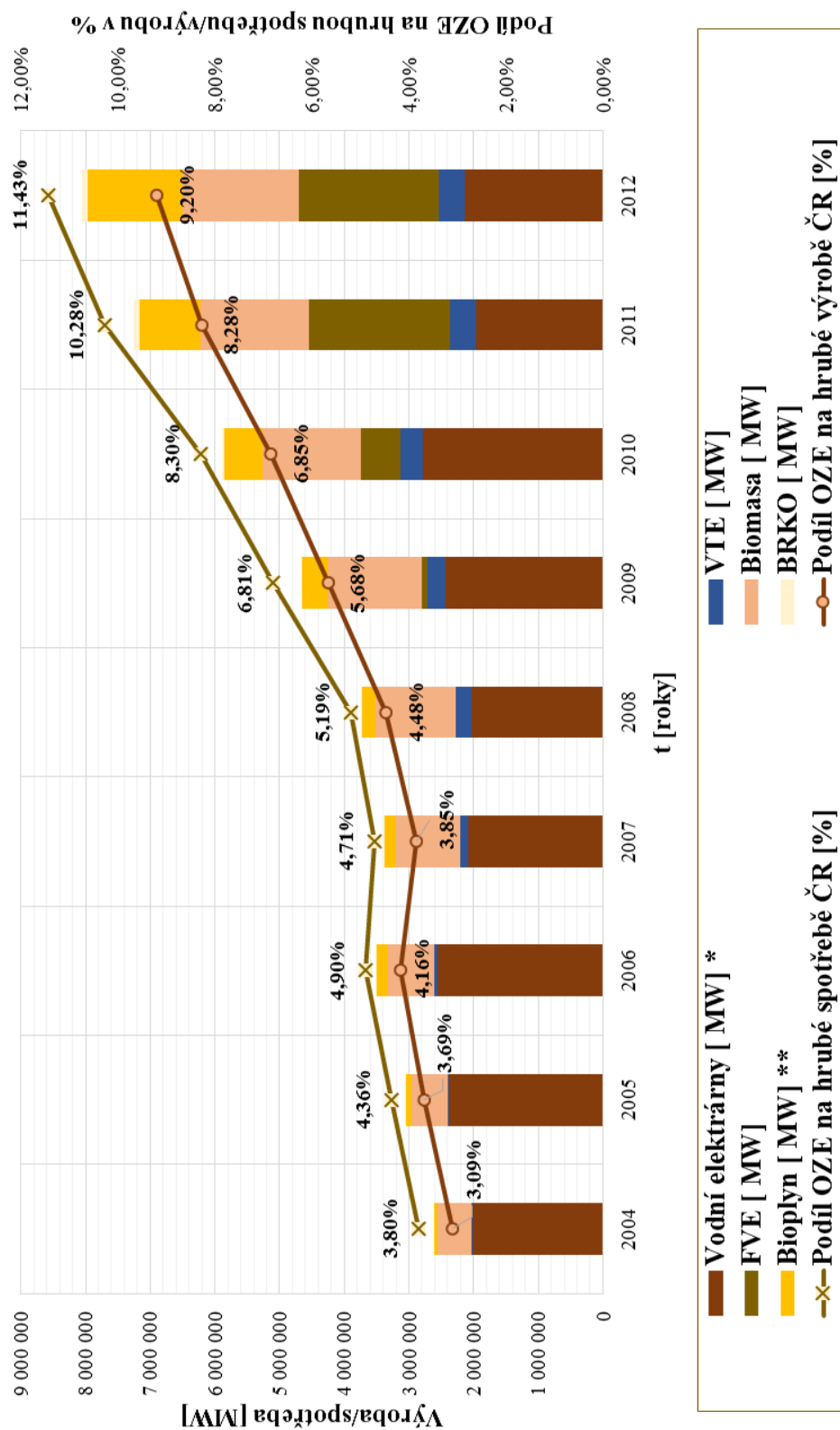
2. Analýza množství a diagramu vyrobené elektřiny z FVE

2.1. Analýza množství vyrobené elektrické energie z FVE

Po vstupu České republiky do EU se ČR zavázala zvýšit podíl vyrobené elektrické energie z OZE na celkovou hrubou spotřebu, a to minimálně na 8% do roku 2010. Legislativci se tedy rozhodli pro podporu výroby energie z obnovitelných zdrojů a nastavili tak vysokou výši příspěvků, že výstavba a provoz (hlavně fotovoltaických elektráren) představovaly výhodnou investici. Do té doby byl podíl výroby elektřiny z OZE na celkové množství vyrobené elektřiny zanedbatelný, proto jsem pro analýzu množství vyrobené elektřiny z OZE, respektive FVE, použila vývoj od roku 2004. V době tvorby této práce byla dostupná úplná data pouze do roku 2012.

Vývoj výroby elektřiny z OZE ukazuje graf na obr. 15, jež vychází z dat v tabulce 2 (viz níže). Data byla použita z [5]. Největší nárůst výroby elektřiny z FVE proběhl v letech 2007 až 2011, kdy byla v ČR dobře nastavená legislativní půda směřovaná na výrobu elektřiny z FVE. Dalším možným faktorem ovlivňujícím tento rozvoj mohlo být posilnění koruny vůči euru (obr. 16 [37]) či snížení pořizovacích cen fotovoltaických panelů (viz příloha 1). Spočítala jsem, kolik procent z celkové hrubé spotřeby připadá právě na OZE, a dle výsledků mohu potvrdit, že závazek vůči EU jsme s **8,3%** splnili.

Vývoj výroby elektřiny z OZE a podíl na hrubé spotřebě (výrobě) v ČR

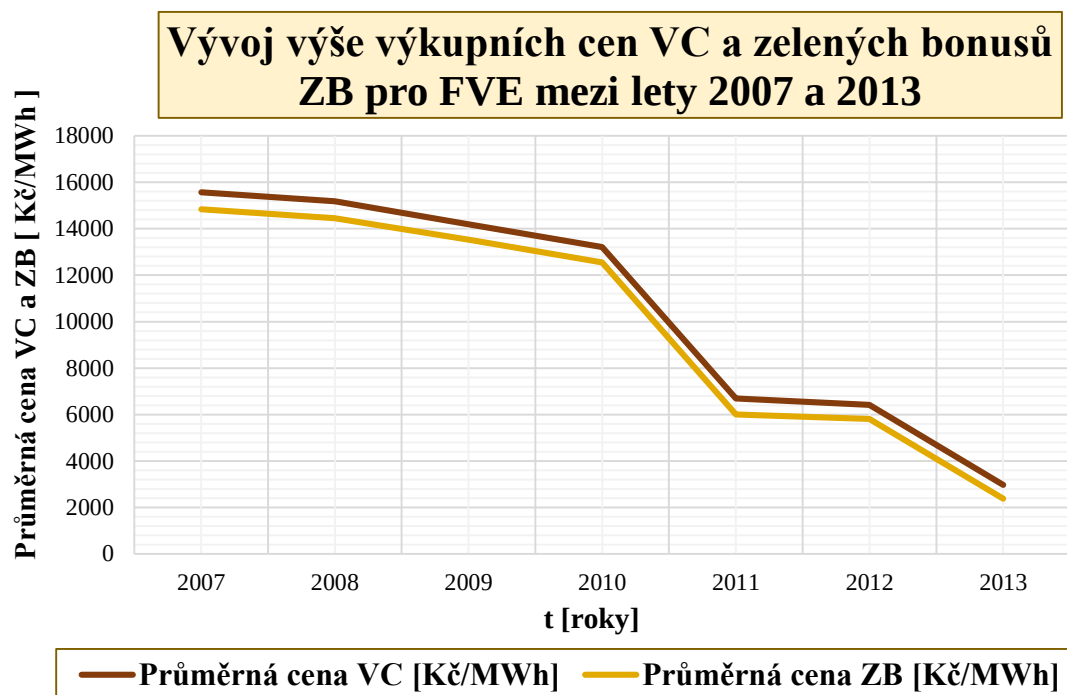


Obrázek 15: Graf vývoje výroby elektřiny z OZE



Obrázek 16: Statický graf kurzu euro / česká koruna (EUR / CZK)

Vývoj výše výkupních cen a zelených bonusů pro FVE jsem vytvořila z dostupných dat dle [26] a nachází se na obr. 17. Přestože trendem je meziroční snižování výše podpory, oproti ostatním OZE byly bonusy na výrobu elektřiny z FVE znatelně vyšší, což je důvodem rozvoje výstavby především solárních elektráren. Formy podpory platné od začátku roku 2013 jsou popsány v části 1.3.3. Mimo postupné snižování příspěvků na výrobu elektřiny z FVE se od roku 2009 vyměřovala výše bonusů také dle velikosti instalovaného výkonu (od roku 2011 jsou dotovány pouze výrobní do 30kW). Pro vytvoření grafu na obr. 17 jsem pro tyto roky použila průměrnou cenu výše bonusu.



Obrázek 17: Graf vývoje výše VC a ZB v letech 2007-2013

Hromadná instalace velkých FVE způsobila nemalé problémy. Díky závislosti výroby elektřiny na počasí a tedy nepredikovatelnosti a nestabilitě dodávky, se FVE staly trnem v oku jak distributorům, tak spotřebitelům. Při velkých výkyvech klimatických podmínek je nutno vyvažovat bilanci elektrizační soustavy jinými zdroji, což způsobuje vznik závazku uhradit náklady spojené s vyrovnáním takové odchylky (viz kapitola 4). Také z tohoto důvodu bylo nutné výši příspěvků na výrobu elektřiny z FVE razantně snížit a omezit.

V tab. 2 je mimo jiné spočítán meziroční nárůst výroby elektřiny z FVE. Jak můžeme vidět, mezi roky 2008-2010 se výroba meziročně zvyšovala přibližně šestinásobně až do roku 2010. Poté se meziroční nárůst snížil na 2,5 násobek v roce 2011. Zde už si legislativci evidentně uvědomili nutné snížení výše vyplácené podpory, s čímž se samozřejmě výstavba nových FVE stala pro investory méně lukrativní. Tento fakt lze podložit velkým skokem výkupních cen a zelených bonusů mezi roky 2010 a 2011, jak je vidět na obr. 17. Nově instalovaných elektráren však stále mírně přibývalo. V roce 2012 došlo dle mých výpočtů již k meziročnímu snížení výroby elektřiny z FVE. Jelikož jde o meziroční snížení pouze o 1,5%, vysvětlují si to jako vliv meziroční změny klimatických podmínek, případně jako snížení účinnosti již instalovaných FVE. V dalších

letech tedy nepředpokládám výrazné navyšování instalovaného výkonu FVE. Mimo snížení příspěvků na výrobu se pro rok 2009 zavedla srážková daň 26% a 28%, později daň z vyrobené elektřiny z FVE 15%. Dalším faktorem nenavyšování instalovaného výkonu je podle mě nová povinnost vytvoření vysoké rezervy na budoucí recyklaci a možnost distributora regulovat výrobu elektřiny z FVE na dálku v reálném čase, což v konečném důsledku mohlo snížit množství dodané elektřiny do sítě, od čehož se odráží konečný výnos i velikost bonusů. V ČR lze takto omezovat výrobu na dálku pouze při hrozbě kolapsu elektroenergetické sítě, když PPS vyhlásí nouzový stav, který by mohl nastat při nezasáhnutí do výroby elektřiny z FVE. Díky těmto událostem lze od roku 2011 prohlásit investici do výstavby velkých solárních elektráren za nelukrativní pro investory, s čímž souvisí nenavyšování celkového instalovaného výkonu z FVE. Dle mého uvážení se řada podnikatelů v této oblasti musela potýkat s hranicí krachu, jelikož se pro ně změnilы vstupní podmínky, jež byly použity při tvorbě jejich investičních plánů či podnikatelských záměrů. Těmto novým podmínkám se museli minimálně přizpůsobit. Přestože povinnost odvádět srážkovou daň byla v roce 2010 zrušena kvůli podezření na neústavní jednání vůči výrobcům, daň z vyrobené elektřiny z FVE zůstala v platnosti.

Do grafu na obr. 15 jsem pro zajímavost přidala vývoj procentuálního podílu OZE na hrubou domácí výrobu v ČR. Data jsou převzata též z [5].

Meziroční nárůst výroby elektřiny z FVE jsem vypočítala jako rozdíl mezi výrobou v daném roce a předchozím roce vydělený absolutní hodnotou výroby předchozího roku. Pro rok 2008 je výpočet:

$$\text{Meziroční nárůst výroby elektřiny z FVE} = \frac{12937 - 1754}{|1754|} = 6,376 * 100 = \mathbf{637,6 \%}$$

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
* MVE (do 10MW) + VE (nad 10MW)									
** včetně skládkového plynu									
Vodní elektrárny [MW] *	2 019 100	2 379 910	2 550 730	2 079 338	2 024 335	2 429 620	2 789 474	1 963 154	2 129 166
VTE [MW]	9 900	21 280	49 375	125 098	244 661	288 067	335 493	397 003	415 817
FVE [MW]	100	68	170	1754	12937	88807	615702	2182018	2148624
Biomasa [MW]	533400	552300	728526	993360	1231210	1436848	1511911	1682563	1802591
Bioplyn [MW] **	37400	85400	172589	182699	213632	414235	598755	932576	1472142
BRKO [MW]	10031	10612	11260	11260	11684	10937	35580	90190	86686
Celkem výroba el. z OZE [MW]	2 609 931	3 049 570	3 512 650	3 393 509	3 738 459	4 668 514	5 886 915	7 247 504	8 055 026
Hrubá výroba el. v ČR celkem [MW]	84333000	82579000	84361000	88198000	83518000	82250000	85910000	87561000	87574000
Hrubá spotřeba el. v ČR [MW]	68615700	69944500	71729500	72045200	72049267	68600000	70961700	70516541	70453278
Podíl OZE na hrubé výrobě ČR [%]	3,09 %	3,69 %	4,16 %	3,85 %	4,48 %	5,68 %	6,85 %	8,28 %	9,20 %
Podíl OZE na hrubé spotřebě ČR [%]	3,80 %	4,36 %	4,90 %	4,71 %	5,19 %	6,81 %	8,30 %	10,28 %	11,43 %
Meziroční nárůst výroby el. z FVE [%]	-	-47,06 %	60,00 %	90,31 %	637,57 %	586,46 %	593,30 %	254,40 %	-1,53 %

Tabulka 2: Vývoj výroby elektřiny z OZE v letech 2004-2012

2.2. Analýza denního diagramu výroby elektřiny z FVE a VTE

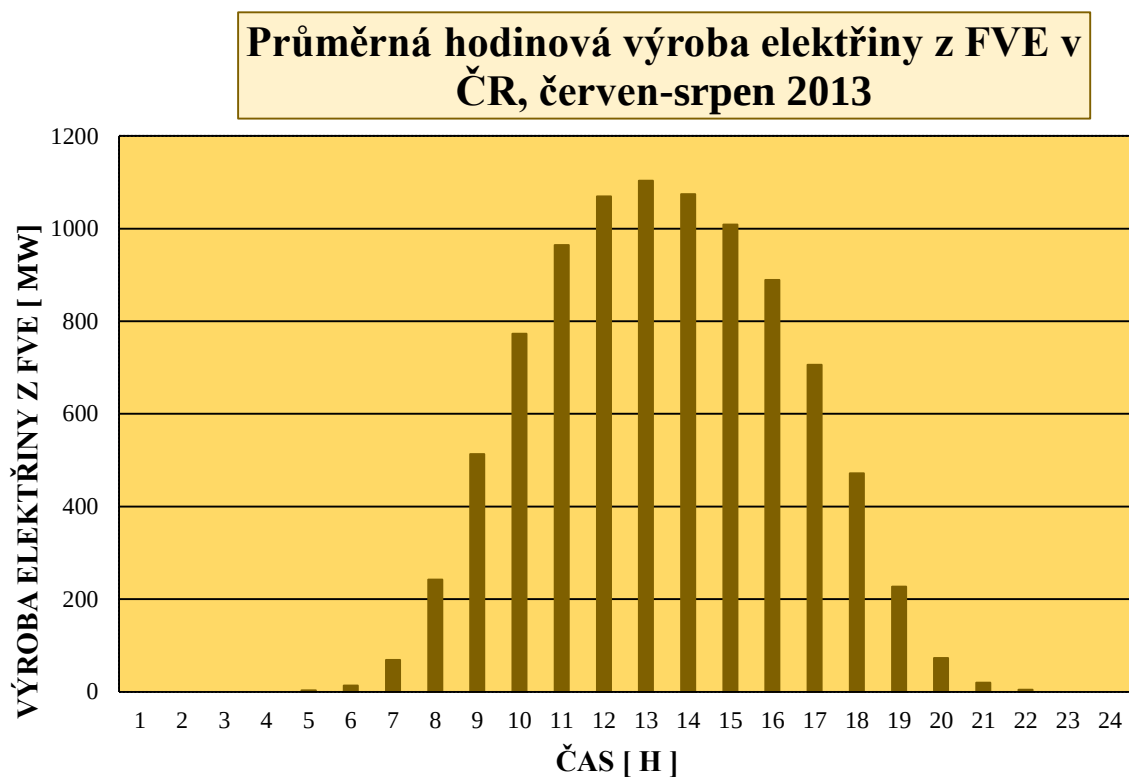
Na obr. 18 je graf denního diagramu výroby elektřiny z FVE, který jsem vytvořila v programu ME, jako průměrnou hodnotu výroby elektřiny z FVE za celé letní období (všechny dny od začátku června do konce srpna roku 2013). Dle teoretických předpokladů je mnou vytvořený diagram ve tvaru kopce správný. Přes noc je výroba téměř nulová a kolem poledne vznikne špička vyrobené elektrické energie způsobená největší průměrnou intenzitou slunečního záření během dne.

Na obr. 19 je simulovaná průměrná hodinová denní výroba stejně jako na obr. 18. Zde se jedná o výrobu z větrných elektráren.

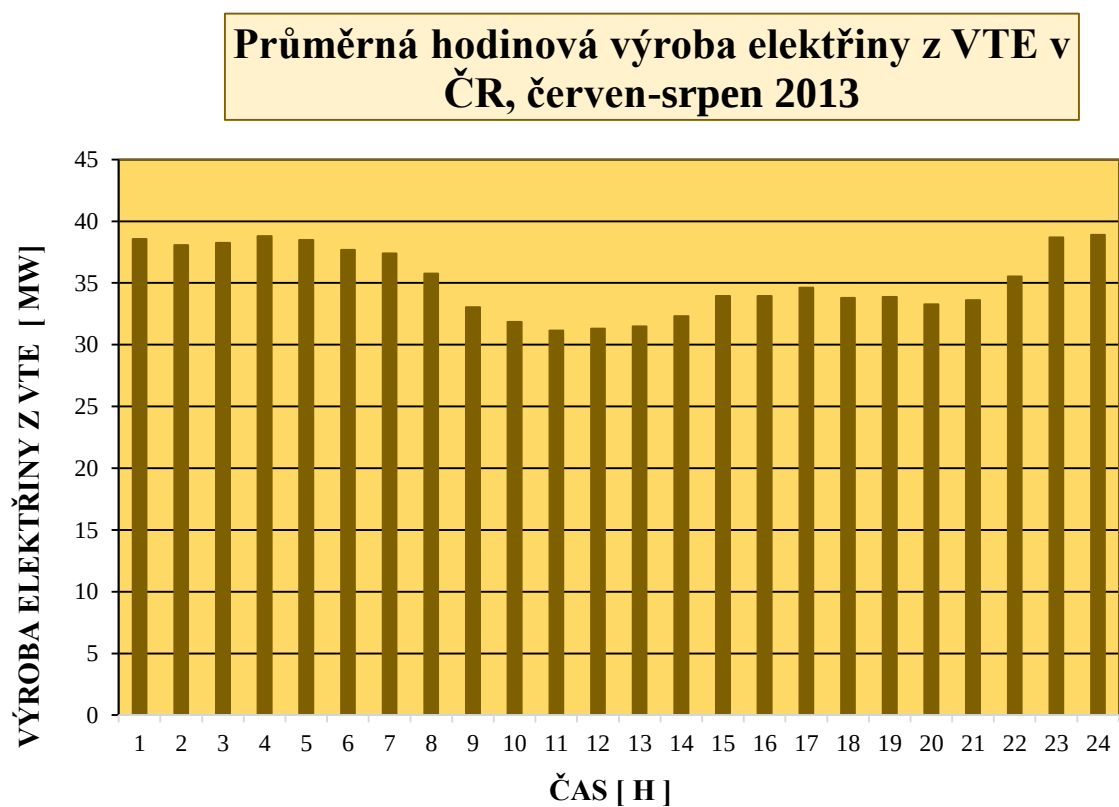
Rozdílný charakter obou druhů obnovitelných zdrojů je zřejmý. Jejich nepredikovatelnost a proměnlivost je však vlastnost společná. Díky tomuto faktu způsobují uvedené neřiditelné zdroje vznik odchylek v elektrizační soustavě, což způsobuje větší potřebu podpůrných služeb zajišťujících potřebnou regulační energii. Toto vede ke zvýšení ceny odchylky, jež má za následek negativní dopad na cenu elektrické energie pro konečné zákazníky, za které se považují kromě domácností též velké výrobní průmyslové firmy a společnosti, jejichž náklady se v některých případech odrážejí především od cen elektřiny. Všechny tyto skutečnosti mohou mít, podle mého názoru, negativní vliv na ekonomiku ČR.

Ostatní obnovitelné zdroje energie jsou považovány z hlediska charakteru výroby za podobné všem ostatním konvenčním zdrojům, proto s nimi není třeba v další analýze počítat.

Zaměříme-li se na rozdílné měřítko výroby elektřiny obou druhů elektráren, tak zjistíme, že v ČR je výroba elektřiny z VTE vůči výrobě elektřiny z FVE zanedbatelná. Toto je ovšem jiné v Německu, kde je výroba dominantní z obou zdrojů. Pro další analýzu z tohoto důvodu využívám součtovou hodnotu výroby elektřiny z FVE a VTE.



***Obrázek 18:** Denní diagram výroby elektřiny z FVE, léto 2013*

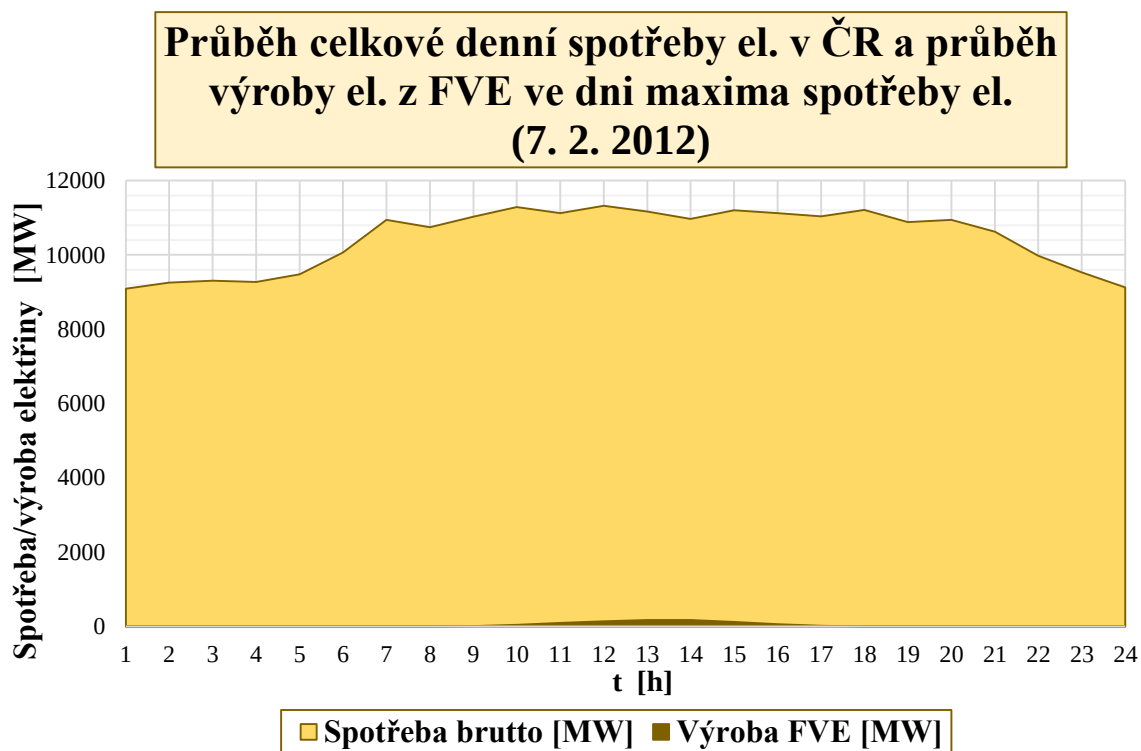


***Obrázek 19:** Denní diagram výroby elektřiny z VTE, léto 2013*

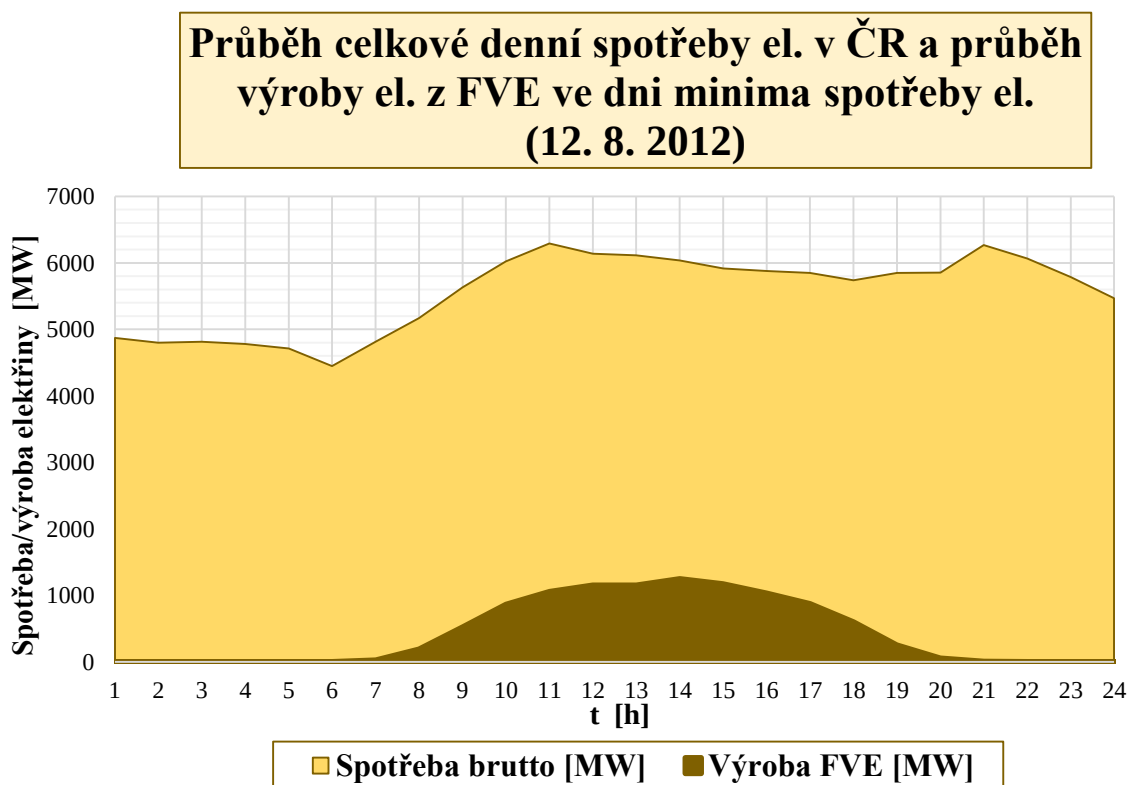
2.3. Porovnání spotřebního diagramu a diagramu výroby el. z FVE

Na základě vytvořených grafů na obrázcích 20 a 21 porovnávám diagramy celkové denní spotřeby elektřiny v ČR (data dostupná z [5]) a křivky znázorňující průběh výroby elektřiny z FVE ve stejný den. Jedná se o den maxima a minima spotřeby v roce 2012. Z grafů je patrné, že díky rozdílnému tvaru výroby elektřiny z FVE a průběhu spotřeby elektrické energie vznikají v elektrizační soustavě odchylky. V den minimální spotřeby se dá předpokládat, že se jednalo o slunečný den, křivka výroby elektřiny z FVE měla typický tvar a ovlivnění stability elektrizační soustavy bylo větší než ve dni maxima. Protože den minima byl v roce 2012 v polovině srpna, tedy v letním období, výroba elektřiny z FVE byla značně větší než v den maxima spotřeby (prosinec) a zaujímala tak téměř šestinu výkonu z celkové spotřeby. Tato skutečnost je důvodem, proč v dalších analýzách vlivu FVE a VTE na cenu silové elektřiny zvažuji pouze letní období, případně jen časové pásmo podobné peak load (po-pá, 8:00 – 20:00).

Jedná-li se o ČR, pokud bychom využili k tvorbě grafů z obr. 20 a 21 součtovou hodnotu výroby elektřiny z FVE a VTE, rozdíl by nebyl viditelný. Pokud bychom tyto grafy tvořili pro Německo, zde už by došlo k markantnější změně při využití součtové hodnoty výroby elektřiny z FVE a VTE. To je důvod, proč pro některé analýzy využívám oba dva německé zdroje odděleně.



Obrázek 20: Porovnání průběhu denní spotřeby a výroby el. z FVE ve dni maxima



Obrázek 21: Porovnání průběhu denní spotřeby a výroby el. z FVE ve dni minima

3. Vliv výroby el. z FVE na cenu silové elektřiny (CSE) v ČR

Jak již bylo řečeno, charakteristickým znakem výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů je její nepredikovatelnost v závislosti na náhlých změnách klimatických podmínek. To pak v elektrizační soustavě způsobuje neočekávaný přebytek, či nedostatek elektrické energie, jenž musí být vykompenzován regulační energií. V České republice považujeme za neřiditelné zdroje kromě fotovoltaických elektráren též elektrárny větrné, jak je patrné z analýzy denního diagramu výroby těchto zdrojů. V této analýze budu tedy zvažovat vliv výroby elektřiny jak z FVE, tak i z VTE.

Pro každý den je stanovena předpovídaná hodnota množství výroby elektřiny, která však může být s náhlou změnou klimatických podmínek jiná. Pokud uvážím situaci, kdy pro určitou hodinu v určitý den byla předpovídaná nízká výroba elektřiny z FVE či VTE a náhle se změní klimatické podmínky, jež způsobí větší výrobu, dojde k přebytku vyrobené elektrické energie. Tato situace se promítne též na trh s touto komoditou, jelikož nabídka v daném časovém úseku převyšuje poptávku, což vede přirozeně ke snížení ceny elektřiny na trhu podle zákona nabídky a poptávky. Z tohoto soudím, že na základě teoretických poznatků bude cena silové elektřiny na trhu klesat se zvyšujícím se množstvím výroby elektřiny z FVE a VTE.

Poněvadž je trh s elektřinou integrovaný, musela jsem uvážit i závislost cen elektřiny na zahraničních burzách. Ve své analýze tedy spočítám, zda a jak korelují ceny elektrické energie na české burze s cenami na burze v Německu. Pokud bude tato závislost silná, vytvořím též analýzu vlivu německé výroby elektřiny z FVE a VTE na české ceny silové elektřiny. Dle teoretických předpokladů by měl mít tento vliv stejný charakter jako hodnocení výroby elektřiny pouze v ČR.

3.1. Postup statistické zpracování dat v programu Microsoft Excel 2013

Pro analýzu vlivu fotovoltaických elektráren na cenu silové elektřiny jsem použila hodinová data výroby elektřiny z FVE a VTE v ČR i DE, dále pak příslušné hodinové ceny na české a německé burze. Všechny tyto údaje jsem měla k dispozici pro roky 2012 a 2013. Jedná se tedy o přibližně 105 000 čísel. Pro analýzu takového množství dat bylo

potřeba využít vhodný počítačový software. Na základě vlastních zkušeností jsem zvolila program Microsoft Excel 2013.

3.1.1. Kontingenční tabulka

Kontingenční tabulku jsem použila pro zjištění statistické závislosti mezi cenou silové elektřiny a výrobou elektřiny z FVE a VTE. Tato funkce je totiž pro nalezení vzájemného vztahu mezi dvěma veličinami ideální. V řádcích se nalézají jednotlivé hodiny, ve sloupcích pak průměrné množství výroby elektřiny a průměr z daných cen pro daný čas. Lze si zde nastavit různé filtry, které zvolí pro analýzu například jen vybrané roky, měsíce, dny či hodiny. S takovým velkým množstvím dat pak je možno velice efektivně, přehledně a rychle pracovat.

3.1.2. Korelační analýza

Pod pojmem korelace dvou veličin se rozumí jejich proměnná závislost. Pro zjištění korelace mezi dvěma či více veličinami jsem použila kromě kontingenční tabulky funkci CORREL, která mi vrátila hodnotu korelačního koeficientu, jež se pohybuje v rozmezí od -1 do 1. Data pro obě veličiny musejí být ve stejných jednotkách. Čím dále se vyskytuje vypočtený korelační koeficient v daném rozmezí od nuly, tím větší je závislost mezi dvěma zkoumanými veličinami. Vyjde-li korelace dvou veličin vysoká, je nutno v další analýze uvážit, zda obě veličiny nejsou ovlivněny další, externí veličinou stejnou vahou či nedostatkem množství vstupních dat. Tuto funkci jsem využila při zjišťování vzájemného vztahu cen elektřiny na české a německé burze. Rovnice 7 slouží dle [15] pro výpočet korelačního koeficientu (r [-]), kde x a y jsou vstupní analyzovaná data.

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

Rovnice 7: Výpočet korelačního koeficientu

3.1.3. Regresní analýza

Pomocí regresní analýzy se snažím vymodelovat matematický vztah závislosti cen silové elektřiny a velikost systémových odchylek na množství vyrobené elektřiny z FVE a VTE. Pro tento účel jsem si nainstalovala analytický doplněk k programu ME, který nabízí funkci regrese. Pokud se mi podaří vymodelovat správný matematický model, mohu dále predikovat snížení cen silové elektřiny v závislosti na daném množství vyrobené elektřiny z OZE.

Budu-li předpokládat, že s množstvím vyrobené elektřiny z FVE a VTE (x [MW]) lineárně klesá cena silové elektřiny (y [EUR/MWh]), budu pak pomocí regresní analýzy hledat koeficienty a a b v rovnici č. 8.

$$y = a * x + b \text{ [EUR/MWh]}$$

Rovnice 8: *Rovnice lineární regrese*

Pro zjištění koeficientů a a b je možné v ME využít též funkci INTERCEPT (vrátí hodnotu a) a SLOPE (vrátí hodnotu b). Dále jsem použila funkci LINREGRESE, jež by měla vrátit oba koeficienty najednou, graf XY a analytický doplněk regrese.

3.2. Závislost CSE v ČR na výrobě el. z FVE a VTE v ČR

Pro vytvoření citlivostní analýzy mezi výrobou energie z FVE+VTE v ČR a CSE v ČR jsem použila kontingenční tabulku (viz tabulka 3). V řádcích se nachází jednotlivé hodiny dne (1 – 24), pak průměrné ceny silové elektřiny v danou hodinu v EUR/MWh. Sloupce jsou rozdělené postupně podle množství výroby elektřiny z FVE+VTE a to tak, že v prvním sloupci se nachází hodnoty cen silové elektřiny v době, kdy výroba byla mezi 0 – 500MW, v dalším pak hodnoty při výrobě 500-1000MW atd. Pro tuto analýzu jsem si vytvořila další tři filtry, díky kterým je možno vybrat ze všech dat pouze určité měsíce (filtr Měsíc), dny v týdnu (filtr weekday) a roky (filtr rok). Abych se vyvarovala možných chyb vzniklých díky nerovnoměrnosti spotřeby v různém časovém období, vybrala jsem si pro tuto analýzu pouze letní období (květen-září) a pracovní dny v týdnu, konkrétně úterý až pátek. Průměr cen a výroby je tedy v tabulce vypočítán pouze z těchto dní a

měsíců v letech 2012 a 2013. Předpokládám, že v obou letech se trh v tomto období choval stejně.

Již z této tabulky je patrné, že při vyšším množství vyrobené elektřiny z FVE+VTE každou hodinu se ceny za silovou elektřinu snižují. Konkrétně pro 12 hodinu byla průměrná cena silové elektřiny při výrobě 0-500MW 56 EUR/MWh, při výrobě 500-1000 MW klesla na 52 EUR/MWh, když se vyrábělo 1000-1500MW, cena již byla jen 49 EUR/MWh a při produkci 1500-2000MW výroby elektrické energie z FVE+VTE se cena silové elektřiny snížila na 29 EUR/MWh. Stejně klesající trend je viditelný i v ostatních hodinách.

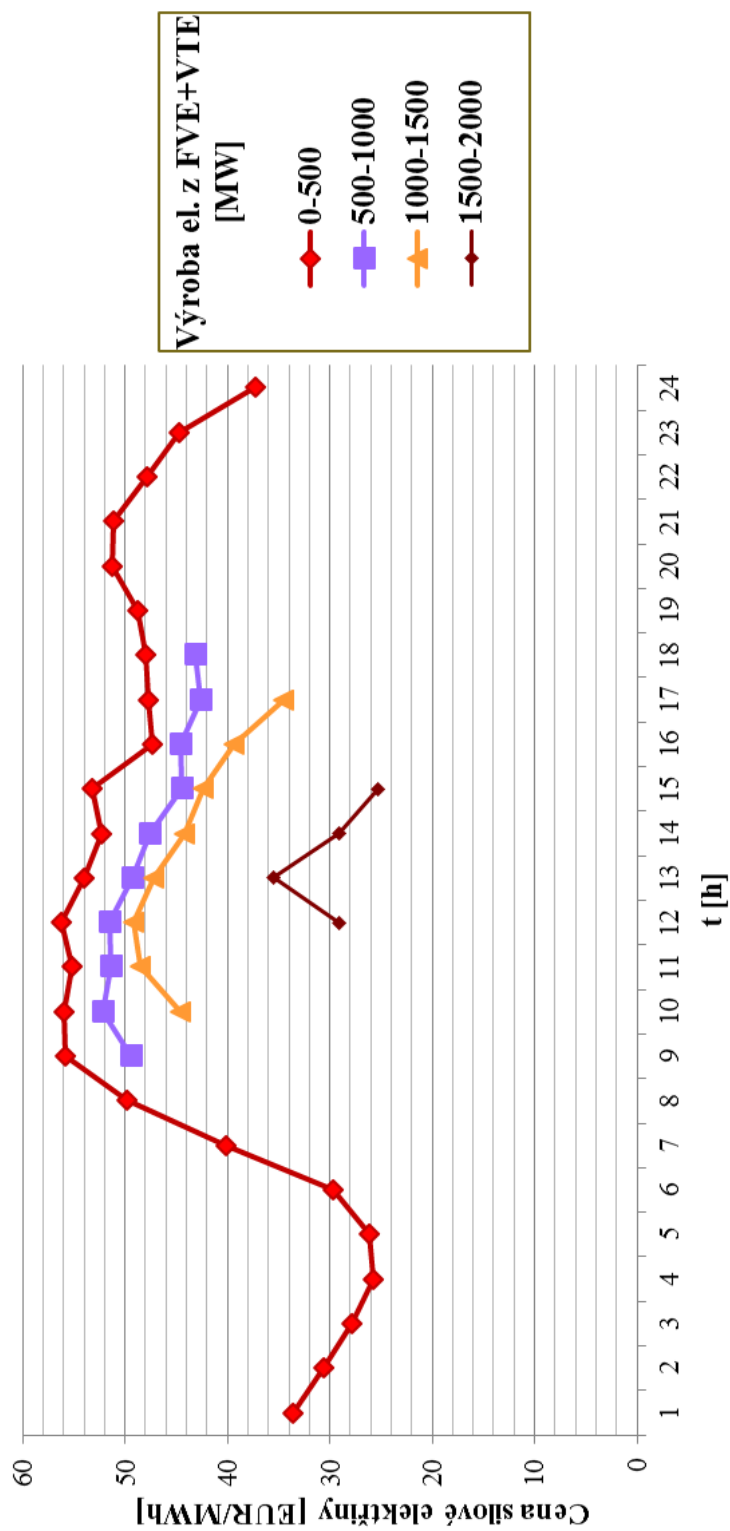
Moje analýza tedy dokazuje snižování cen silové elektřiny v závislosti na velikosti výroby elektřiny z FVE a VTE. Při zvýšení výroby z 500 MW na 1000MW se cena v průměru snížila cca o 4 EUR/MWh.

Měsíc	(Vice položek)			
weekday	(Vice položek)			
rok	(Vice položek)			
Průměr z spotové ceny ČR (OTE)		Popisky sloupců		
Popisky řádků	0-500	500-1000	1000-1500	1500-2000
1	34			
2	31			
3	28			
4	26			
5	26			
6	30			
7	40			
8	50			
9	56	49		
10	56	52	45	
11	55	51	49	
12	56	52	49	29
13	54	49	47	36
14	52	48	44	29
15	53	44	42	25
16	47	45	39	
17	48	43	35	
18	48	43		
19	49			
20	51			
21	51			
22	48			
23	45			
24	37			

Tabulka 3: Kontingenční tabulka (výroba el. z FVE+VTE v ČR a CSE)

Na obrázku 22 se nachází kontingenční graf, který vychází z tabulky 3. Z grafu je patrné, že čím větší je průměrná hodinová výroba elektřiny z FVE+VTE, tím je průměrná hodinová cena silové elektřiny nižší.

**Vliv výroby el. z FVE a VTE v ČR na cenu sílové elektřiny
úť-pá, květen-září 2012 a 2013**



Obrázek 22: Vliv výroby el. z FVE+VTE v ČR na CSE v ČR

3.3. Korelace ceny silové elektřiny v Německu s cenou v ČR

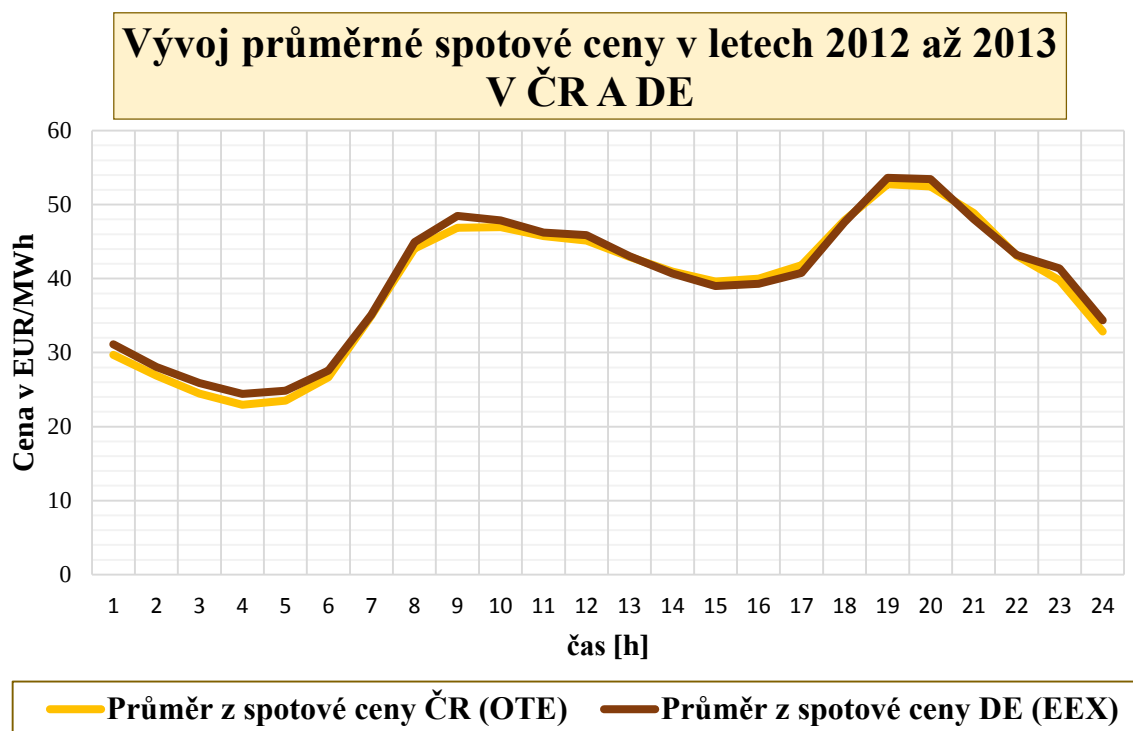
K výpočtu závislosti cen silové elektřiny v ČR na cenách téže veličiny v Německu jsem použila funkci CORREL v programu Microsoft Excel. Porovnávala jsem data hodinových spotových cen elektrické energie v ČR (OTE) a Německu (EEX) pomocí tzv. korelační analýzy, jež byla vytvořena z dostatečného počtu dat (hodinové ceny v letech 2012, 2013 a začátek roku 2014, cca 19 000 pro každý subjekt), což nám zaručuje přibližně 95% jistotu, že je vypočítaná míra závislosti obou veličin správná.

Korelační koeficient vyšel přibližně **0,924**. Detailní zobrazení výpočtu v ME ukazuje tabulka 4. V tmavě žlutých sloupcích jsou hodinová data spotových cen v ČR a Německu (DE), jež jsou předmětem této analýzy.

Q4		:			=CORREL(I2:I18985;J2:J18985)		
	A	B	D	I	J	P	Q
	Datum	Hodina	Měsíc	spotové ceny ČR (OTE)	spotové ceny DE (EEX)		
1							
2	1.1.2012	1	1	22	25,12		
3	1.1.2012	2	1	14,89	23,64		
4	1.1.2012	3	1	10,03	19,03	Korelace OTE a EEX:	0,924245765

Tabulka 4: Výpočet korelačního koeficientu

Jelikož největší možný korelační koeficient je roven jedné a mně vyšel v tomto případě 0,924, mohu cenu silové elektrické energie v ČR prohlásit za závislou na cenách spotové elektřiny v Německu. Na obr. 23 je vytvořen graf vyjadřující závislost spotových cen v ČR na spotových cenách v DE. Pomocí této vizuální analýzy jsem se přesvědčila, že české ceny opravdu téměř „opisují“ ceny německé. Z tohoto důvodu jsem se tedy rozhodla vytvořit analýzu závislosti cen silové elektřiny v ČR na množství výroby elektřiny FVE+VTE v Německu.



Obrázek 23: Vývoj CSE v letech 2012-2013 v ČR a DE

Samozřejmě musíme předpokládat, že původní ceny obou subjektů jsou ovlivňovány dalšími faktory. Hlavním principem určování cen silové elektřiny je nalezení rovnovážného bodu nabídky a poptávky. Pokud je tedy v danou hodinu výrobní přebytek (způsobený například náhlým zvýšením výroby elektřiny z FVE či VTE), nabídka se zvyšuje, poptávka zůstává stále stejná a cena elektřiny se přirozeně snižuje.

Již z těchto výsledků je patrné, že cenu silové elektřiny v ČR ovlivňuje hlavně cena na německé burze a to dalekou větší mírou než výroba z FVE+VTE v ČR.

3.4. Závislost CSE v ČR na výrobě elektřiny z FVE a VTE v Německu

3.4.1. Korelační analýza

V návaznosti na zjištění vysokého korelačního koeficientu mezi cenami silové elektřiny v ČR a DE jsem se rozhodla vytvořit citlivostní analýzu závislosti mezi množstvím výroby elektrické energie z FVE+VTE v Německu a cenami silové elektřiny v ČR. Stejně jako u korelace spotových cen na výrobě elektřiny z FVE+VTE v ČR, jsem k této analýze využila možnosti kontingenční tabulky v programu ME (viz tabulka 5). V řádcích se nacházejí hodiny dne a příslušné ceny silové elektřiny, sloupce jsou rozdělené dle množství výroby elektřiny z FVE+VTE v DE (po 5000 MW). V této analýze jsem též využila výše uvedených filtrů pro výběr dní úterý až pátek a měsíců květen až září let 2012 a 2013.

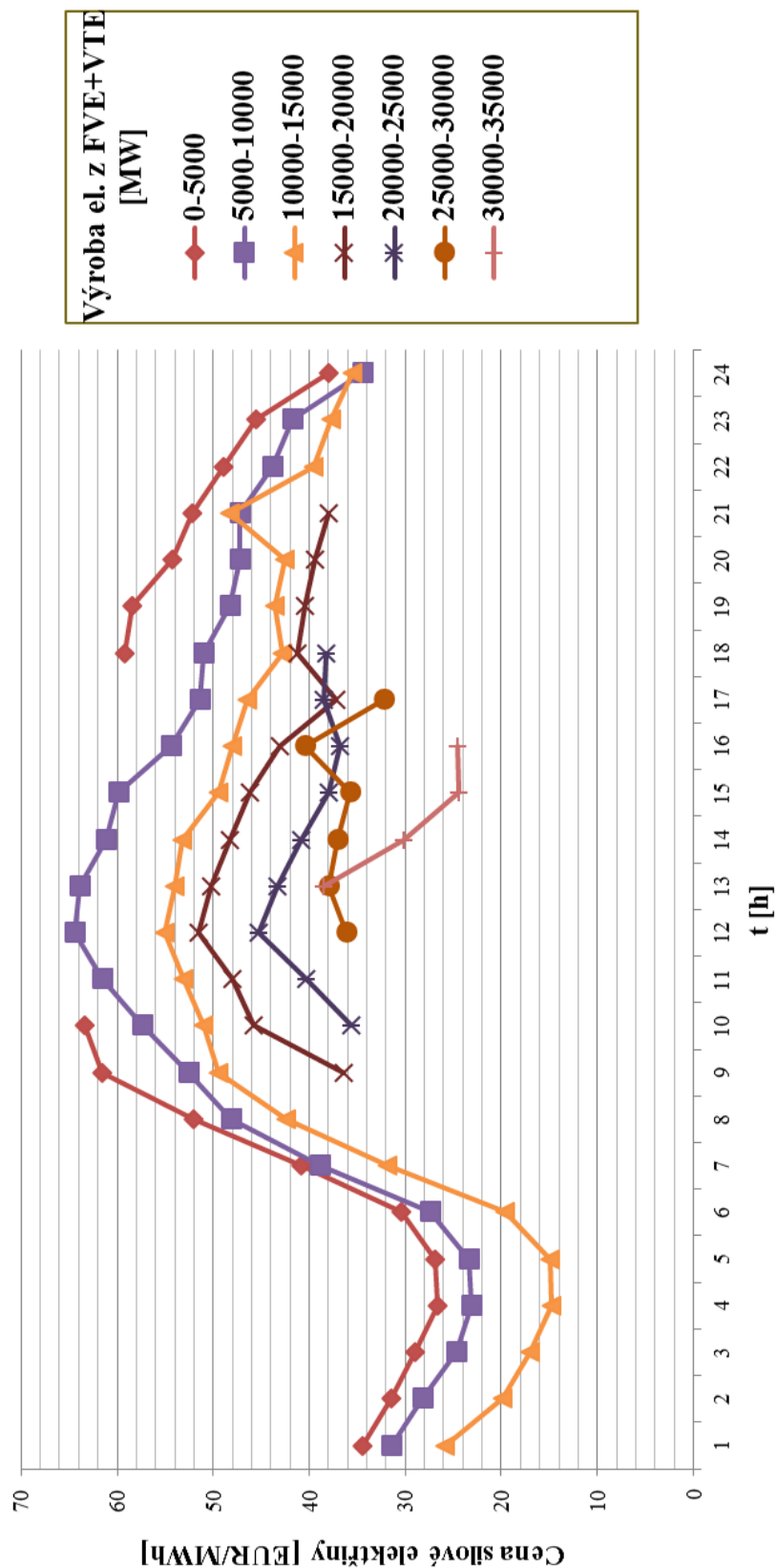
I zde je znatelné, že se zvyšujícím se množstvím vyrobené elektřiny z neřiditelných zdrojů klesá cena silové elektřiny.

Měsíc	(Více položek)						
weekday	(Více položek)						
rok	(Více položek)						
Průměr z spotové ceny ČR (OTE)		Popisky sloupců					
Popisky řádků	0-5000	5000-10000	10000-15000	15000-20000	20000-25000	25000-30000	30000-35000
1	34	31	26				
2	32	28	20				
3	29	25	17				
4	27	23	15				
5	27	23	15				
6	30	27	20				
7	41	39	32				
8	52	48	42				
9	62	53	49	36			
10	63	57	51	46	36		
11		62	53	48	40		
12		64	55	52	45	36	
13		64	54	50	43	38	39
14		61	53	48	41	37	30
15		60	49	46	38	36	24
16		54	48	43	37	40	25
17		51	46	37	38	32	
18	59	51	43	41	38		
19	58	48	44	40			
20	54	47	43	39			
21	52	47	48	38			
22	49	44	40				
23	46	42	38				
24	38	34	35				

Tabulka 5: Kontingenční tabulka (výroba el. z FVE+VTE v DE a CSE v ČR)

Důkaz závislosti snižování cen silové elektřiny na zvyšujícím se množství výroby elektřiny z FVE+VTE je vyjádřen dle kontingenčního grafu na obr. 24, který vychází z tabulky 5. Červená křivka vyjadřuje průběh cen silové elektřiny při výrobě elektřiny z FVE+VTE mezi nulou až pěti tisíci MW. Přerušení této křivky mezi 11 a 17 hodinou je způsobeno faktem, že v tuto dobu není vyrobené množství elektrické energie z FVE+VTE v DE menší než 5000 MW. V tuto dobu je výroba elektřiny oproti ostatní části dne nejvyšší, jak dokazuje denní diagram výroby elektřiny z FVE na obr. 18.

**Vliv výroby elektřiny z FVE a VTE v DE na cenu silové elektřiny
út-pá, květen-září 2012 a 2013**



Obrázek 24: Vliv výroby el. z FVE+VTE v DE na CSE

3.4.2. Regresní analýza

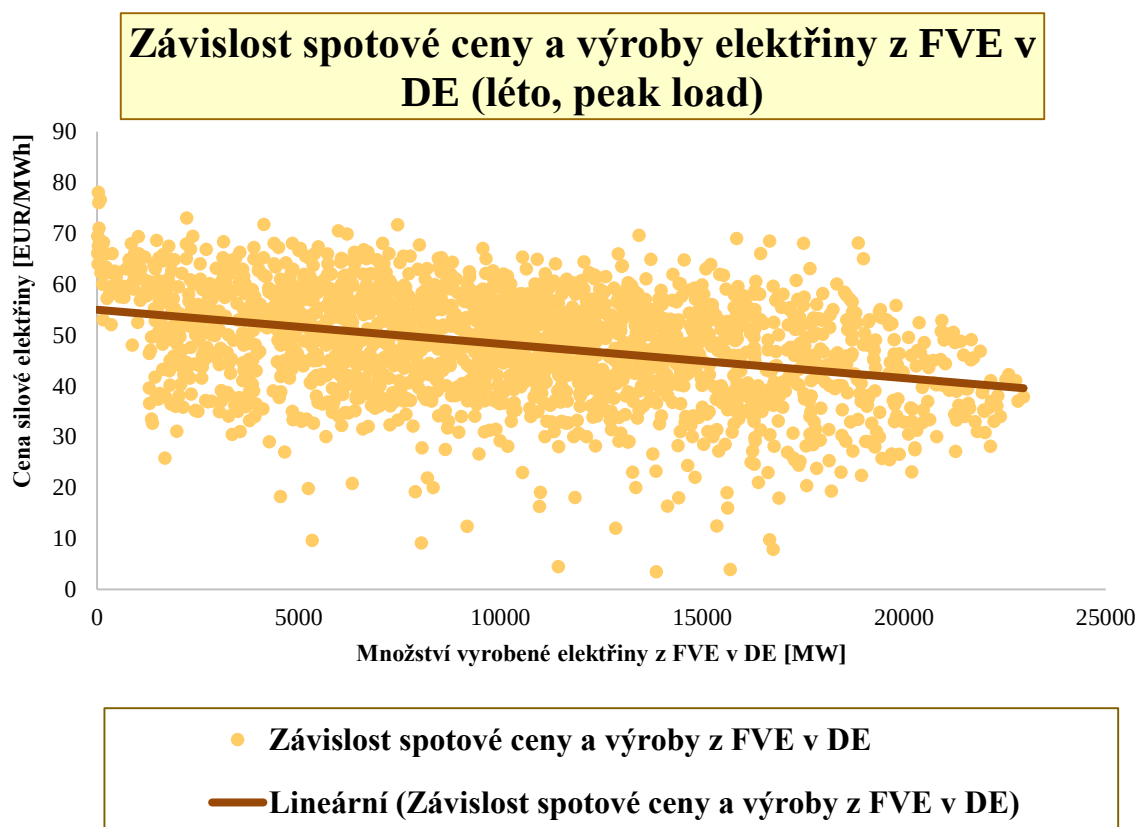
Regresní analýzu jsem použila pro zjištění matematického vztahu vyjadřujícího závislost cen silové elektřiny v ČR na výrobě elektřiny z FVE v Německu. Data jsem vyfiltrovala pouze na období květen až září, na typické pracovní dny (úterý až pátek) a na hodiny od 9 do 20, kdy je výroba elektřiny z FVE znatelná. Tento zvolený časový úsek se téměř podobá tzv. peak load (pondělí až pátek, 8:00 až 20:00), proto zvolené období dále označuji takto. Pro celý časový úsek dne, tzv. base load, nebyla analýza tak vypovídající. Pro výpočet koeficientů a a b využívám všech možností výpočtu v programu ME.

V tabulce 6 se nachází výpočet pomocí funkcí SLOPE (INTERCEPT) a LINREGRES. Pro oba postupy vyšel koeficient $a = -0,00067$ a koeficient $b = 54,99$.

DATUM	HODINA	SPOTOVÁ CENA ČR	VÝROBA FVE DE	SLOPE:	-0,000672892	koeficient a
1.5.2012	9	20,81	6328,025	INTERCEPT:	54,99960829	koeficient b
1.5.2012	10	22,93	10544,525			
1.5.2012	11	24,34	14642,1		koeficient a	koeficient b
1.5.2012	12	25,79	17267,15	LINREGRESE:	-0,000672892	54,99960829

Tabulka 6: Výpočet koeficientů regresní analýzy, peak load

Další možností, jak provést lineární degeneraci v programu Microsoft Excel, bylo vytvořit bodový graf XY, který jsem následně proložila lineárně přímkou. Použita byla stejná data jako u předchozího výpočtu, tedy v časovém rozmezí podobném peak load. Výstupní graf znázorňuje trend snižování cen elektřiny se vzrůstajícím množstvím výroby elektřiny z FVE. Přestože je tato metoda z mého pohledu nejméně přesná, splnila své očekávání. Na základě tohoto výsledku mohu prohlásit, že s každými **5000MW** vyrobené elektrické energie z FVE+VTE v DE v letním období v režimu peak load se cena elektřiny na burze sníží o přibližně **4 EUR/MWh**.



Obrázek 25: Bodový graf XY-závislost CSE na výrobě el. z FVE v DE

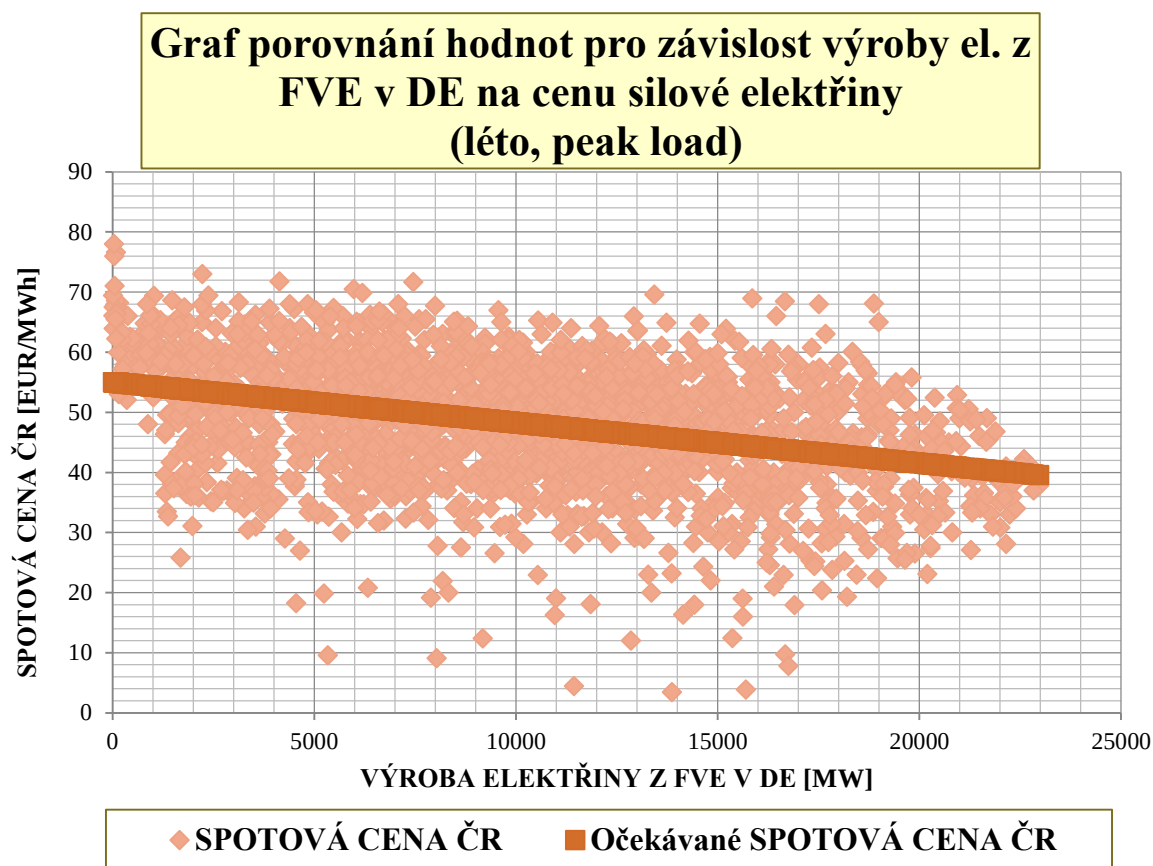
Jako poslední možnost jsem zvolila výpočet koeficientů pomocí analytického nástroje regrese. Ta mi vrátila tabulku hodnot, z nichž mě nejvíce zajímá velikost mých koeficientů, které jsou v tab. 7 označené žlutě a vychází stejně jako u předešlých případů, kromě varianty výpočtu pomocí grafu XY.

	A	B	C	D	E	F	G
1	VÝSLEDEK						
2							
3	Regresní statistika						
4	Násobné R	0,35162184					
5	Hodnota spolehlivosti	0,123637918					
6	Nastavená hodnota sp	0,123220205					
7	Chyba stř. hodnoty	9,640450226					
8	Pozorování	2100					
9							
10	ANOVA						
11		Rozdíl	SS	MS	F	Významnost F	
12	Regrese	1	27508,58321	27508,58321	295,98765	3,70279E-62	
13	Rezidua	2098	194984,5126	92,93828056			
14	Celkem	2099	222493,0958				
15							
16		Koeficienty	Chyba stř. hodnoty	t Stat	Hodnota P	Dolní 95%	Horní 95%
17	Hranice	54,99960829	0,449845595	122,263303	0	54,11741819	55,88180839
18	VÝROBA FVE DE	-0,000672892	3,91119E-05	-17,2042916	3,703E-62	-0,000749594	-0,00059619
19							
20							
21							
22	REZIDUA					PRAVDĚPODOBNOST	
23							
24	Pozorování	očekávané SPOTOVÁ CENA ČR	Rezidua	Normovaná rezidua		Percentil	SPOTOVÁ CENA ČR
25	1	50,74152872	-29,93152872	-3,10552521		0,023809524	

Tabulka 7: Výpočet regresních koeficientů (regrese)

Spolu s tabulkou 7 byly výstupy z této analýzy též grafy, ze kterých jsem vybrala pouze graf porovnání hodnot (na obr. 26). Ten nám ukazuje, jaká je očekávaná hodnota cen silové elektřiny (spotová cena ČR) v závislosti na množství výroby elektřiny z FVE v DE a porovnává tento spočtený průběh se skutečnými hodnotami spotových cen. Z tohoto grafu je opět patrný pokles cen silové elektřiny v závislosti na výrobě elektřiny z FVE v DE. Pomocí grafu na obr. 26 jsem zjistila, že cena silové elektřiny se snižuje přibližně o **6 EUR/MWh** spolu s každými dalšími **5000MW** výroby elektřiny z FVE+VTE v Německu v letním období v režimu peak load.

Zaměřím-li se na další číselné údaje, které mi nabízí regresní analýza v tab. 7, mohu dle nízké hodnoty spolehlivosti potvrdit, že sice se cena silové elektřiny v ČR snižuje se zvyšujícím se množstvím vyrobené elektřiny z FVE a VTE v Německu, ale existují zde jiné markantnější vnější činitele ovlivňující tvorbu ceny elektřiny na české burze.



Obrázek 26: Graf porovnání hodnot (závislost CSE na výrobě el.z FVE v DE)

Díky této regresní analýze jsem si také vytvořila matematický model pro závislost cen silové elektřiny, který má tvar:

$$y = a * x + b = -0,00067 * x + 54,99 \text{ [EUR/MWh]}$$

Neznámá x vyjadřuje množství vyrobené elektřiny z FVE+VTE [MW] v danou hodinu. Nutno znovu upozornit, že daný matematický model jsem spočítala z dat pouze za typické pracovní dny (úterý až pátek), letní období (květen-září) a od 9 do 20 hodin, tedy pro časový úsek podobný peak load. Mohu nyní predikovat výši ceny silové elektřiny při daném množství výroby elektřiny z FVE v DE v daném období. Tento výpočet beru pouze jako orientační, jelikož je zatížen nezanedbatelnou chybou. Ta je dána větším množstvím veličin, které by bylo potřeba do takové analýzy zahrnout. Z tohoto vzorce

tedy vyplývá, že cena silové elektřiny se s každými **5000MW** výroby elektrické energie z FVE+VTE v Německu sníží přibližně o **4 EUR/MWh**.

4. Vliv výroby el. z FVE a VTE na velikost systémové odchylky

Jak už jsem několikrát uvedla, výroba elektřiny z FVE a VTE je nepredikovatelná a proměnlivá, což způsobuje vznik větších odchylek v elektroenergetickém systému. Pomocí funkce CORREL v programu ME jsem vypočítala velikost korelačního koeficientu závislosti velikosti systémové odchylky na množství výroby elektřiny z FVE+VTE. Pro stranu odchylek jsem dosadila hodnoty součtu absolutních odchylek pro rok 2012, v režimu V2 (tzn. konečné vyhodnocení odchylek) a pro stranu výroby jsem zvolila součet výroby elektřiny z FVE a VTE v roce 2012. Pro docilení co nejvyššího korelačního koeficientu jsem využila filtr pro měsíce (zvoleno letní období května až září 2012) a filtr hodin (zvolen časový úsek od 8:00 do 20:00).

Při zvolení výše uvedených parametrů vyšel korelační koeficient **0,413**. Pokud uvážím, že míra závislosti je tím vyšší, čím se korelační koeficient blíží 1, tak korelace mezi výrobou elektřiny z neřiditelných zdrojů v ČR a velikostí systémové odchylky je poměrně nízká. To je dle mého názoru způsobeno neuvážením dalších vlivů v této analýze jako je například proměnlivý diagram spotřeby, změny počasí a odstávky klíčových zdrojů. Tento negativní výsledek dokazuje vysokou míru volatility a nejednoznačnost závislosti vyrobené elektřiny z OZE na velikost systémové odchylky.

L2914	:	X	✓	f _x	=CORREL(H2914:H6574;I2914:I6574)					
	D	F	H	I	J	K	L			
1										
2	Datum	Hodina	Výroba z FVE+VTE 2012	Součet absolutních odchylek V2 2012	měsíc					
2914	01.05.2012	8	256,225	207,718	5					0,412984
2915	01.05.2012	9	609,775	264,933	5					
2916	01.05.2012	10	948,25	224,400	5					
2917	01.05.2012	11	1184,2	352,896	5					
2918	01.05.2012	12	1330,7	302,275	5					
2919	01.05.2012	13	1406,75	379,575	5					
2920	01.05.2012	14	1398,85	459,923	5					

Tabulka 8: Výpočet korelačního koeficientu pro systémovou odchylku

ZÁVĚR

Jak už vyplývá z názvu této práce, jejím hlavním cílem bylo zjistit, jakým způsobem ovlivňuje výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů (FVE) cenu silové elektřiny na velkoobchodním trhu. K tomuto účelu jsem využila hodinová data výroby elektrické energie z FVE a VTE v ČR a Německu a spotové ceny na české a německé burze v letech 2012 a 2013. K jejich statistické analýze jsem použila program Microsoft Excel.

Pro pochopení současné situace na trhu s elektrickou energií byla nejprve vytvořena teoretická část práce, která velmi přehledně a uceleně pojednává o složitých vztazích mezi jednotlivými subjekty na trhu s touto komoditou a každý z nich blíže specifikuje. Podrobněji jsem rozebrala úlohu operátora trhu OTE a v souvislosti s tím i způsob vyhodnocování a vypořádání se se vzniklými odchylkami mezi sjednanou a skutečně dodanou elektrickou energií jednotlivých subjektů zúčtování. Podpoře výroby elektřiny z OZE jsem též věnovala pozornost, zejména co se týče popisu vztahů mezi zúčastněnými subjekty při výměře či výplatě této podpory.

Ve druhé části práce jsem provedla detailní analýzu množství a diagramu vyrobené elektřiny z FVE. Vývoj výroby jsem popsala v letech 2004 až 2012, s čímž je svázán vlastní rozbor příčin a následků tzv. fotovoltaického boomu či dopady špatně nastavené legislativy v ČR. K tomuto rozboru jsem použila mimo jiné také výpočet meziročního nárůstu výroby elektřiny z FVE. Pro účel porovnání diagramu výroby elektrické energie z FVE se spotřebním diagramem jsem pro lepší názornost zvolila den minima a maxima v roce 2012. Z této analýzy vyplynulo, že v letním období, kdy je celková spotřeba elektřiny nejnižší a výroba elektřiny z FVE naopak nejvyšší, je zastoupení výroby elektrické energie z FVE v celkovém množství spotřebované elektřiny poměrně vysoké (skoro šestnáctiprocentní). Z tohoto důvodu jsem další analýzy vlivu výroby elektřiny z FVE provedla pouze pro letní období. Ve stejné části práce byly též vytvořeny typické denní diagramy výroby elektrické energie z FVE a VTE, z nichž je zřejmé, že pro přesnější analýzu může být použit pouze časový úsek peak load, kdy je výroba elektřiny právě z FVE znatelná.

Klíčovým výstupem této práce je však korelační analýza, pomocí níž jsem vyhodnotila vliv výroby elektrické energie z FVE+VTE na cenu silové elektřiny v ČR.

Z různých korelačních kombinací, jež by bylo možné vytvořit ze získaných dat, jsem pro účel této práce vybrala závislost hodinové ceny silové elektřiny na množství výroby elektřiny z FVE+VTE v ČR. Na základě zjištění vysokého korelačního koeficientu mezi cenami silové elektřiny v ČR a Německu bylo potvrzeno, že cenu silové elektřiny určuje především německá burza a že české ceny ty německé téměř opisují. Z tohoto závěru též vyplynulo, že vliv vyrobené elektřiny z FVE a VTE v Čechách má daleko menší význam při určování ceny silové elektřiny v ČR než spotová cena na německé burze. Z tohoto důvodu byla vytvořena korelační a navíc také regresní analýza vlivu vyrobené elektřiny z FVE+VTE v Německu na spotovou cenu v ČR. Korelační analýzy byly počítány z dat pro letní období, a to v rozmezí pouze vybraných pracovních dní. Výjimku tvořila korelace cen silové elektřiny v ČR a Německu, pro niž byly použity všechny hodinové ceny, jež byly k dispozici v rámci získaných dat. Regresní analýza se dále ve výběru dat zúžila na časový horizont podobný peak load. Ze všech těchto možností výpočtů a analýz vyplynul společný závěr. Cena silové elektřiny se se zvyšující výrobou elektrické energie z FVE+VTE snižuje. Podle výběru dat a způsobu výpočtu bylo zjištěno snížení ceny silové elektřiny o 4 až 6 EUR/MWh při každých dalších 5000MW výroby elektřiny z FVE+VTE v Německu. Díky výpočtům mohu prohlásit, že česká výroba elektrické energie z OZE nemá vliv na cenu silové elektřiny v ČR. Silnějším tvůrcem této ceny je v souvislosti s OZE výroba elektřiny z FVE+VTE v Německu. Nejmarkantnější vliv má však cena elektřiny na německé burze.

V návaznosti na problematiku nepredikovatelnosti výroby elektřiny z FVE a VTE jsem pomocí výpočtu korelačního koeficientu zjistila závislost mezi vyrobenou elektřinou z těchto intermitentních zdrojů a velikostí vzniklé systémové odchylky. Koeficient vyšel poměrně nízký a k jeho razantnímu zvýšení nedopomohlo ani uvážení pouze časového úseku peak load v letním období roku 2012. Z tohoto vyplývá pouze poznatek, že závislost těchto dvou veličin není jednoznačná a musela bych v pokročilejší analýze uvážit úlohu dalších vnějších vlivů souvisejících právě se vznikem odchylek.

Práce se zabývá velice aktuálním tématem, jehož řešení by mohlo zajímat jak distributory, obchodníky tak spotřebitele elektrické energie (konečné zákazníky). I když se cena silové elektřiny díky vysoké výrobě elektrické energie z FVE+VTE snižuje, na trh s elektrickou energií to má povětšinou vliv neblahý. Přínosnost práce pak tkví také v tom, že ve veřejně dostupné literatuře nebyl tento problém nikdy předtím řešen a díky

matematickému vztahu, jenž je také důležitým výstupem této práce, lze při uvážení všech okolností a podmínek vyčíslit předpokládanou cenu elektřiny na české burze při výrobě určitého množství elektrické energie z FVE+VTE v Německu.

Tato analýza je určitě hodna hlubšího zkoumání a doplnění o další možnosti pokročilejších výpočtů. Ráda bych se tedy tomuto tématu v budoucnu dále podrobněji věnovala například v rámci zpracování diplomové práce.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- 1) CHEMIŠINEC Igor, Ing., Ph.D., et al. *Obchod s Elektřinou*. Praha: CONTE spol. s r.o., 2010. ISBN 20100618.
- 2) KISLINGEROVÁ Eva. *Manažerské finance*. 3. vydání. Praha: C. H. Beck, 2010. 864 stran. ISBN 978-80-7400-194-9.
- 3) VYHLÁŠKA č. 82/2011 Sb. *o měření elektřiny a o způsobu stanovení náhrady škody při neoprávněném odběru, neoprávněné dodávce, neoprávněném přenosu nebo neoprávněné distribuci elektřiny*. Sbírka zákonů, 2011. ČESKO.
- 4) TRH S ELEKTŘINOU. Roční zpráva o trhu s elektřinou v ČR v roce 2012. *OTE-cr* [výroční zpráva online]. © 2010 OTE, a.s.. [vid 10. 3. 2014]. Str.1-31. Dostupné z: <http://www.ote-cr.cz/o-spolecnosti/soubory-vyrocní-zprava-ote/rocní-zprava-2012.pdf>
- 5) ROČNÍ ZPRÁVA O PROVOZU ES V ČR 2012. *ERU Energetický regulační úřad* [výroční zpráva online]. © 2014 Energetický regulační úřad. [vid 29. 3. 2014]. Dostupné z: http://www.eru.cz/documents/10540/462820/Rocni_zprava_provoz_ES_2012.pdf/4fdde065-9e59-442f-ba17-74651ff68625
- 6) PRŮBĚH SPOTŘEBY VE DNI MINIMA (25. 12. 2013) A VE DNI MAXIMA (4. 12.2013). Měsíční zpráva o provozu ES ČR prosinec 2013. *ERU Energetický regulační úřad* [výroční zpráva online]. © 2014 Energetický regulační úřad. Dostupné z: http://www.eru.cz/documents/10540/550046/meszpr_12_2013.pdf/061faa95-aa4d-4498-b72f-2f02d196b5fa
- 7) 2012: VÝROČNÍ ZPRÁVA. *Power Exchange central Europe* [výroční zpráva online]. Power Exchange Central Europe, a. s., 2007 – 2014. [vid 28. 3. 2014]. Dostupné z: http://www.pxe.cz/Pxe_downloads/Info/vz12-cz-PXE.pdf
- 8) OTE-PRODUCT SHEET CZ. OTE, a.s. Základní informace. *OTE-cr* [dokument online]. © 2010 OTE, a.s.. [vid 10. 11. 2013]. Dostupné z: <http://www.ote-cr.cz/o-spolecnosti/zakladni-udaje>
- 9) OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE A MOŽNOSTI JEJICH UPLATNĚNÍ V ČESKÉ REPUBLICE. *ČEZ a. s.* [dokument online]. 2014 ČEZ, a. s. [vid 6. 5. 2014].

Dostupné z: <http://www.cez.cz/edee/content/file/energie-a-zivotni-prostredi/oze-cr-all-17-01-obalka-in.pdf>

- 10) VÝZNAMNÝ NÁRŮST OBJEMŮ OBCHODŮ NA KRÁTKODOBÝCH TRZÍCH OZE ZA ROK 2013. *OTE-cr* [dokument online]. © 2010 OTE, a.s.. [vid 27. 3. 2014].
Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/o-spolecnosti/files-novinky/2014-01-06-tz-trhy.pdf>
- 11) OBCHODNÍ PODMÍNKY OTE, a.s. PRO ELEKTROENERGETIKU. Revize 16 – duben 2013. *ERU Energetický regulační úřad* [dokument online]. © 2014 Energetický regulační úřad. [vid 27. 4. 2014]. Dostupné z: http://www.eru.cz/documents/10540/488139/OPE_16_duben2013_FIN%28cTXaac%29.pdf/0d0cfd54-42e8-4fad-8bb9-535dc2ccce24
- 12) STANOVENÍ KOEFICIENTU ZBYTKOVÉHO DIAGRAMU A TEPLOTNÍHO KOEFICIENTU. Obchodní podmínky OTE, a.s. pro elektroenergetiku. Revize 17 – květen 2013. *ERU Energetický regulační úřad* [dokument online]. © 2014 Energetický regulační úřad. [vid 27. 4. 2014]. Dostupné z: http://www.eru.cz/documents/10540/462808/OPE_Rev17_v1+FIN.pdf/fa7df075-b85c-4225-91be-98b78636b2f5
- 13) SEZNAM DRŽITELŮ LICENCÍ A UZNÁNÍ PRO OBCHOD S ELEKTRINOU KE DNI 15. 7. 2013. *ERU Energetický regulační úřad* [dokument online]. © 2014 Energetický regulační úřad. [vid 28. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.eru.cz/cs/licence/informace-o-drzitelich>
- 14) TICHÝ LUKÁŠ. *Liberalizace energetického trhu v EU a pozice České republiky*. Praha: Vysoká škola ekonomická [dokument online]. Copyright (C) 2000 - 2014 Vysoká škola ekonomická v Praze, 2011. [vid 15. 3. 2014]. Dostupné z: <http://ces.vse.cz/wp-content/tichy.pdf>
- 15) SYNEK VÁCLAV, Ing. Regresivní a korelační analýza. *Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem. Fakulta životního prostředí. Statistika* [přednáška online]. © Fakulta životního prostředí. Dostupné z: fzp.ujep.cz/~synek/statistika/prednasky/LESS7COR2.DOC
- 16) HAVEL LADISLAV, Ing. *Liberalizace a energetická politika EU. Sny a skutečnost. Dopady na průmysl ČR. AEM Asociace energetických manažerů* [prezentace online].

- © 2001AEM-SVSE, 2006. [vid 10. 3. 2014]. Dostupné z: http://www.svse.aem.cz/ae060907/mpo_havel.ppt
- 17) APKO MARTIN. *Implicitní aukce přenosové kapacity- Market Coupling*. ČEPS, a.s. *AEM Asociace energetických manažerů* [prezentace online]. © 2001 AEM-SVSE, 2008. [vid 29. 3. 2014]. Dostupné z: [svse.aem.cz/080911ae/apko_ceps.ppt](http://www.svse.aem.cz/080911ae/apko_ceps.ppt)
- 18) HORÁČEK PETR, JANEČEK EDUARD. *Vliv výroby z obnovitelných zdrojů na stabilitu elektrizační soustavy*. Praha: Akademie věd České republiky, Centrum aplikovaných věd [prezentace online]. © Středisko společných činností AV ČR. [vid 27. 3. 2014]. Dostupné z: http://press.avcr.cz/miranda2/export/sitesavcr/data.avcr.cz/press/UserFiles/file/aktuality_pdf/Vliv_vyroby_z_obnovitelných_zdroju_Horacek.pdf
- 19) O ÚŘADU. *ERU Energetický regulační úřad* [článek online]. © 2014 Energetický regulační úřad. [vid 28. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.eru.cz/cs/o-uradu>
- 20) AKCIONÁŘI. ČEPS, a.s. [článek online]. © ČEPS, a.s., 2014. [vid 20. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.ceps.cz/CZE/O-spolecnosti/Stranky/Akcionari.aspx>
- 21) PROFIL. ČEPS, a.s. [článek online]. © ČEPS, a.s., 2014. [vid 20. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.ceps.cz/CZE/O-spolecnosti/Profil/Stranky/default.aspx>
- 22) PODPŮRNÉ SLUŽBY. ČEPS, a.s. [článek online]. © ČEPS, a.s., 2014. [vid 20. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.ceps.cz/CZE/Cinnosti/Podpurne-sluzby/Stranky/default.aspx>
- 23) REGULAČNÍ ENERGIE. ČEPS, a.s. [článek online]. © ČEPS, a.s., 2014. [vid 20. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.ceps.cz/CZE/Cinnosti/Podpurne-sluzby/Regulacni-energie/Stranky/default.aspx>
- 24) BECHNÍK BRONISLAV, Ing., Ph.D. Změna systému výplaty podpory obnovitelných zdrojů od 1. ledna 2013. *TZB-info / Obnovitelná energie a úspory energie* [článek online]. © Copyright Topinfo s.r.o. 2001-2014. [vid 27. 3. 2014]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/9299-zmena-systemu-vyplaty-podpory-obnovitelných-zdroju-od-1-ledna-2013>
- 25) JAK ZJISTÍM, KE KTERÉ DISTRIBUČNÍ SOUSTAVĚ ELEKTRINY PATŘÍM A MOHU SI ZVOLIT JINOU? *TZB-info / Ceny paliv a energií* [článek online]. © Copyright Topinfo s.r.o. 2001-2014. [vid 27. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.tzb->

info.cz/ceny-paliv-a-energií/jak-zjistim-ke-ktere-distribucni-soustave-elektřiny-patrim-a-mohu-si-zvolit-jinou

- 26) VÝŠE VÝKUPNÍCH CEN A ZELENÝCH BONUSŮ. *Tzbinfo.cz / Ceny paliv a energií* [článek online]. © Copyright Topinfo s.r.o. 2001-2014. [vid 5. 4. 2014]. Dostupné z: dostupné z <http://www.tzb-info.cz/vyse-vykupnich-cen-a-zelenych-bonusu>
- 27) OBCHODNÍK S ELEKTRINOU. *CenyEnergie.cz* [článek online]. © 2010-13 xBizon, s.r.o.. [vid 29. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.cenyenergie.cz/obchodnik-s-elektřinou/>
- 28) KATALOG DODAVATELŮ ELEKTRINY A PLYNU. Všichni poskytovatelé elektřiny a plynu pro domácnosti a malé firmy v roce 2014. *CenyEnergie.cz* [článek online]. © 2010-13 xBizon, s.r.o.. [vid 29. 3. 2014]. Dostupné z: dostupné z: <http://www.cenyenergie.cz/katalog-dodavatelu/>
- 29) LIBERALIZACE TRHU S ENERGIEMI. *Euro Energie CZ* [článek online]. Euro Energie CZ s.r.o.. [vid. 11. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.euroenergie.cz/liberalizace.php>
- 30) ELEKTROENERGETIKA – LEGISLATIVA. *Mojeenergie.cz* [článek online]. 2009-2014 © Copyright Done, s.r.o.. [vid 28. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.mojeenergie.cz/cz/elektroenergetika-legislativa>
- 31) ZÁJEM O ZMĚNU DODAVATELE ELEKTRINY JE V ČESKU NA VRCHOLU. FIRMY HRAJÍ O DESÍTKY TISÍC ZÁKAZNÍKŮ. *Ekonom, iHned.cz* [článek online]. © 1996-2014 Economia, a.s., Hospodářské Noviny IHNEISSN 1213 – 76932, 8. 8. 2010. [vid 14. 3. 2014]. Dostupné z: <http://ekonom.ihned.cz/c1-46090320-zajem-o-zmenu-dodavatele-elektřiny-je-v-cesku-na-vrcholu-firmy-hraji-o-desitky-tisic-zakazniku>
- 32) KŘIVKY SESOUHLAŠENÍ 21. duben 2014, hodina 1. *OTE-cr* [graf online]. © 2010 OTE, a.s.. [vid 21. 4. 2014]. Dostupné z: <http://www.ote-cr.cz/kratkodobe-trhy/elektrina/krivky-sesouhlaseni>
- 33) NORMALIZOVANÉ TDD 23. duben 2014. *OTE-cr* [graf online]. © 2010 OTE, a.s.. [vid 24. 4. 2014]. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/statistika/typove-diagramy-dodavek-elektřiny/normalizovane-tdd>

- 34) PŘEPOČTENÉ TDD 22. duben 2014. *OTE-cr* [graf online]. © 2010 OTE, a.s.. [vid 25. 4. 2014]. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/statistika/typove-diagramy-dodavek-elektriny/prepoctene-tdd>
- 35) ZBYTKOVÉ DIAGRAMY. 22. duben 2014, verze 0. *OTE-cr* [graf online]. © 2010 OTE, a.s.. [vid 1. 4. 2014]. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/statistika/typove-diagramy-dodavek-elektriny/zbytkove-diagramy>
- 36) VÝVOJE CENY ELEKTŘINY V LETECH 2008 – 2012. *Kurzycz* [graf online]. Copyright © 2000 – 2014 Kurzy.cz, spol. s r.o., AliaWeb, spol. s r.o.. [vid 11. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.kurzy.cz/komodity/index.asp?A=5&idk=142&od=29.12.2006&do=02.01.2012&curr=CZK&RF=60>
- 37) STATICKÝ GRAF KURZU EURO / ČESKÁ KORUNA (EUR / CZK). Vybraná historie. *Kurzycz* [graf online]. Copyright © 2000 – 2014 Kurzy.cz, spol. s r.o., AliaWeb, spol. s r.o.. [vid 11. 4. 2014]. Dostupné z: <http://www.kurzy.cz/kurzy-men/grafy/nr/CZK-EUR/od-4.1.1993/>
- 38) PREISBAROMETER 2010-2013. *PvXchange.de* [online]. © 1997-2010. Quality Software Solutions d.o.o. Sarajevo. [vid. 4. 5. 2014]. Dostupné z: http://www.pvxchange.com/priceindex/Default.aspx?template_id=1&langTag=de-DE

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

a.s.	akciová společnost
BRKO	biologicky rozložitelná část komunálního odpadu
BT	blokový trh
C	hodinová zúčtovací cena odchylky
CSE	cena silové elektřiny
CZK	koruna česká
ČR	Česká republika
D	den skutečné dodávky
DE	Deutschland (Německo)
DPH	daň z přidané hodnoty
DT	denní trh
DVS	dvoustranné smlouvy
EEX	The European Energy Exchange (Evropská energetická burza)
el.	elektřina
ERÚ	Energetický regulační úřad
ES	elektrizační soustava
EU	Evropská unie
EUR	Euro (měna EU)
FVE	fotovoltaické elektrárny
H	hodina skutečné dodávky
Kč	měna česká koruna
kV	jednotka napětí kilovolt [10^3 V]
KVET	kombinovaná výroba elektřiny a tepla
kW	jednotka výkonu kilowatt [10^3 W]

ME	Microsoft Excel
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
MVE	malá vodní elektrárna
MW	jednotka výkonu megawatt [10^6 W]
MWh	jednotka energie megawatthodina [10^6 Wh]
NN	nízké napětí
obr.	obrázek
OTE	operátor trhu s elektřinou
OZE	obnovitelné zdroje energie
P_{AV}	veličina střední hodnota výkonu [W]
P_{DOD}	veličina dodaný výkon [W]
PDS	provozovatel distribuční soustavy
P_{ins}	veličina instalovaný výkon [W]
POZE	podporované zdroje energie
PpS	podpůrné služby
PPS	provozovatel přenosové soustavy
PRE	Pražská energetika
PV	povinný výkup
PXE	Power Exchange Central Europe (Energetická burza Praha)
Sb.	sbírka
SO	systémová odchylka
SZ	subjekt zúčtování
TDD	typový diagram dodávky
TDDn	normalizovaný typový diagram
tzn.	to znamená
U_{ODB}	veličina odběrové napětí [V]

VDT	vnitrodenní trh
VE	vodní elektrárna
viz	5. pád od slova vidět
VN	vysoké napětí
VTE	větrné elektrárny
VVN	velmi vysoké napětí
ZB	zelený bonus
tab.	tabulka

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Vertikálně integrovaný systém	- 12 -
Obrázek 2: Liberalizace trhu s elektřinou	- 13 -
Obrázek 3: Vývoj ceny elektřiny v letech 2008-2012.....	- 14 -
Obrázek 4: Distribuční soustava ČR	- 16 -
Obrázek 5: Vztahy mezi subjekty při vyrovnání podpory OZE formou ZB a PV ...	- 20 -
Obrázek 6: Křivka sesouhlasení 21. duben 2014, 1. hodina	- 21 -
Obrázek 7: Četnost velikosti systémové odchylky v letech 2009-2012.....	- 25 -
Obrázek 8: TDDn pro různé skupiny odběratelů	- 27 -
Obrázek 9: TDDn vztažen na normální klimatické podmínky	- 27 -
Obrázek 10: Přepočtený TDD	- 27 -
Obrázek 11: Zbytkový diagram.....	- 28 -
Obrázek 12: Struktura trhu s elektřinou	- 29 -
Obrázek 13: Graf rovnováhy nabídky a poptávky	- 32 -
Obrázek 14: Množství nakoupené elektřiny v roce 2012.....	- 32 -
Obrázek 15: Graf vývoje výroby elektřiny z OZE.....	- 35 -
Obrázek 16: Statický graf kurzu euro / česká koruna (EUR / CZK).....	- 36 -
Obrázek 17: Graf vývoje výše VC a ZB v letech 2007-2013	- 37 -
Obrázek 18: Denní diagram výroby elektřiny z FVE, léto 2013	- 41 -
Obrázek 19: Denní diagram výroby elektřiny z VTE, léto 2013	- 41 -
Obrázek 20: Porovnání průběhu denní spotřeby a výroby el. z FVE ve dni maxima-	43 -
Obrázek 21: Porovnání průběhu denní spotřeby a výroby el. z FVE ve dni minima-	43 -
Obrázek 22: Vliv výroby el. z FVE+VTE v ČR na CSE v ČR.....	- 49 -
Obrázek 23: Vývoj CSE v letech 2012-2013 v ČR a DE.....	- 51 -
Obrázek 24: Vliv výroby el. z FVE+VTE v DE na CSE	- 54 -

Obrázek 25: Bodový graf XY-závislost CSE na výrobě el. z FVE v DE - 56 -

Obrázek 26: Graf porovnání hodnot (závislost CSE na výrobě el.z FVE v DE) - 58 -

SEZNAM TABULEK A ROVNIC

Tabulka 1: Srovnání základních parametrů organizovaných trhů s elektřinou.....	- 30 -
Tabulka 2: Vývoj výroby elektřiny z OZE v letech 2004-2012.....	- 39 -
Tabulka 3: Kontingenční tabulka (výroba el. z FVE+VTE v ČR a CSE).....	- 48 -
Tabulka 4: Výpočet korelačního koeficientu	- 50 -
Tabulka 5: Kontingenční tabulka (výroba el. z FVE+VTE v DE a CSE v ČR)	- 52 -
Tabulka 6: Výpočet koeficientů regresní analýzy, peak load	- 55 -
Tabulka 7: Výpočet regresních koeficientů (regrese)	- 57 -
Tabulka 8: Výpočet korelačního koeficientu pro systémovou odchylku.....	- 60 -
Rovnice 1: Výpočet hodinového zeleného bonusu pro $C_{skuthi} \geq 0$	- 19 -
Rovnice 2: Výpočet hodinového zeleného bonusu pro $C_{skuthi} < 0$	- 19 -
Rovnice 3: Saldo subjektu zúčtování	- 24 -
Rovnice 4: Zúčtovací cena odchylky pro $SO \leq 0$	- 24 -
Rovnice 5: Zúčtovací cena odchylky pro $SO > 0$	- 24 -
Rovnice 6: Celková částka k uhrazení SZ.....	- 24 -
Rovnice 7: Výpočet korelačního koeficientu	- 45 -
Rovnice 8: Rovnice lineární regrese	- 46 -

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Vývoj cen fotovoltaických panelů 2010-2013

Příloha 2 CD s výpočty a elektronickou verzí práce ve formátu pdf

PŘÍLOHA 1

Dezember 2010 ▾

Modultyp, Herkunft	€/ Wp	Trend seit November 2010	Trend seit Januar 2010
Kristalline Module			
🇩🇪 Deutschland	1.77	-2,21 % ↘	-14,49 % ↘
🇨🇳 China	1.55	-1,27 % ↘	0,00 % =
🇯🇵 Japan	1.71	-2,84 % ↘	-10,47 % ↘
Dünnschichtmodule			
🇩🇪 CdS/CdTe	1.3815	-5,56 % ↘	-14,16 % ↘
🇩🇪 a-Si	1.0728	-7,60 % ↘	-18,59 % ↘
🇩🇪 a-Si/μ-Si	1.37	-1,44 % ↘	-5,60 % ↘

Vývoj cen fotovoltaických panelů leden-prosinec 2010 [37]

Dezember 2011 ▾

Modultyp, Herkunft	€/ Wp	Trend seit November 2011	Trend seit Januar 2011
Kristalline Module			
🇩🇪 Deutschland	1.12	-4,83 % ↘	-34,40 % ↘
🇨🇳 China	0.81	-4,30 % ↘	-44,90 % ↘
🇯🇵 Japan	1.10	-3,60 % ↘	-32,52 % ↘
Dünnschichtmodule			
🇩🇪 CdS/CdTe	0.73	-6,55 % ↘	-41,52 % ↘
🇩🇪 a-Si	0.64	-4,88 % ↘	-40,47 % ↘
🇩🇪 a-Si/μ-Si	0.82	-3,46 % ↘	-35,10 % ↘

Vývoj cen fotovoltaických panelů leden-prosinec 2011 [37]

Dezember 2012 ▾

Modultyp, Herkunft	€/ Wp	Trend seit November 2012	Trend seit Januar 2012
Kristalline Module			
🇩🇪 Deutschland	0.79	-2,47 % ↘	-26,17 % ↘
🇨🇳 China	0.54	-3,57 % ↘	-31,65 % ↘
🇯🇵 Japan	0.84	-1,18 % ↘	-20,00 % ↘
Dünnschichtmodule			
🇩🇪 CdS/CdTe	0.57	-1,72 % ↘	-16,18 % ↘
🇩🇪 a-Si	0.43	-6,52 % ↘	-28,33 % ↘
🇩🇪 a-Si/μ-Si	0.53	-1,85 % ↘	-30,26 % ↘

Vývoj cen fotovoltaických panelů leden-prosinec 2012 [37]

September 2013 ▾

Modultyp, Herkunft	€/ Wp	Trend seit August 2013	Trend seit Januar 2013
Kristalline Module			
 Deutschland	0.74	0,00 % 	-5,13 % 
 China	0.58	1,75 % 	9,43 % 
 Japan	0.77	-1,28 % 	-7,23 % 
Dünnschichtmodule			
 CdS/CdTe	0.58	0,00 % 	3,57 % 
 a-Si	0.35	-2,78 % 	-16,67 % 
 a-Si/μ-Si	0.45	-2,17 % 	-13,46 % 

Vývoj cen fotovoltaických panelů leden-listopad 2013 [37]