

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

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

Studijní obor: **Elektrotechnika a management**



Podpora obnovitelných zdrojů elektřiny

Support of Renewable Energy Sources

Bakalářská práce

Vedoucí práce:

Doc. Ing. Jiří Vašíček, CSc.

2019

Zpracovala:

Eliška Urbanová

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Urbanová** Jméno: **Eliška** Osobní číslo: **457080**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Studijní obor: **Elektrotechnika a management**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Podpora obnovitelných zdrojů elektřiny

Název bakalářské práce anglicky:

Support of Renewable Energy Sources

Pokyny pro vypracování:

1. Popište současný systém podpory OZE v ČR
2. Porovnejte výhody a nevýhody aukčních systémů podpory OZE
3. Technickoekonomické parametry větrných elektráren (výrobci, zařízení, projekty)
4. Modelový výpočet ekonomiky projektu větrné elektárny

Seznam doporučené literatury:

1. HAAS, R., KNÁPEK, J., a AJANOVIC, A., eds. Energy for Sustainable Development IV: Evidence from Czech Republic and Austria. Praha: Wolters Kluwer ČR, a. s.. 2015, s. 25-45. ISBN 978-80-7478-993-9
2. Zákon o podporovaných zdrojích energie 162/2012 Sb.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

doc. Ing. Jiří Vašíček, CSc., katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd FEL

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

Datum zadání bakalářské práce: **31.01.2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **24.05.2019**

Platnost zadání bakalářské práce: **20.09.2020**

doc. Ing. Jiří Vašíček, CSc.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Pavel Řípka, CSc.
podpis důkone(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studentky

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 24. května 2019

.....

Eliška Urbanová

Poděkování

Touto cestou bych chtěla poděkovat svému vedoucímu práce, panu doc. Ing. Jiřímu Vašíčkovi, CSc., za odborný dohled nad prací, věcné připomínky a rady, poskytnutí potřebných informací pro bakalářskou práci a v neposlední řadě za strávený čas, který mi byl ochoten věnovat.

Anotace

Práce se věnuje problematice obnovitelných zdrojů elektrické energie, konkrétně větrnou energií. V teoretické rovině se práce zabývá legislativou a aukcemi energií. Dále se práce zaměřuje na technické a ekonomické parametry větrné elektrárny. V praktické části se práce zabývá modelových výpočtů konkrétních větrných elektráren.

Klíčová slova

Větrná elektrárna, větrná energie, vítr, obnovitelné zdroje, ekonomická kritéria, zákony, aukce energií, technické parametry

Abstract

The study deals with problems of renewable resources of electric power, specifically wind power. On a theoretical level the study applies of legislation and auction of power. Then it focuses on technical and economic parameters of wind power plants. In the practical part it deals with model calculations of particular wind power plants.

Key Words

Wind turbine, wind power, wind, renewable power sources, economic criteria, laws, energy auctions, technical parameters

Obsah

| | |
|---|-----------|
| Úvod..... | 1 |
| 1. Současný systém podpory OZE v ČR | 2 |
| 1.1. Systémy podpory v EU | 2 |
| 1.2. Legislativa České republiky | 4 |
| 1.2.1. Zákon č. 458/2000 Sb..... | 4 |
| 1.2.2. Zákon č. 406/2000 Sb..... | 4 |
| 1.2.3. Zákon č. 180/2005 Sb..... | 5 |
| 1.2.4. Zákon č. 165/2012 Sb..... | 6 |
| 1.3. Cenové rozhodnutí ERÚ č. 3/2018..... | 7 |
| 1.4. Aukční systém podpory OZE | 9 |
| 1.4.1. Průběh aukcí v Německu..... | 10 |
| 1.4.2. Průběh aukcí ve Francii..... | 10 |
| 1.4.3. Návrh aukce podle studie IRENA..... | 11 |
| 1.4.4. Aukce v České republice..... | 12 |
| 2. Technické parametry větrných elektráren | 14 |
| 2.1. Vítr jako energetický zdroj | 14 |
| 2.1.1. Princip činnosti větrné elektrárny | 15 |
| 2.1.2. Účinnost a výkon větrné elektrárny | 15 |
| 2.2. Popis větrné elektrárny | 16 |
| 2.2.1. Konstrukce větrné elektrárny | 16 |
| 2.2.2. Komponenty větrné elektrárny..... | 17 |
| 2.3. Rozdělení větrných elektráren | 17 |
| 2.3.1. Princip aerodynamické funkce | 18 |
| 2.3.2. Osa otáčení rotoru | 19 |
| 2.3.3. Rozdělení větrných elektráren podle výkonu..... | 20 |
| 2.3.4. Rychlostní součinitel..... | 21 |
| 2.3.5. Umístění větrných elektráren | 21 |
| 2.3.6. Generátory větrných elektráren..... | 22 |
| 3. Ekonomické parametry větrné elektrárny | 24 |
| 3.1. Investiční záměr – časový průběh | 24 |
| 3.2. Určující podmínky pro stavbu větrných elektráren | 27 |
| 3.3. Postup stavby větrné elektrárny..... | 28 |
| 3.3.1. Transport dílů větrné elektrárny..... | 28 |
| 3.3.2. Výstavba větrné elektrárny' | 29 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 3.3.3. | Komplementace gondoly..... | 30 |
| 3.4. | Vývoj výkupních cen elektřiny..... | 32 |
| 4. | Modelový výpočet podnikatelského záměru větrné elektrárny..... | 35 |
| 4.1. | Ekonomické zhodnocení projektu | 35 |
| 4.1.1. | Vzorce pro ekonomická kritéria | 35 |
| 4.1.2. | Použité vzorce pro výpočty v tabulkách | 36 |
| 4.2. | Větrná elektrárna č. 1..... | 37 |
| 4.2.1. | Vypočtené hodnoty příslušné větrné elektrárny..... | 37 |
| 4.2.2. | Tabulky s výpočty | 38 |
| 4.2.3. | Citlivostní analýzy..... | 40 |
| 4.3. | Větrná elektrárna č. 2..... | 41 |
| 4.3.1. | Vypočtené hodnoty příslušné větrné elektrárny..... | 41 |
| 4.3.2. | Tabulky s výpočty | 42 |
| 4.3.3. | Citlivostní analýzy..... | 44 |
| 4.4. | Zhodnocení modelových výpočtů pro větrné elektrárny..... | 45 |
| 5. | Závěr | 46 |
| 6. | Seznam zdrojů..... | 47 |
| 6.1. | Seznam zdrojů literatury..... | 47 |
| 6.2. | Seznam zdrojů obrázků | 49 |

Úvod

K současnému stylu života nepochybně patří spotřeba elektrické energie. S elektrickou energií se setkáváme dnes a denně v domácnostech, v práci, i venku, tudíž je důležité podívat se přímo ke zdroji elektrické energie. Jako číslo jedna ve zdrojích elektrické energie stále převažuje ropa, avšak tento zdroj se může v budoucnu vyčerpat. Tím se dostávám k tématu obnovitelné a neobnovitelné zdroje. Téma obnovitelných zdrojů by neměla být opomíjená, protože jak už jsem naznačila u neobnovitelných zdrojů, a vyplývá to také z názvu, že v budoucnu z těchto zdrojů již nebudeme moci čerpat. Je nutné také zdůraznit, že obnovitelné zdroje jsou z velké části „ekologicky čisté“, ovšem za předpokladu, že nebereme v úvahu energetické náklady na výstavbu a převoz na konkrétní místo příslušné elektrárny pro výrobu elektrické energie. Z mého pohledu obnovitelné zdroje elektrické energie jsou velmi důležité, a proto jsem si toto téma vybrala pro mou práci.

Dále k tomuto tématu (a nejen k němu) také neodmyslitelně patří vliv politických orgánů. Proto první část mé práce obsahuje jejich podpora. Nejprve se zabývám systémem podpory jako takové a jak jsou nastaveny zákony týkající se obnovitelných zdrojů energie. Jelikož tuto práci píše v době měnících se zákonů, tyto návrhy budou zde také zahrnuty.

Druhá a třetí část mé práce se týká větrných elektráren. Toto téma jsem si vybrala pro rozšíření obzoru větrných elektráren. Jejich využití je širokospektrální. Vidáme je často, v některých zemích jsou významným producentem elektrické energie. V rozvojových zemích pomáhají usnadnit namáhavou manuální práci. Nejvíce jsou větrné elektrárny kritizovány, za jejich vzhled v krajině, nadměrný hluk nebo ohrožování života ptactva, to vše je zapříčiněno nedostatkem informací běžného občana. Z mého pohledu si myslím, že tomu tak není, a proto bych se chtěla tímto tématem zabývat podrobněji.

Závěrečná část mé práce se týká ekonomického zhodnocení konkrétní větrné elektrárny. Budu se zabývat výnosovými a nákladovými kritérii a dobou návratnosti investic do konkrétních projektů větrných elektráren.

1. Současný systém podpory OZE v ČR

Evropská unie si stanovila vysoké cíle podpořit obnovitelné zdroje energie z důvodu ochrany klimatu a životního prostředí a zajištění zvyšování podílu OZE na spotřebě primárních energetických zdrojů. Obnovitelné zdroje energie už delší čas nepotřebují tak velkou podporu jako dříve, ale i přesto budou státní podpůrné mechanismy důležitou pobídkou pro posílení role OZE v energetickém mixu. [12]

Pojem podporované zdroje energie vychází ze zákona č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů. Podporované zdroje energie jsou převážně obnovitelné zdroje energie, hlavně energie biomasy a bioplynu, sluneční energie, větrná energie, vodní energie a jiné. Na základě zákona č. 165/2012 Sb. Energetický regulační úřad stanovuje rozsah a výši podpory v cenovém rozhodnutí. [1]

1.1. Systémy podpory v EU

Využívání obnovitelných zdrojů energie podporují vlády všech zemí ve veliké míře. Zvláště se jedná o solární, větrnou energii, malé vodní elektrárny a biomasu, které vyrábí elektřinu, aniž by při ní vznikaly emise oxidu uhličitého. Díky stále se zlepšujícím technologiím – nákladovým a efektivním - se snižují náklady na jeden instalovaný kilowatt a na kWh. V souvislosti s prokázanými složitými důvody můžeme říci, že využití elektřiny ze slunce a větru v rozvodné síti se stává problematickým na vysoké úrovni. Dodávka elektrické energie neodpovídá obvyklému diagramu současné poptávky. Je zapotřebí stále rozšiřovat kapacitu zálohování, zvláště kvůli nestabilnímu slunečnímu záření a nedostatečným povětrnostním podmínkám, díky tomu je ekonomická situace v ohrožení.

Politické nástroje na podporu obnovitelných zdrojů energie se zaměřují na upřednostňování zálohování v systémech rozvodných sítí a na státních dotacích vytvořených na podporu výroby větrné a solární energie, tyto pobídky má přibližně 50 zemí. Využití těchto energií v samotném systému dodávky vyžaduje odpovídající kapacitu baterií nebo jiných záložních zdrojů. Možnost rozsáhlého využívání vodíku jako dopravního paliva v budoucnu zvyšuje potenciál jak pro obnovitelnou energii, tak pro zásobování elektřinou pod zátěží. [7]

Do roku 2020 se členské státy EU řídí svým daným plánům obnovitelné energie, avšak národní vlády mohou jednotlivě rozhodnout o tom, které podpůrné nástroje je třeba použít.

S přijetím směrnice o obnovitelných zdrojích energie (2009/28 / ES) v roce 2009 se poprvé závazné cíle obnovitelné energie pro všechny členské státy EU staly účinnými pro rok 2020. Celkový cíl Evropské unie (EU) je 20 % energie z obnovitelných zdrojů energie (OZE) do konečné spotřeby energie v roce 2020, jak je stanoveno v rozhodnutém balíčku právních předpisů EU o energetice a změně klimatu z roku 2008.

Prostřednictvím členských států EU je realizováno mnoho různých politických nástrojů na podporu rozvoje a využívání obnovitelných zdrojů energie k dosažení individuálního RES (renewable energy source) cíle. Převážná většina použitých politických nástrojů se soustřeďuje převážně na sektor energetiky, ačkoliv byly také vytvořeny plány pro konkrétní podíly RES na vytápění a chlazení, jakož i pro odvětví dopravy. V balíčku EU se nachází typy implementovaných politických nástrojů zahrnující regulační politiky, fiskální pobídky i veřejné financování. [8]

Variabilita větrné a solární energie neodpovídá poptávce a vzhledem k tomu, že v několika zemích byla v důsledku reakce na vládní pobídky instalován značný výkon těchto zdrojů, příležitostná masivní produkce z těchto zdrojů vytváří závažné problémy při zachování spolehlivosti, ekonomiky a proměnlivosti výkonu celého systému. Abychom mohli vyčíslit průměrné náklady na jednotku vyrobené elektřiny (LCOE - the levelised cost of electricity) použijeme diskontované průměrné náklady na elektřinu (LCOE), které umožňují návratnost všech nákladů po celou dobu životnosti elektrárny, zahrnují vložený kapitál, financování provozu a údržby, palivo (pokud existuje) a vyřazení z provozu.

Další metrikou je návratnost energie z investované energie (EROI - energy return on energy invested). EROI je poměr energie dodané procesem k energii, která se přímo a nepřímo používá v tomto procesu, a je součástí analýzy životního cyklu (LCA - lifecycle analysis). World Energy Outlook 2016 (WEO2016) uvádí, že větrná a solární PV mají pět technických vlastností, které je odlišují od tradičních forem výroby energie. Za první, jejich okamžitý maximální výkon kolísá podle dostupnosti větru a slunečního záření v reálném čase. Za druhé, takové výkyvy lze předpovědět přesně jen několik hodin až dnů předem. Za třetí, používají zařízení známá jako měniče výkonu, aby se připojili větrné a fotovoltaické elektrárny k rozvodné síti (to může být důležité z hlediska zajištění stability energetických systémů). Za čtvrté, jsou modulárnější a mohou být rozmístěny mnohem distribuovanějším způsobem. Za páté, na rozdíl od fosilních paliv nelze větrné a sluneční světlo přepravovat, a zatímco v mnoha oblastech jsou dostupné

obnovitelné zdroje energie, nejlepší zdroje jsou často umístěny ve vzdálenosti od nákladových středisek, což v některých případech zvyšuje náklady na připojení. [7]

1.2. Legislativa České republiky

Právní úprava v oblasti energetiky je tvořena třemi hlavními zákonnými předpisy.

Tyto zákony do českého právního řádu zavádí celou řadu požadavků práva Evropských společenství. Dílčí ustanovení těchto zákonů dále upřesňuje několik desítek prováděcích vyhlášek a vládních nařízení. [2]

1.2.1. Zákon č. 458/2000 Sb.

Zákon o podmínkách podnikání a výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů upravuje podmínky pro výrobu, přenos a distribuci elektřiny a plynu a obchodování s těmito komoditami, a také podmínky pro výrobu a rozvod tepelné energie. Toto podnikání v energetických odvětvích podle energetického zákona podmíněno udělením licence Energetickým regulačním úřadem. Zákon dále definuje podmínky trhu s elektřinou a plynem a práva a povinnosti jejich účastníků - výrobců, provozovatelů přenosové, přepravní a distribučních soustav a také zákazníků. Podobně upravuje práva a povinnosti výrobců a spotřebitelů tepla. [2]

1.2.2. Zákon č. 406/2000 Sb.

Zákon o hospodaření energií stanovuje opatření pro zvyšování hospodárnosti využití energie a práva a povinnosti při nakládání s energií a energetickými zdroji. Jako základní koncepce pro efektivní využívání energie určuje Státní energetickou koncepci, územní energetické koncepce a Státní program na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie. Zákon dále stanovuje minimální energetickou účinnost pro výrobu energie, ukazatele pro energetickou náročnost budov, vytápění a přípravu teplé vody a zavádí povinnost provedení energetického auditu pro větší spotřebitele energie a také zpracování průkazů energetické náročnosti budov pro všechny novostavby a opravy větších budov. Elektrospotřebiče jsou podle tohoto zákona

povinně označovány energetickými štítky a jejich konstrukce podléhá požadavkům na ekodesign. [2]

1.2.3. Zákon č. 180/2005 Sb.

Zákon o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů) upravuje v souladu s právem Evropských společenství způsob podpory výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a z důlního plynu z uzavřených dolů a výkon státní správy a práva a povinnosti fyzických a právnických osob s tím spojené. Účelem tohoto zákona je v zájmu ochrany klimatu a ochrany životního prostředí podpořit využití obnovitelných zdrojů energie (dále jen "obnovitelné zdroje"); zajistit trvalé zvyšování podílu obnovitelných zdrojů na spotřebě primárních energetických zdrojů; přispět k šetrnému využívání přírodních zdrojů a k trvale udržitelnému rozvoji společnosti; vytvořit podmínky pro naplnění indikativního cíle podílu elektřiny z obnovitelných zdrojů na hrubé spotřebě elektřiny v České republice ve výši 8 % k roku 2010 a vytvořit podmínky pro další zvyšování tohoto podílu po roce 2010.

Obnovitelnými zdroji se rozumí obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu a energie bioplynu. Pro účely tohoto zákona se rozumí biomasou biologicky rozložitelná část výrobků, odpadů a zbytků z provozování zemědělství a hospodaření v lesích a souvisejících průmyslových odvětví, zemědělské produkty pěstované pro energetické účely a rovněž biologicky rozložitelná část vytríděného průmyslového a komunálního odpadu; elektřinou z obnovitelných zdrojů elektřina vyrobená v zařízeních, která využívají pouze obnovitelné zdroje, a také část elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů v zařízeních, která využívají i neobnovitelné zdroje energie; hrubou spotřebou elektřiny v tuzemsku vyrobená elektřina s připočtením dovozů a odečtením vývozů elektřiny; zeleným bonusem finanční částka navyšující tržní cenu elektřiny a hrazená provozovatelem regionální distribuční soustavy nebo přenosové soustavy výrobcí elektřiny z obnovitelných zdrojů, zohledňující snížené poškozování životního prostředí využitím obnovitelného zdroje oproti spalování fosilních paliv, druh a velikost výrobního zařízení, kvalitu dodávané elektřiny; provozovatelem regionální distribuční soustavy držitel licence na distribuci elektřiny, jehož distribuční soustava je přímo připojena na přenosovou soustavu.

Podpora podle tohoto zákona (dále jen „podpora“) se vztahuje na výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů ve výrobnách elektřiny na území České republiky připojených do elektrizační soustavy České republiky přímo, prostřednictvím odběrného místa nebo prostřednictvím jiné výroby elektřiny připojené k elektrizační soustavě České republiky, s výjimkou větrných elektráren umístěných na rozloze 1 km² o celkovém instalovaném výkonu nad 20 MWe. V případě výroby elektřiny z biomasy se podpora vztahuje na druhy a způsoby využití biomasy, které z hlediska ochrany životního prostředí stanoví prováděcí právní předpis. Podpora výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů je stanovena odlišně s ohledem na druh obnovitelného zdroje a velikost instalovaného výkonu výroby a v případě elektřiny vyrobené z biomasy i podle parametrů biomasy stanovených prováděcím právním předpisem.

Při stanovení podpory podle odstavce 2 Energetický regulační úřad (dále jen "Úřad") ekonomicky zvýhodní pro účely výlučného spalování pevné biomasy využívání odpadní biomasy z dřevovýroby a průmyslového zpracování dřeva a v případě společného spalování pevné biomasy a neobnovitelného zdroje energie účelově pěstovanou energetickou biomasu.

Podpora se rovněž vztahuje na výrobu elektřiny z důlního plynu z uzavřených dolů.

V případě elektřiny vyrobené využitím energie slunečního záření se podpora vztahuje pouze na elektřinu vyrobenou ve výrobně elektřiny s instalovaným výkonem výroby do 30 kWp, která je umístěna na střešní konstrukci nebo na obvodové zdi jedné budovy spojené se zemí pevným základem evidované v katastru. [3]

Tento zákon byl zrušen a nahrazen zákonem č. 165/2012 Sb.

1.2.4. Zákon č. 165/2012 Sb.

Zákon o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů upravuje podporu elektřiny, tepla a biometanu z obnovitelných zdrojů energie, druhotných energetických zdrojů, vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla a decentrální výroby elektřiny, výkon státní správy a práva a povinnosti fyzických a právnických osob s tím spojené. Zákon také upravuje Národní akční plán ČR pro energii z obnovitelných zdrojů, podmínky pro vydávání, evidenci a uznávání záruk původu energie z OZE, podmínky pro vydávání osvědčení o původu elektřiny vyrobené z vysokoúčinné KVET nebo druhotných zdrojů, financování podpory na úhradu nákladů spojených s podporou elektřiny z podporovaných zdrojů, tepla z OZE, decentrální výroby elektřiny, biometanu a poskytnutí dotace operátorovi trhu na úhradu těchto nákladů a odvod z elektřiny ze slunečního záření. Účelem tohoto zákona je v zájmu ochrany klimatu a ochrany životního prostředí podpořit využití OZE, druhotných zdrojů, vysokoúčinné

KVET, biometanu a decentrální výroby elektřiny, zajistit zvyšování podílu OZE na spotřebě primárních energetických zdrojů, přispět k šetrnému využívání přírodních zdrojů a k trvale udržitelnému rozvoji společnosti a vytvořit podmínky pro naplnění závazného cíle podílu energie z OZE na hrubé konečné spotřebě energie v ČR při současném zohlednění zájmů zákazníků na minimalizaci dopadů podpory na ceny energií pro zákazníky v ČR. Cenová podpora je stanovena odlišně podle druhu a velikosti zdroje, v případě biomasy také podle kvality paliva. Minimální výkupní ceny jsou každoročně vyhlašovány Energetickým regulačním úřadem, který se při stanovení ceny řídí pravidly určenými tímto zákonem. [2]

1.3. Cenové rozhodnutí ERÚ č. 3/2018

Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 3/2018, ze dne 25. září 2018, kterým se stanovuje podpora pro podporované zdroje energie na rok 2019.

Hlavní body cenového rozhodnutí č. 3/2018 pro rok 2019:

- **Zákonná 2% indexace výkupních cen** pro stávající výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů (mimo výroby elektřiny z biomasy a bioplynu).
- **Zachování technicko-ekonomických parametrů pro nové výroby** – vzhledem k zachování technickoekonomických parametrů ve vyhlášce č. 296/2015 Sb. nedochází ke změně výkupních cen pro nové výroby.
- **Rozdíl mezi výkupní cenou a zeleným bonusem** - vzhledem k meziročnímu zvýšení cen silové elektřiny na trhu došlo také u všech obnovitelných zdrojů ke zvýšení tzv. ekvivalentní ceny silové elektřiny (ECSE – rozdíl mezi výkupní cenou a zeleným bonusem). Důsledkem toho dochází téměř u všech OZE k snížení zelených bonusů na elektřinu.
- **Kombinovaná výroba elektřiny a tepla** – snížení zelených bonusů na elektřinu z KVET v kategoriích KVET do 5 MW v rámci základní sazby. V kombinaci mírného zvýšení ceny primárního paliva a zároveň zvýšení ceny silové elektřiny přistoupil Úřad k snížení výše zelených bonusů na rok 2019.
- **Zelený bonus na teplo z bioplynu** – vzhledem k zachování technicko-ekonomických parametrů pro stanovení výše podpory pro rok 2019 se ani pro rok 2019 výše podpory nemění.

- **Zelený bonus na teplo z obnovitelných zdrojů** – podpora zavedená zákonem č. 165/2012 Sb. je vlivem zákona č. 131/2015 Sb. indexována o 2 %. [4]

Stanovení ekvivalentní ceny silové elektřiny (ECSE) pro výpočet ročních zelených bonusů na elektřinu z obnovitelných zdrojů.

Ekvivalentní cena silové elektřiny představuje rozdíl mezi výkupní cenou (VC) a ročním zeleným bonusem (ZB). Zelené bonusy musejí být podle zákona č. 165/2012 Sb. stanoveny tak, aby výše ročního zeleného bonusu na elektřinu pokryla pro daný druh obnovitelného zdroje alespoň rozdíl mezi výkupní cenou a očekávanou průměrnou roční hodinovou cenou. Roční zelené bonusy na elektřinu z obnovitelných zdrojů energie jsou stanoveny podle následujícího vzorce $ZB = VC - ECSE$. (1.1)

Základem pro stanovení ECSE je aktuální cena silové elektřiny na lipské energetické burze EEX (www.eex.com). Ekvivalentní cena silové elektřiny se stanoví jako aritmetický průměr tzv. závěrečných cen (settlement price) produktu BL CAL YY - Phelix Power Futures pro obchodní zónu DE/AT na následující kalendářní rok (při stanovení ceny na rok 2019 tedy BL CAL 19), za poslední ukončený kalendářní měsíc před vydáním cenového rozhodnutí. Vzhledem k zákonné povinnosti vydat cenové rozhodnutí každoročně do 30. září a vnitřnímu schvalovacímu procesu se prakticky jedná o aritmetický průměr měsíce července pro návrh cenového rozhodnutí a měsíce srpna pro finální cenové rozhodnutí. Vypořádací ceny jsou převedeny z EUR/MWh na CZK/MWh podle devizových kurzů vyhlášených Českou národní bankou pro příslušné dny.

Výsledná výše hodnoty ECSE je pak dána dle následujícího vzorce:

$ECSE = PRM(BL CAL YY) \cdot k$, kde PRM(BL CAL YY) - aritmetický průměr produktu BL CAL YY za měsíc srpen (červenec); k - koeficient ECSE pro jednotlivé druhy obnovitelných zdrojů energie. (1.2) [4]

| Druh OZE | Koeficient ECSE pro jednotlivé druhy OZE |
|--|---|
| Větrné elektrárny | 0,70 |
| Malé vodní elektrárny, bioplynové stanice AF2, skládkový a kalový plyn | 0,90 |
| Bioplynové stanice AF1, biomasa | 0,93 |
| Fotovoltaické elektrárny do 30 kW | 0,98 |
| Fotovoltaické elektrárny nad 30 kW | 0,85 |

Tab. 2.1: Přehled koeficientů ESCE pro OZE [4]

Výše ECSE zásadním způsobem ovlivňuje rozhodnutí investora pro volbu formy podpory výkupní cenou nebo zeleným bonusem. Koeficient ECSE pro jednotlivé druhy obnovitelných zdrojů energie je stanoven především s cílem uplatnit maximální množství elektřiny z obnovitelných zdrojů na volném trhu při splnění podmínky minimalizace nákladů spojených s jejich podporou. Samotná výše koeficientu je ovlivněna charakterem dodávky elektřiny z jednotlivých obnovitelných zdrojů a je stanovena především s ohledem na stanovení hodnot ECSE v předchozích letech, kdy docházelo k významnému podílu uplatnění elektřiny z OZE na volném trhu. [4]

1.4. Aukční systém podpory OZE

Od 1. ledna 2017 se změnila požadavky Evropské unie na systémy podpory OZE. Dle požadavků „Pokynů evropské komise pro státní podporu v oblasti životního prostředí a energetiky na období 2014–2020“ vydané Evropským regulačním úřadem, má být požadavky podávány formou soutěžních nabídkových řízení.

Díky těmto nabídkovým řízením se přechází k systémům prodeje vyrobené energie přímo na trh. Podle návrhu směrnice o podpoře využívání energie z OZE jsou členské státy EU povinny zajistit poskytnutí podpory pro elektřinu z OZE otevřeně, transparentně, konkurenčně, nediskriminačně a nákladově efektivně. [13]

V důvodové zprávě ministerstva se uvádí, že formou hodinového „zeleného bonusu“ bude i nadále poskytována podpora u zdrojů do jednoho megawattu, která je úředně stanovena v cenovém rozhodnutí Energetického regulačního úřadu (ERÚ). Jestliže elektřinu získanou z těchto zdrojů bude výrobce využívat zvláště pro sebe a vzniklé přebytky odevzdá do sítě může za to získat bonus. Zdrojů větších než jedna MW se bude týkat aukce a takzvaný aukční bonus. [9]

Systém aukcí již funguje například v Německu, Francii, Polsku a Velké Británii, někde i přeshraničně. V Česku má mít na starosti vyhodnocování nabídek MPO.

Od roku 2013 Operátor trhu s elektřinou (OTE) vyplácí na základě cenového rozhodnutí ERÚ podporu „zeleným zdrojům“. Do této doby ji vypláceli sami distributoři elektřiny. Výše podpory vzrostla ze zhruba miliardy korun v roce 2006 na více než 40 miliard korun v

posledních čtyřech letech. Celkem bylo na podporu takzvané zelené energie od roku 2006 do konce loňského roku vyplaceno téměř 300 miliard korun. Navrhované aukce se mají týkat pouze nově postavených zdrojů, stará podpora zůstane zachována. [9]

V návrh směrnice se též pamatuje na ověření přiměřenosti podpory výroby elektřiny z podporovaných zdrojů energie, takzvané kontroly překompenzace. Tento princip je založen na vyhodnocování výnosnosti projektů uvedených do provozu v období let 2006 až 2015, a to vždy po deseti letech provozu. [9]

1.4.1. Průběh aukcí v Německu

Prostřednictvím aukcí a dalších státních podpor chce Německo dosáhnout podílu obnovitelných zdrojů 40-45 % z celkové spotřeby energie do roku 2025. Aukce se v současnosti konají nejen pro pozemní fotovoltaické elektrárny. Na základě takto získaných zkušeností během roku 2017 byly aukce zavedeny i pro další technologie (střešní solární elektrárny a mořské „offshore“ i suchozemské „onshore“ větrné parky).

Informace o nadcházející aukci jsou zveřejněny zpravidla osm týdnů předem. Pro každou aukci je stanoven strop podpory, o kterou je možné soutěžit. Jedná se o statickou aukci, takže nabídky jsou vyhodnoceny najednou. Aukce jsou založeny na principu „pay as bid“.

Podporovaný projekt musí být realizován do dvou let po skončení aukce, jinak hrozí provozovateli pokuta ve výši určené dle výkonu, který měl být instalován.

Právo na podporu lze za nízký poplatek převést na jiné zařízení v rámci portfolia jednoho provozovatele. Lze rovněž prodat celý projekt včetně práva na podporu jinému subjektu. Nelze však převádět právo na podporu samostatně.

Kritiku v Německu sklízí návrh zavést aukce pro všechny technologie výroby energie z obnovitelných zdrojů najednou. Toto schéma může podle některých znevýhodňovat menší provozovatele, kteří nebudou v tak velké skupině účastníků konkurenceschopní. Obavy jsou pochopitelné zejména proto, že současná německá úprava aukcí neobsahuje žádný mechanismus nebo výjimky pro menší zdroje, např. do 1 MW výkonu. [15]

1.4.2. Průběh aukcí ve Francii

Aukce jsou ve Francii pořádány už od roku 2011. Jsou založeny na systému „pay as bid“, takže účastníci aukce získají takovou podporu, jakou skutečně v aukci nabídnou. Jedná se o statickou

aukci, takže jsou všechny nabídky vyhodnoceny najednou až po uplynutí lhůty pro jejich podávání.

Podpory jsou ve Francii zaměřené jen na solární elektrárny o velikosti min. 100 kW a max. 250 kW instalovaného výkonu. V aukci se draží podpora do naplnění určeného objemu výkonu, který má být dotován. Aukce probíhají nepravidelně podle rozhodnutí příslušného ministerstva. Po výběru úspěšných projektů je lhůta rok a půl pro realizaci podpořeného projektu. Lhůtu lze prodloužit o dva měsíce, poté přichází krácení podpory v časovém rozsahu dvojnásobku doby, o kterou projekt překročil lhůtu pro realizaci. Tento sankční mechanismus však nebyl nikdy využit.

Pro hodnocení přihlášených účastníků bylo kromě ceny (systém „price only“) v roce 2013 zavedeno ještě druhé kritérium – uhlíková stopa technologie. Nabídka se posuzuje tak, že kritérium ceny má váhu dvou třetin hodnocení a posuzování uhlíkové stopy potom tvoří zbylou jednu třetinu hodnocení. Jeden účastník může do aukce přihlásit i více různých nabídek. Převod práva na podporu získanou v aukci není dovolen.

Předmětem kritiky jsou ve Francii poměrně náročná kvalifikační kritéria. V důsledku je pouze 60 % podaných přihlášek po formální stránce v pořádku a může být přijato do aukce. Vzhledem k tomu, že nabízená podpora cílí na malé zdroje, bylo by vhodnější kvalifikační požadavky co možná nejvíce zjednodušit, aby se aukce otevřela skutečně všem provozovatelům. [15]

1.4.3. Návrh aukce podle studie IRENA

IRENA: International Renewable Energy Agency – Mezinárodní agentura pro obnovitelné zdroje energie. [5]

A) Stanovení poptávky:

- specifická poptávková pásma, které určují, zda a jak je sdílený celkový objem poptávky mezi různými produkty;
- objem výroby, který má být vydražen; periodicita a dlouhodobé závazky, které určují, zda je schválen předem stanovený aukční plán;
- odpovědnost za závazky na straně poptávky, které zahrnují hodnocení faktorů, které zajišťují vývojářům projektů úvěřuschopnost dražiteli.

B) Požadavky na kvalifikaci

- požadavky na pověst, včetně dokumentace, která musí být poskytnuta o každé nabídkové společnosti, aby byla potvrzena, že má dostatečnou kapacitu k vypracování projektu;
- technické požadavky;
- výběr a dokumentace výroby; zajištění přístupu do sítě;
- nástroje na podporu socioekonomického rozvoje.

C) Proces výběru vítěze:

- postup výběrového řízení, který definuje, jak se informace o straně nabídky shromažďují pro konkurenční proces;
- minimální požadavky na hospodářskou soutěž, včetně ustanovení pro zajištění účasti více soutěžících uchazečů;
- kritéria výběru vítězů, která diktuje, jak hodit všechny nabídky a vybrat si vítěze nebo vítěze; mechanismus zúčtování, který definuje pravidla pro přidělování smluv na základě marginálních nabídek, pokud nabídka nesplňuje poptávku;
- platební pravidla, která stanoví, jak bude developer projektu odměněn po získání zakázky.

D) Závazky prodejců:

- závazek podepsat smlouvu;
- harmonogram kontraktu;
- odměňování a finanční rizika;
- množství závazků;
- Pravidla vypořádání, včetně sankcí za nedostatečnou výkonnost;
- sankce za zpoždění a přestavbu;
- závazky za zpoždění přenosu.

1.4.4 Aukce v České republice

Cílem aukcí by měla být nejenom efektivita vyplácených dotací, ale také podpora decentralizace, stávajícího úsilí některých obcí o energetickou soběstačnost a různorodosti zdrojů. K tomu by přispělo oddělení aukcí dle jednotlivých technologií a také některý ze

způsobů odlišení malých a velkých výrobců elektřiny. Zároveň by se aukce přiklonily spíše k systému jednotné ceny, který se z dlouhodobého hlediska ukazuje jako stabilnější. Především je ale třeba mít na paměti, že každé schéma lze otestovat na pilotních aukcích a poté jej pro další kola aukcí přizpůsobit tak, aby co nejlépe plnilo stanovené cíle. Česká republika by se tak mohla inspirovat např. Řeckem, které v roce 2018 uspořádalo první kolo aukcí pro větrné a solární zdroje zvlášť a poté v roce 2019 uspořádá společnou aukci pro oba zdroje. [14]

2. Technické parametry větrných elektráren

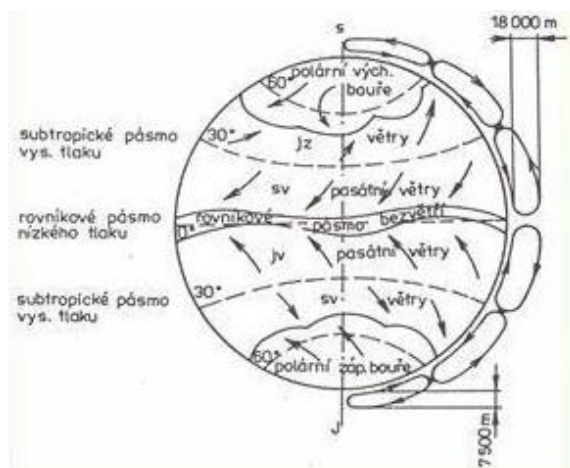
V zemích střední Evropy se větrné elektrárny používají jen zřídka kvůli nepříliš příznivým větrným podmínkám. V České republice se nachází kvalitní větrné podmínky převážně v horských oblastech a na vrchovinách.

Jedná se o čistě obnovitelný zdroj energie, kde při výrobě nejsou produkovány žádné škodlivé emise, s nulovou produkcí CO_2 (nevyužívá spalovací proces), není ohroženo zdraví obyvatelstva exhaláty, protože má nulovou produkci SO_2 , prachu a popílku. Neprodukuje nebezpečný odpad a k provozu zdroje není potřeba voda a odkalovací nádrž.

V České republice je obtížné pro výstavbu větrné elektrárny vybrat správnou lokalitu a dále je problém s intenzitou větru, protože naše geografické podmínky jsou odlišné od přímořských zemí. [10]

2.1. Vítr jako energetický zdroj

Sluneční záření zapříčiní nerovnoměrný ohřev zemského povrchu a tímto vlivem vzniká vítr. Od ohřátého povrchu se ohřívá přilehlá vrstva vzduchu a teplý vzduch má tendenci stoupat vzhůru. Rotací Země je tento děj silně ovlivněn a také je ovlivněn střídáním dne a noci, což má za důsledek vznik tlakových rozdílů v zemské atmosféře. Vyrovnáváním tlakových rozdílů vzniká vítr, který vane vždy od tlakové výše k tlakové níži. Kolem tlakové níže na severní polokouli jde o spinální pohyb proti směru hodinových ručiček, u tlakové výše ve směru hodinových ručiček. Na jižní polokouli je smysl rotace u tlakové výše a níže opačný. [10]



Obr. 2.1: Princip vzniku větru [A]

Z hlediska využívání větrné energie je nejdůležitějším faktorem rychlost větru, která má majoritní vliv na celkový i využitelný výkon větru. Rychlost větru je ovlivňována členitostí zemského povrchu a platí, že směrem k němu klesá. [10]

2.1.1. Princip činnosti větrné elektrárny

Principem VtE je její schopnost přeměnit kinetickou energii větru na energii elektrickou prostřednictvím rotoru a generátoru. Větrná turbína převádí sílu proudícího vzduchu působící na listy rotoru na rotační mechanickou energii. Listy rotoru mají speciálně tvarovaný profil a pracují na principu buď vztlakové, nebo odporové síly.

Až na nepatrné výjimky jsou všechny VtE instalované v ČR v poslední době nové, moderní stroje, které jsou vyrobeny s využitím nejnovějších poznatků a inovativních technologií. Tím je dána jednak vysoká bezpečnost jejich provozu, ale také jejich hospodárnost vzhledem k vysoké míře využití větrného potenciálu lokalit, kde jsou postaveny. [11]

2.1.2. Účinnost a výkon větrné elektrárny

Účinnost: Ze zákona o zachování hmoty vyplývá, že ve větrné turbíně se kinetická energie větru mění na energii otáčivého pohybu. Veškerá energie větru není v praxi zcela využita.

Množství vzduchu dosednuté na lopatky větrné turbíny, je musí následně opustit. Maximální využití energie větru ve větrné turbíně udává Betzovo pravidlo, které dosahuje 59 % veškeré kinetické energie proudícího vzduchu skrz turbínu. Následně je nutné přičíst ztráty třením a odporem listů rotoru, převodové ztráty a ztráty v generátoru a měniči. Účinnost současných větrných elektráren se poté pohybuje mezi 75-80 % Betzova limitu při jmenovitých otáčkách. [11]

Technický dosažitelný výkon vypočítáme podle vzorce: $P_t = k_B \cdot \rho \cdot v^3 \cdot \frac{1}{2}$, kde

P_t – výkon elektrárny [W]; k_B – Betzův koeficient, roven 0,59; ρ – hustota vzduchu [kg/m³];
 v – rychlost proudění vzduchu [m/s]. (2.1) [11]

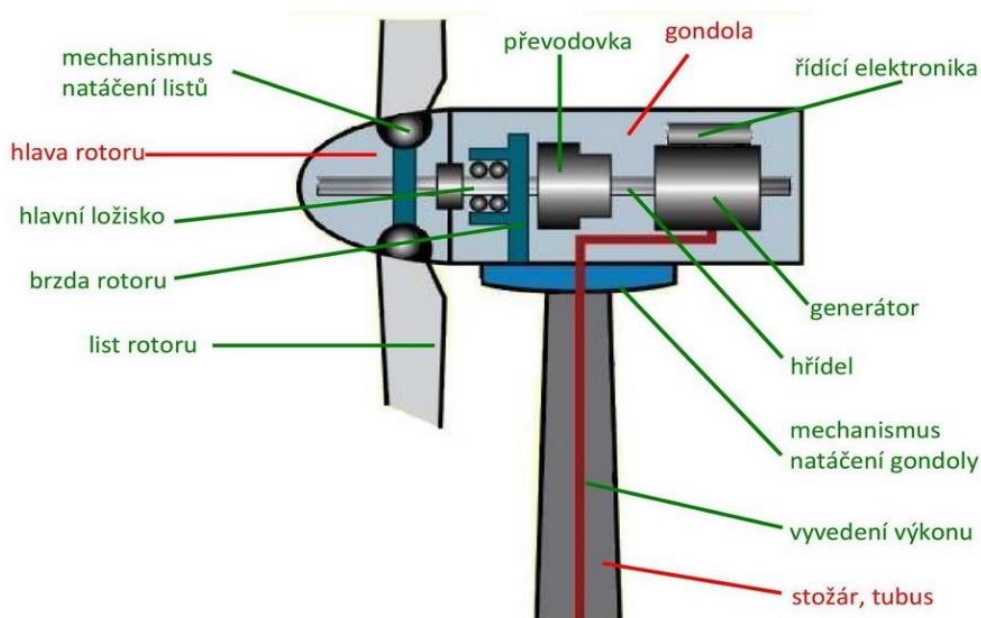
Pro reálné turbíny platí: $P = c_p \cdot \rho \cdot v^3 \cdot \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4}$, kde

c_p – součinitel výkonnosti, v ideálním případě rovný 0,59; D – průměr rotoru [m]. (2.2) [11]

2.2. Popis větrné elektrárny

Větrné elektrárny mají relativně jednoduchou montáž a demontáž. Po skončení životnosti se VtE demontují a lokalita se uvádí do původního stavu. Jediná moderní VtE o jmenovitém výkonu 2 MW ročně vyrobí v průměru 4430 MWh elektřiny, což představuje roční spotřebu 1265 domácností, tj. asi 3200 osob. V roce 2010 vyrobily VtE v České republice 335000 MWh elektrické energie, což odpovídá spotřebě 95700 domácností, tj. 24000 osob. 335000 MWh by bylo možno vyrobit spálením 335000 tun uhlí, čímž se vyprodukuje 336000 tun CO₂. [6]

2.2.1. Konstrukce větrné elektrárny

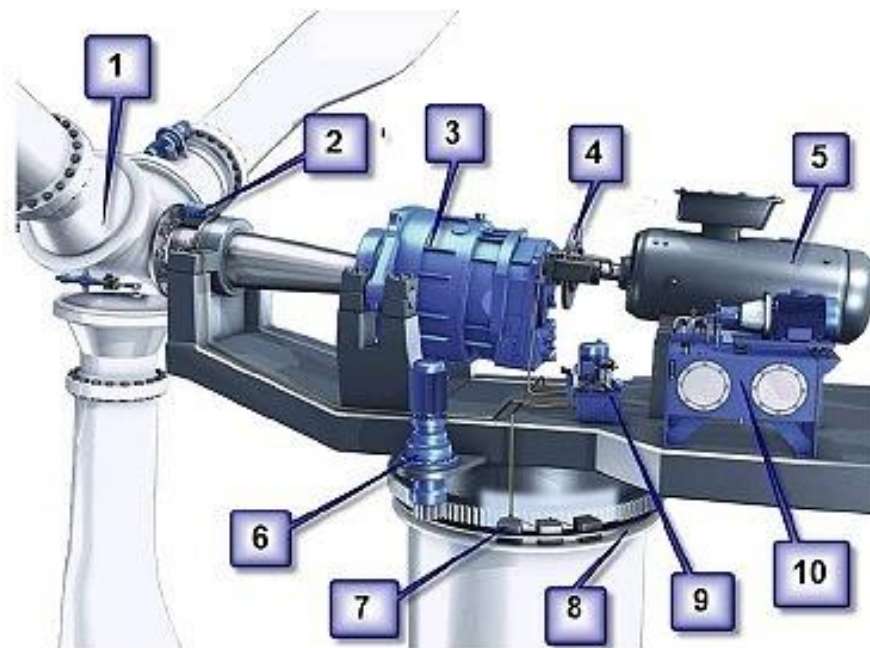


Hlavní části (vyznačeny červeně): základny, stožár, gondola, rotor

V gondole se nachází strojovna elektrárny. Rotor tvoří hlava rotoru spojená s hlavní hřídelí a listy rotoru („lopatky“).

Obr. 2.2: Konstrukce VtE [B]

2.2.2. Komponenty větrné elektrárny



Obr. 2.3: Komponenty VtE [C]

1 – rotor, 2 – brzda rotoru, 3 – převodové ústrojí, 4 – spojka a brzda generátorového hřídele, 5 – generátor, 6 – servo motor pro otáčení turbíny, 7 – brzda otočného mechanismu, 8 – ložisko, 9 – hydraulický agregát brzd, 10 – hydraulický agregát pro ovládání natočení lopatek rotoru

2.3. Rozdělení větrných elektráren

Větrné elektrárny lze rozlišit podle různých znaků:

- Podle principu aerodynamické funkce
 - Odporové turbíny
 - Vztlkové turbíny
- Podle osy otáčení
 - Horizontální
 - Vertikální
- Podle rychlostního součinitele
 - Pomaluběžné
 - Rychloběžné
- Podle umístění
 - Onshore
 - Offshore

- Podle výkonu
 - Malé
 - Střední
 - Velké
- Podle generátorů
 - Asynchronní
 - Synchronní

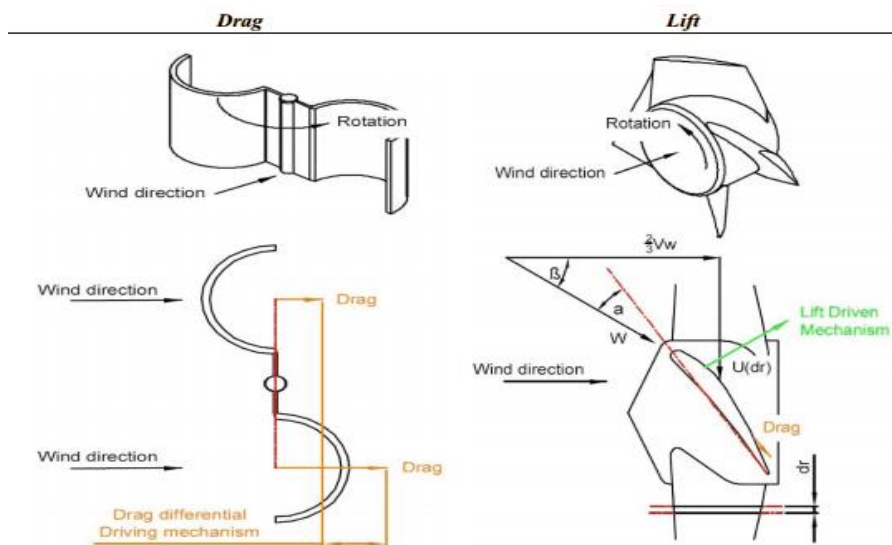
2.3.1. Princip aerodynamické funkce

Působením větru se přeměňuje kinetická energie na energii mechanickou a dále pak díky generátoru se vzniklá energie přeměňuje na elektrickou. Tento proces zajišťuje turbína, a to turbína odporová a turbína vztlaková.

Odporové turbíny (drag turbine): tento princip je jednodušší a turbíny dosahují nižší účinnosti než turbíny vztlakové, proto jsou v dnešní době málo používané. Využívá se principu rozdílu sil působících na lopatky, v důsledku jejich různého odporu vůči proudícímu vzduchu. Toho je docíleno dvěma způsoby:

- Různým tvarem lopatek: V důsledku opačného směru působení větru, v tomto případě má lopatka např. miskovitěho tvaru (viz. obrázek) různý aerodynamický odpor v závislosti na směru proudícího větru.
- Natočením lopatek: Plocha lopatek je natáčena v závislosti na pozici rotoru a směru působícího větru. Toto řešení je komplikovanější než předchozí, ale dosahuje větší účinnosti. [11]

Vztlakové turbíny (lift turbine): jsou v dnešní době nejpoužívanějším typem. Využívá se síly vznikající na rotorovém listu při obtékání vzduchem, tzv. aerodynamické vztlakové síly. Tato síla vzniká díky speciálně tvarovanému profilu lopatek. Na obrázku je možno vidět dvě síly působící na list rotoru – již zmíněnou sílu vztlakovou (lift force), která je příčinou rotačního pohybu turbíny (vrtule) a sílu odporovou (drag force), která působí proti směru pohybu a je v tomto případě nežádoucí. [11]



Obr. 2.4: Princip funkce odporové (drag) a vztlakové (lift) turbíny [C]

2.3.2. Osa otáčení rotoru

Podle osy otáčení rotoru se turbíny dělí na horizontální (anglicky označované jako HAWT – horizontal axis wind turbine) a vertikální (VAWT – vertical axis wind turbine).

Horizontální turbíny: jsou v dnešní době nejvyužívanější především z důvodu jejich vyšší účinnosti (okolo 48 %). Musí vždy směřovat proti směru větru, proto se u elektráren menších rozměrů využívá směrové lopatky a u větších větrného senzoru a servo motoru. Horizontální turbíny obsahují převodové ústrojí, které zvyšuje rotační rychlost pomaloběžného rotoru na požadovanou rychlost, která je vhodná pro pohon generátoru. [11]



Obr. 2.5: Příklad horizontální třílopatkové turbíny [D]

Vertikální turbíny: není nutné měnit jejich směr, proto se používají převážně na místech, kde se často mění směr větru. Je možno umístit generátor a převodové ústrojí na zemském povrchu, což značně zjednodušuje údržbu. Vertikální turbíny zabírají méně prostoru než horizontální turbíny, díky tomu jsou lépe využitelné ve větrných farmách, z tohoto důvodu je můžeme umístit blíže k sobě, aniž by se aerodynamicky ovlivňovaly a jsou méně hlučné. Nevýhodou je vyšší cena než u turbín horizontálních se srovnatelným výkonem a nižší účinnost (okolo 38 %).

Druhy vertikálních turbín:

- Darrierova turbína pracuje na vztlačovém principu a vyznačuje se vejcovitým tvarem rotoru. Má vyšší účinnost než ostatní vertikální turbíny (uvádí se okolo 35-38 %), ale vyžaduje vyšší rychlost větru pro start.
- Savoniova turbína pracuje na odporovém principu a lopatky mají polokruhovitý tvar. Využívá se velmi málo hlavně pro svou nízkou účinnost, je ovšem velmi jednoduchá na výrobu. Modifikací je turbína se šroubovitým tvarem lopatek, která se využívá například na lodích. [11]



Obr. 2.6: Darrierova turbína [C]



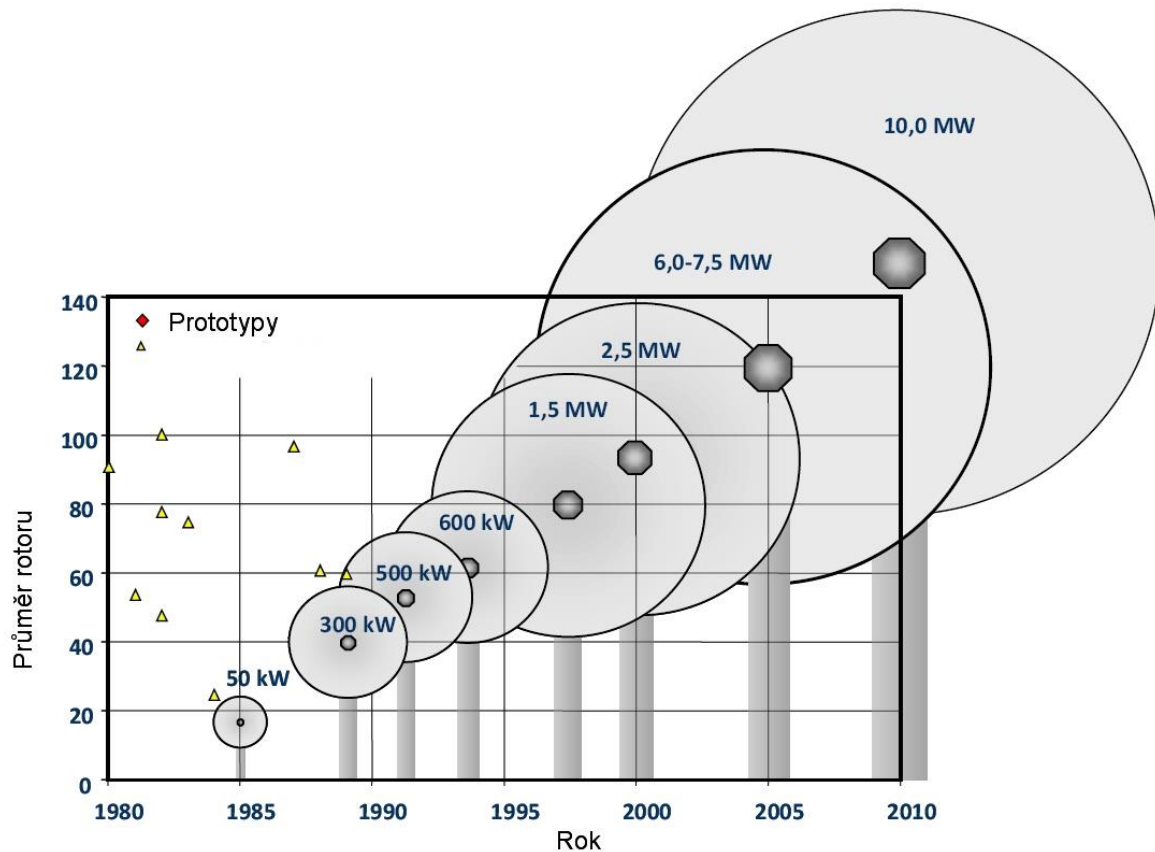
Obr. 2.7. Savoniova turbína [C]

2.3.3. Rozdělení větrných elektráren podle výkonu

Výkonnostně se dají VtE rozdělit do třech kategorií podle vyráběného výkonu - na malé, střední a velké. Úměrně s narůstajícím výkonem VtE se zvětšují jejich rozměry, poloměr turbín a primárně narůstá výkon dodávaný do sítě. [20]

Malé VtE mají výkon do 10 kW a slouží primárně k pokrytí vlastní spotřeby. Výkon středních a velkých VtE se pohybuje v řádech stovek kW až jednotek MW. Kromě velikosti se liší i

provedením a typem generátoru. Malé VtE používají synchronní generátor, větší VtE používají asynchronní generátor. Ten se hůře reguluje, ale je spolehlivější, levnější a méně náročný na údržbu. [10]



Obr. 2.8: Vývoj velikosti výkonů VtE v čase [E]

2.3.4. Rychlostní součinitel

Rychlostní součinitel neboli rychloběžnost rotoru je podíl rychlosti konce listů rotoru (U) ku rychlosti větru (v). Výsledek udává, zda je rotor VtE rychloběžný či pomaloběžný.

Rychloběžnost není kvalitativním měřítkem. Vrtule je například rychloběžným typem rotoru, ale v současné době je nejpoužívanějším typem třílistá vrtule, která je díky jednomu listu navíc méně namáhána a dosahuje menšího gyroskopického efektu [21].

2.3.5. Umístění větrných elektráren

Rozlišujeme dva druhy umístění větrných elektráren.

1. na pevné zemi na souši (onshore)
2. na rozlehlém moři (offshore)

Umístění na souši je výborné v tom, že nepotřebujeme zvláštní opatření pro výstavbu a dopravu elektrárny. Naopak k umístění elektrárny na moři je zapotřebí více dopravních prostředků, dále pak výstavba nutných plošin, na kterých elektrárna stojí, a dalších nákladných procesů. Ovšem na moři jsou mnohem lepší povětrnostní podmínky než na souši, tudíž se toto umístění také velmi využívá.



Obr. 2.9: Offshore elektrárna u Dánska [F]

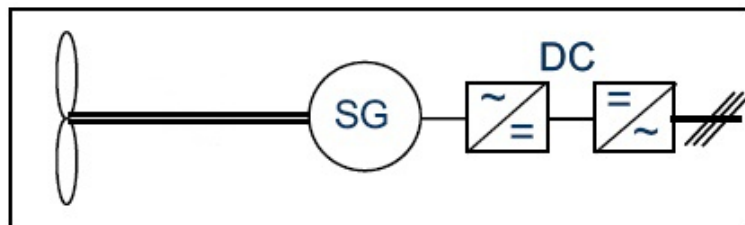
2.3.6. Generátory větrných elektráren

Elektrická energie se ve větrných elektrárnách většinou vytváří pomocí asynchronních nebo synchronních generátorů třífázového střídavého proudu. Jejich základní vlastnosti se mění podle toho, zda elektrárna pracuje samostatně a dodává elektrickou energii spotřebičům v samostatné síti, nebo je připojena na rozvodnou elektrickou síť a spolupracuje s dalšími zdroji. [22]

Synchronní:

Používá se princip mnohapólového generátoru. Je úplně vynechaná převodovka a snížila se hmotnost, hlukové emise a možnost potenciálních poruch a eliminovaly se ztráty, které vznikají v převodovce. Na rotoru je přímo umístěn jeden prstenec cívek (pólů), druhý prstenec je satorový. Podle síly větru, tedy podle velikosti vyvozeného kroučícího momentu se zapínají

jednotlivé pólové dvojice (čím vyšší rychlost větru, tím je zapnuto více pólových dvojic). Vyrobena elektrická energie se ale ještě musí upravovat výkonovou elektronikou, aby mohla být dodána do sítě (zde vznikají určité ztráty). Synchronní generátor přímo připojený na rozvodnou elektrickou síť má otáčivou rychlost konstantní, danou kmitočtem sítě a počtem pólů. [22] Nejčastějším výrobcem tohoto generátoru je německá firma Enercon.

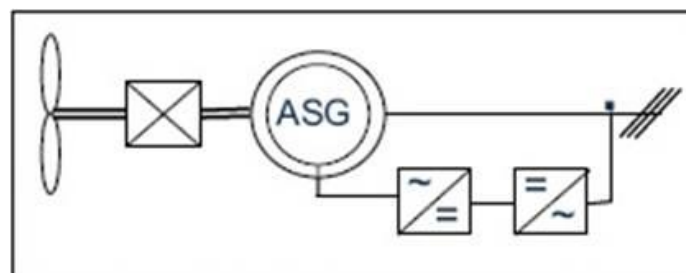


Obr. 2.10: Schéma synchronní generátoru [G]

Asynchronní:

Používá ve své konstrukci uspořádání rotor – převodovka – asynchronní generátor. Jedná se o spolehlivé konstrukční spojení, kdy asynchronní generátor je schopen činnosti v rozmezí otáček, a tedy regulace celého systému je snazší. Asynchronní generátor má otáčivou rychlost skoro konstantní. Při nulovém zatížení se jeho rychlost shoduje s otáčivou rychlostí synchronního generátoru o stejném počtu pólů a s nárůstem výkonu dodávaného do sítě se nepatrně zvyšuje. Při jmenovitém zatížení se zvýší přibližně o 1 až 2 procenta. [22]

Největším světovým výrobcem je dánská firma Vestas.



Obr. 2.11: Schéma synchronního generátoru [H]

3. Ekonomické parametry větrné elektrárny

Větrné elektrárny disponují krátkou návratností energie spotřebované při jejich výrobě a instalaci, dle výrobců se jedná o 3-6 měsíců. VtE mají minimální nárok na zábor zemědělského původního fondu v poměru k množství vyrobené elektřiny. Pokud se vybuduje v ČR všechny VtE, které jsou nyní reálně plánovány, tak se stále jedná o množství, které nemá zásadní vliv na stabilitu sítí ani na potřebu záložních zdrojů. V podmínkách ČR se jedná o druh OZE s nejnižší výkupní cenou, jejíž hodnota je nejbližší k ceně elektřiny silové. Nezanedbatelná část výroby komponentů pro VtE a činností při jejich výstavbě je vykonávána českými firmami a peníze investované do větrné energetiky tak podporují i domácí ekonomiku a pracovní místa a neodplynou do zahraničí. Po dobu životnosti VtE její provozovatel finančně přispívá obci, v jejímž katastrálním území je projekt umístěn, a podporuje tak rozvoj dané obce. [6]

3.1. Investiční záměr – časový průběh

→ 2 měsíce:

Na začátku celého projektu stojí investor a jeho nápad postavit v určité lokalitě jednu nebo více větrných elektráren. Než s takovou myšlenkou přijde na veřejnost, nejprve danou lokalitu prověří z hlediska několika kritérií:

- 1) Zhodnocení kvality větru: Větrná mapa Ústavu fyziky atmosféry Akademie věd ČR, případně data z Českého hydrometeorologického ústavu nebo blízkých stanic, zhodnocení terénu a jeho reliéfu (kopce, údolí, lesy, zástavba, měření větru v dané lokalitě, měření větru v dané výšce,...)
- 2) Zhodnocení dané lokality z hlediska zákonů: Zvláště chráněná území, NATURA 2000, lesy, bezprostřední blízkost významných památek.
- 3) Zhodnocení lokality z hlediska možnosti výstavby: Zda-li je dostatečná vzdálenost od obydlí, silnic, přístup pro dopravu dílů VtE, vhodné podloží, předpoklad připojení do rozvodné elektrické sítě.

Na základě tohoto předběžného vyhodnocení připraví investor konkrétnější podobu projektu a pokusí se s ním oslovit příslušnou obec a získat její souhlas a podporu, tzn. představí projekt zastupitelstvu obce a obyvatelům. Obec často k dané otázce uspořádá anketu či místní referendum mezi obyvateli obce. Právě obec je investorovi při realizaci projektu největším

partnerem, protože hlavně obec rozhoduje o využití vlastního katastru, spolupráce a podpora je také nezbytná v dalších řízení.

Na základě souhlasu obce se investor pustí do přípravy podkladů pro projekt a povolávací řízení: zjištění stavu elektrické sítě a možnosti připojení; zajištění souhlasu vlastníků příslušných pozemků; zajištění vyjádření některých úřadů k projektu a studií pro následující řízení (např.: ornitologický průzkum); ideálně vlastní měření větru na lokalitě po dobu min. 1 roku. [6]

→ 24 měsíců:

Jako první přichází na řadu většinou posouzení vlivů na životní prostředí – EIA, kde se hodnotí možný dopad plánovaných VtE na jejich blízké i vzdálenější okolí – zvířata, rostliny, půdu, krajinu, obyvatele a jejich zdraví a pohodu. Z vyhodnocení vzejdou další požadavky na projekt, jeho výstavbu a provoz. V naprosté většině projektů VtE probíhá tzv. velká EIA.

Výstavba VtE musí být také v souladu s územním plánem obce. Pokud s touto stavbou územní plán nepočítá, musí obec zajistit jeho změnu. Je pouze na investorovi, kdy změnu územního plánu iniciuje, změna může probíhat současně s procesem EIA nebo před ním, pokud to příslušný kraj připustí. [6]

Proces EIA (*Environmental Impact Assessment – Vyhodnocení vlivů na životní prostředí*):

Investor připraví tzv. oznámení a doručí jej příslušnému úřadu, ten oznámení zveřejní. Úřady a veřejnost mohou zaslat vyjádření k oznámení. Úřad vydá závěr zjišťovacího řízení. Investor pak zajistí vypracování dokumentace a doručí jí úřadu, ten pak opět dokumentaci zveřejní a úřad a veřejnost mohou zapsat vyjádření k dokumentaci. Dále pak úřad zadá zpracování posudku k dokumentaci a posudek je zpracován a doručen úřadu, ten opět posudek zveřejní a úřady a veřejnost mohou zaslat vyjádření. Dále nastává veřejné projednání a také vypořádání připomínek k posudku a z veřejného projednání vzniká návrh stanoviska. Nakonec úřad vydá stanovisko, které může být souhlasné, ale zároveň nesouhlasné. [17]

→ 1 měsíc:

Prokáže-li investor soulad jeho projektu s územním plánem obce, může požádat o rezervaci kapacity v elektrické síti a určení místa připojení. Než mu bude potřebná kapacita přislíbena, nechá zpracovat nezávislým odborníkem tzv. studii připojitelnosti, která prověří nejrůznějšími výpočty bezpečnost a spolehlivost sítě po připojení projektu. [6]

→ 6 měsíců:

Před zahájením územního řízení, které již řeší samotné podmínky umístění stavby a provedení výstavby, musí investor požádat o závazná stanoviska tzv. dotčené orgány, často orgány, které se vyjadřovaly již v rámci procesu EIA. Jedním ze stanovisek je i souhlas příslušného úřadu se zásahem do krajinného rázu. [6]

→ 6 měsíců:

Projde-li investor úspěšně územním řízením a získá pravomocné územní rozhodnutí o umístění stavby může požádat o vydání stavebního povolení. Samotné stavební řízení už řeší spíše technickou stránku stavby a jejího provedení. [6]

→ 6 měsíců:

Na základě pravomocného stavebního povolení zajišťuje investor financování projektu (např.: bankovní úvěr), závazně objednáva větrné elektrárny, jejich výrobu a dopravu. [6]

→ 3 měsíce:

Než se investor propracuje od nápadu ke stavebnímu povolení, uplyne 3-5 let, ve některých případech i více. Samotná stavební fáze je pak relativně krátká, v závislosti na velikosti projektu, typu technologie, vzdálenosti budovaného podzemního připojení, počítá se na týdny až několik měsíců. Montáž VtE je pak otázkou 3-5 dní v závislosti na povětrnostních podmínkách. [6]

→ 6 měsíců:

Bezprostředně po výstavbě a připojení VtE nebo větrného parku k síti následuje několikadenní, až několikaměsíční zkušební provoz, kdy provozovatel v úzké spolupráci s výrobcem VtE a provozovatelem sítě, ke které je připojena, ověřuje elektrárnu v provozu, její vlivy a doladují její nastavení. [6]

→ 2 měsíce:

Po skončení zkušebního provozu ještě stavební úřad v kolaudačním řízení ověří, že stavba byla provedena řádně dle předložené dokumentace, případně stanoví nutné podmínky pro provoz a povolí řádné užívání stavby a ostrý provoz. [6]

→ 20 let:

Po dlouhém procesu od myšlenky k výstavbě větrné elektrárny je zahájen provoz na dobu kolem 20ti let.

3.2. Určující podmínky pro stavbu větrných elektráren

Pro ekonomiku VtE je rozhodující rychlost větru v dané lokalitě. Obecně lze říci, že čím vyšší poloha, tím i větší rychlost větru, která je rozhodující pro výtěžnost větrných elektráren. Pro výpočet se bere průměrná roční rychlost větru v lokalitě. Nejpřesnější je samozřejmě měření větru v lokalitě prováděné alespoň během jednoho roku. Měření se provádí anemometrem se zápisem ve výši alespoň 10 metrů. Se zvyšující se výškou se zvyšuje i rychlost větru a to každých 10 metrů o 4-6 %.

Dále je nutno zjistit takzvanou větrnou růžici, ze které jsou patrné převládající směry větrů. V našich podmínkách se jedná o všesměrový vítr. Zjištění směru má vliv na rozestup mezi VtE na lokalitě. Nejvýhodnější rozložení směru větrů je od sebe 180°. Obvykle se uvažuje o rozmístění elektráren ve směru převládajících větrů za sebou o 7 průměrů vrtule a vedle sebe o 4 průměry vrtule. Pokud jsou větry ve všech směrech přibližně stejně velké je nutno uvažovat o vzdálenostech VtE 8-10 průměrů vrtule.

Určování větrných podmínek může být v různých lokalitách naprosto rozdílné, někdy je výhodnější postavit VtE v průduchu údolí.

Obvykle VtE začíná pracovat při rychlostech větru 2,5-3 m/s, ovšem jen s minimálním výkonem. Jmenovitá výkon dosahuje při 11-12 m/s a vypíná se při rychlostech větru 22-25 m/s. Mechanická odolnost VtE je 60 m/s, tj. při 216 km/h. Na tuto hodnotu je spočtena, ale to neznamená, že spadne. V našich podmínkách tato rychlost větru nebyla ještě nikdy naměřena. VtE se zastavuje při jakékoli rychlosti větru naklápěním listů vrtule t.z. Pitch systémem. VtE pracují v rozmezí teplot +30 - -20°C v nadmořské výšce do 1000 m, nad tuto výšku je nutná domluva s výrobcem. Připojení na rozvodnou síť je možno pomocí trafostanice mezi 10-30 kV. Při volbě lokality je třeba brát zřetel na hlučnost. Největší hluk u VtE vzniká v okamžiku, kdy list vrtule mívá sloup elektrárny, v tomto okamžiku dochází k přerušení laminárního proudění vzduchu. Hlučnost VtE je v rozmezí 100-106 dB/A.

3.3. Postup stavby větrné elektrárny

3.3.1. Transport dílů větrné elektrárny

Než přijde na řadu samotná fyzická stavba větrné elektrárny je nutné dovézt ji na konkrétní místo. Transport dílů tubusu, listů a gondoly na místo stavby je někdy dramatický. Největšími riziky jsou občasné omezení průjezdnosti vedlejších silnic pro nadrozměrné náklady, ať už jde o šířku komunikace, nosnost malých mostů, stromořadí, výšky podjezdů, poloměry zatáček nebo kruhových objezdů, případně zatáček a zúžení vozovek v obcích. Na tuto fázi stavby větrných elektráren se specializují některé speditérské firmy, jejichž „průzkumníci“ nové trasy ověřují, proměřují a volí v některých případech i taktiku průjezdu některými úseky. Není ojedinělé, že občas je třeba projet i několik set metrů pozpátku nebo přímo při transportu operativně řešit problémy, které se přece jen tu a tam vyskytnou. [23]



Obr. 3.1: Průjezd tahače s tubusem VtE [I]



Obr. 3.2: Průjezd tahače s listem rotoru VtE [I]

3.3.2. Výstavba větrné elektrárny

Na následujících snímcích je zachycen postup výstavby tubusu elektrárny. Díly tubusu, převážně čtyři, jsou jeřáby umístovány na sebe a postupně sešroubovány k sobě.



Obr. 3.3: Základy větrné elektrárny [I]



Obr 3.4: Vykládka dílů tubusu přímo k montáži [I]



Obr. 3.5: Zvedání tubusu [I]



Obr. 3.6: Sesazení dílů tubusu [I]

3.3.3. Komplementace gondoly

Další důležitou součástí větrné elektrárny je gondola. Její kompletace probíhá na zemi. Na zemi se sestaví všechny potřebné součásti gondoly s převodovkou, generátorem a osou rotoru a přírubou. Zvlášť je kompletován celý rotor a listy. Nakonec následuje propojení celé elektroinstalace, hydrauliky ovládající natáčení listů a připojení měřících a regulačních aparatur, oživení celého stroje a jeho připojení k síti. [23]



Obr. 3.7: Kompletace gondoly [I]



Obr. 3.8: Sestavení rotoru na zemi [I]



Obr. 3.9: Montáž rotoru na zemi [I]



Obr. 3.10: Zvedání gondoly [I]



Obr. 3.11: Zvedání gondoly [I]



Obr. 3.12: Usazení gondoly na vrchol věže [I]

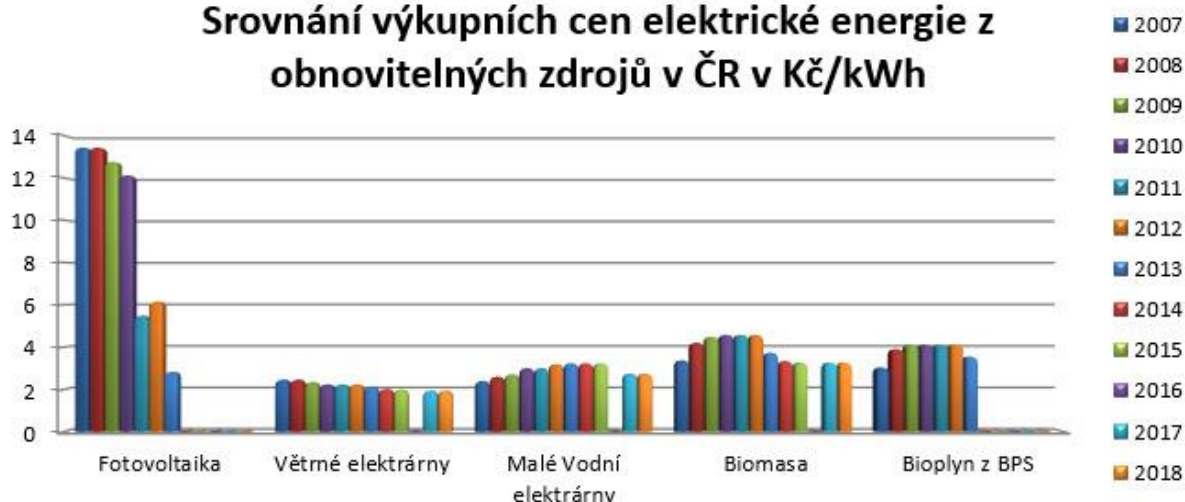


Obr. 3.13: usazení rotoru k ose převodovky [I]

3.4. Vývoj výkupních cen elektřiny

Pro srovnání vývoje výkupních cen větrné energie v České republice je zde přiložen graf a tabulka všech obnovitelných zdrojů elektřiny. Dále je přiložen graf a tabulka jen pro větrnou energii v České republice.

Srovnání výkupních cen elektrické energie z obnovitelných zdrojů v ČR v Kč/kWh



Obr. 3.14: Výkupní ceny elektřiny z OZE [J]

| Srovnání výkupních cen elektrické energie z obnovitelných zdrojů v ČR v CZK/kWh | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Zdroj | Cena | Cena | Cena | Cena | Cena | Cena | Cena | Cena | Cena | Cena | Cena | Cena |
| | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
| Fotovoltaika | 13,46 | 13,46 | 12,79 | 12,15 | 5,5 | 6,16 | 2,83 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY | 2,46 | 2,46 | 2,34 | 2,23 | 2,23 | 2,23 | 2,12 | 2,014 | 1,98 | 1,93 | 1,93 | 1,93 |
| Malé vodní elektrárny | 2,39 | 2,6 | 2,7 | 3 | 3 | 3,19 | 3,23 | 3,23 | 3,23 | 3,069 | 2,741 | 2,741 |
| Biomasa | 3,37 | 4,21 | 4,49 | 4,58 | 4,58 | 4,58 | 3,73 | 3,335 | 3,263 | 3,263 | 3,263 | 3,263 |
| Bioplyn z BPS | 3,04 | 3,9 | 4,12 | 4,12 | 4,12 | 4,12 | 3,55 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tab. 3.1: Výkupní ceny elektřiny z OZE [24]

Od roku 2012 jsou podporované pouze FVE s výkonem do 30 kWp, u FVE je proto od tohoto roku uvedena cena pro FVE s výkonem do 30 kWp.

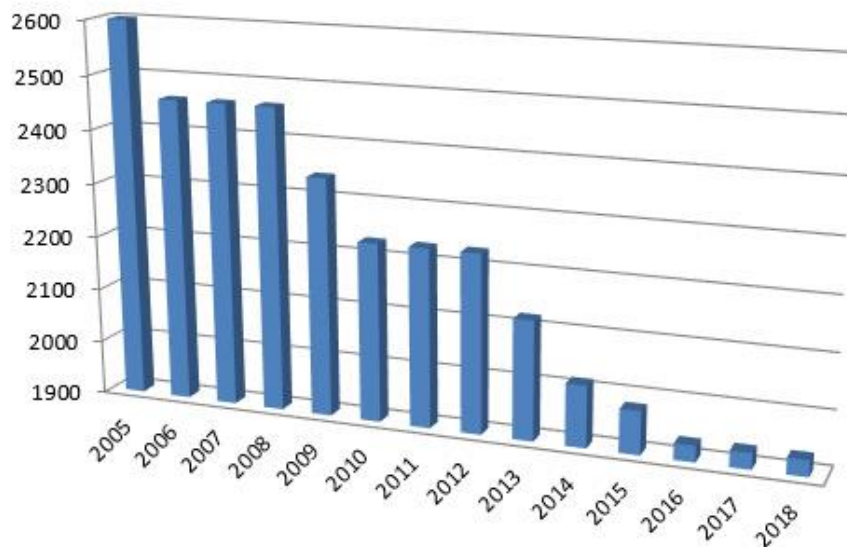
Od začátku roku 2014 je zastavena podpora pro nové větrné elektrárny, uvedená výše výkupní(referenční) ceny platí pouze pro tzv. reziduální projekty, tj. projekty s autorizací vydanou do 1.10.2013 (to samé platí v případě Biomasy a Geotermální energie). [24]

V tabulce jsou uvedené výkupní ceny platné pro zdroje uváděné v daném roce do provozu.

Od roku 2013 dochází ke změně systému podpory, jejíž součástí je omezení možnosti volit podporu formou výkupních cen, nové zdroje s výkonem nad 100 kW mají nárok na podporu pouze formou zelených bonusů. Výše obou zelených bonusů se vždy odvozuje od stanovené výkupní ceny, která tedy funguje jako referenční cena, proto budeme pro porovnání zjednodušeně i nadále používat výkupní cenu stanovenou Energetickým regulačním úřadem.

Bioplynové stanice jsou podporovány formou provozní podpory tepla. V případě fotovoltaických elektráren je poskytována podpora formou přímých investičních dotací na malé instalace s převážným využitím pro vlastní spotřebu. [24]

Vývoj výkupních cen elektřiny z větrných elektráren v Kč/MWh



Obr. 3.15: Výkupní ceny větrné energie [J]

| Vývoj výkupních cen elektřiny z větrných elektráren (CZK/MWh) | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Rok | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
| Výkupní cena | 2600 | 2460 | 2460 | 2460 | 2340 | 2230 | 2230 | 2230 | 2120 | 1980 | 1930 | 1930 | 1930 | 1930 |

Tab. 3.2: Výkupní ceny větrné energie [24]

4. Modelový výpočet podnikatelského záměru větrné elektrárny

4.1. Ekonomické zhodnocení projektu

Pro popis ekonomického zhodnocení je potřeba vysvětlit několik základních pojmů a rovnic, pomocí níž lze tyto veličiny vypočítat.

- **Prostá doba návratnosti** je nejjednodušší ekonomické kritérium k hodnocení investic, jeho nevýhodou je, že zanedbává možnost peníze vložit do jiných investicí.
- **Čistá současná hodnota** představuje diskontovanou hodnotu peněžních toků. Zahrnuje jak faktor životnosti projektu, tak možnost peníze vložit do jiného projektu.
- **Diskontní míra** je hodnota udávaná v procentech, kterou se přepočítávají budoucí příjmy a náklady na současnou hodnotu.
- **Vnitřní výnosové procento** je hodnota, která nám říká, kolik procent na dané investici vyděláme. V podstatě nám říká při jakém diskontu je čistá současná hodnota nulová.
- **Diskontovaný Cash Flow:** Když se určuje CF za delší časové období, aktualizuje se jeho hodnota pomocí diskontu a dalších kategorií složeného úrokování. Prostým součtem diskontovaného Cash Flow získáme kritérium pro hodnocení ekonomické efektivity investic.
- **Odúročitel** udává současnou hodnotu 1 Kč příjmu nebo výdaje, který se uskuteční v budoucnosti. Budoucí platbu stačí potom jen vynásobit hodnotou odúročitele. Výše odúročitele je tím menší a tím pádem pokles hodnoty tím větší, čím vyšší je kalkulační úroková míra a čím více je okamžik platby vzdálen od současnosti. Je obrácenou hodnotou úročitele. [18]

4.1.1. Vzorce pro ekonomická kritéria

Ukazatel současné hodnoty čistého toku hotovosti vychází ze vzorce:

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

kde CF_t - Cash flow v daném roce [Kč]; Th - doba hodnocení (životnost projektu) [rok]; r - diskontní míra [-]; (3.1)

K přepočtu příjmů a výdajů na stejný časový okamžik používáme diskontní míru, která u projektů větrných elektráren bývá do 9 %. **Prostá doba návratnosti T_s** se vypočte dle vztahu:

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

kde IN - investice [Kč]; CF - roční peněžní toky [Kč]; (3.2)

Diskontovaná doba návratnosti investice se vypočte:

$$\sum_{t=0}^{T_{sd}} CF_t \cdot (1+r)^{-t} - IN = 0,$$

kde T_{sd} - diskontovaná doba návratnosti [rok]; (3.3)

Vnitřní výnosové procento vychází z rovnice:

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

kde T_h - doba hodnocení (životnost projektu) [rok]; IRR - vnitřní výnosové procento [-]; (3.4)

4.1.2. Použité vzorce pro výpočty v tabulkách

Pro ekonomické zhodnocení je nezbytné nejprve určit **Cash flow neboli tok hotovostí**.

$$CF = P - V,$$

kde CF - Cash flow [Kč] (zde ze zisku); P - příjmy [Kč]; V - výdaje [Kč]; (3.5)

Diskontovaný Cash Flow:

$$DCF = CF / (1+r)^t,$$

kde CF - roční peněžní toky [Kč]; r - diskontní míra [-]; t - doba příslušného roku [rok]; (3.6)

Vzorec pro daňové rovnoměrné odepisování VtE:

$$On = \frac{PC \cdot k}{100},$$

kde PC - pořizovací cena [Kč]; k - koeficient příslušné odpisové skupiny [-]; u větrné elektrárna je v odpisové skupině číslo 4, doba odepisování je 20 let, koeficient v prvním roce $k_1 = 2,15$ a koeficient v dalších letech $k_n = 5,15$; (3.7)

Výpočet celkových výnosů (bez DPH):

$$V = C \cdot T_{Pinst} [-],$$

kde V - výnosy celkem [Kč]; C - výkupní cena elektřiny [Kč/MWh];

T_{Pinst} - roční využití P_{inst} [h/rok]. (3.8)

4.2. Větrná elektrárna č. 1

Lokalita – Krušné hory

Nadmořská výška: 935m

Investor - Green Lines s.r.o.

Uvedení do provozu – 2003

Počet VtE – 3

Typ VtE - DeWind D4

Výška osy rotoru – 60 m

Průměr rotoru – 46 m

Instalovaný výkon jedné elektrárny - 600 kW

Celkový výkon farmy – 1,8 MW

4.2.1. Vypočtené hodnoty příslušné větrné elektrárny

Kalkulace nákladů pro stanovení výše investice (bez DPH):

Větrná turbína: 84 000 000 Kč

Napojení na síť: 5 000 000 Kč

Komunikace: 4 000 000 Kč

Administrativa: 1 000 000 Kč

Cena pozemku: 300 000 Kč

Investice: 94 300 000 Kč (tato částka je stanovená z kalkulace nákladů)

Roční využití Pinst: 1 700 (hod/rok)

Doba živostnosti: 20 let

Doba daňových odpisů:

Vstupní cena: 94 300 000 Kč

Doba obnovy: 20 let

Roční provozní náklady: 3 % (v těchto nákladech jsou zahrnuty i větší opravy)

Investiční náklady na kW: 42 000 Kč/kW

4.2.2. Tabulky s výpočty

Tabulka výpočtu Zisku za příslušné roky:

| | Počet let | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|-----------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Výnosy | výkupní ceny elektřiny (Kč/MWh) | | 2 800 | 2 856 | 2 913 |
| | výroba (MWh) | | 3 060 | 3 060 | 3 060 |
| | výnosy celkem (Kč) | | 8 568 000 | 8 739 360 | 8 914 147 |
| Náklady | provozní náklady (Kč) | | 2 829 000 | 2 913 870 | 3 001 286 |
| | odpisy daňové (Kč) | | 2 027 450 | 4 856 450 | 4 856 450 |
| | celkem náklady (Kč) | | 4 856 450 | 7 770 320 | 7 857 736 |
| Zisk | základ daně (Kč) | | 3 711 550 | 969 040 | 1 056 411 |
| | daně z příjmu (Kč) | | 705 195 | 184 118 | 200 718 |
| | celkem čistý zisk (Kč) | | 3 006 356 | 784 922 | 855 693 |
| Investice | celkem investice (Kč) | 94 300 000 | 0 | 0 | 0 |
| CF | Hotovostní tok (Kč) | -94 300 000 | 5 033 806 | 5 641 372 | 5 712 143 |
| OD | Odúročitel | | 0,97087 | 0,94260 | 0,91514 |
| DCF | Diskontovaný Cash Flow | | 4 887 190 | 5 317 535 | 5 227 420 |
| KDCF | Kumulovaný Cash Flow (Kč) | -94 300 000 | -89 412 810 | -84 095 276 | -78 867 856 |

Tabulka 4.1 [vlastní hodnoty]

1. Pokračování tabulky 4.1:

| 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2 971 | 3 031 | 3 091 | 3 153 | 3 216 | 3 281 | 3 346 | 3 413 | 3 481 | 3 551 |
| 3 060 | 3 060 | 3 060 | 3 060 | 3 060 | 3 060 | 3 060 | 3 060 | 3 060 | 3 060 |
| 9 092 430 | 9 274 279 | 9 459 764 | 9 648 960 | 9 841 939 | 10 038 778 | 10 239 553 | 10 444 344 | 10 653 231 | 10 866 296 |
| 3 091 325 | 3 184 064 | 3 279 586 | 3 377 974 | 3 479 313 | 3 583 693 | 3 691 203 | 3 801 939 | 3 915 998 | 4 033 478 |
| 4 856 450 | 4 856 450 | 4 856 450 | 4 856 450 | 4 856 450 | 4 856 450 | 4 856 450 | 4 856 450 | 4 856 450 | 4 856 450 |
| 7 947 775 | 8 040 514 | 8 136 036 | 8 234 424 | 8 335 763 | 8 440 143 | 8 547 653 | 8 658 389 | 8 772 448 | 8 889 928 |
| 1 144 655 | 1 233 764 | 1 323 728 | 1 414 536 | 1 506 176 | 1 598 635 | 1 691 900 | 1 785 955 | 1 880 783 | 1 976 368 |
| 217 485 | 234 415 | 251 508 | 268 762 | 286 173 | 303 741 | 321 461 | 339 331 | 357 349 | 375 510 |
| 927 171 | 999 349 | 1 072 220 | 1 145 774 | 1 220 002 | 1 294 894 | 1 370 439 | 1 446 623 | 1 523 435 | 1 600 858 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 783 621 | 5 855 799 | 5 928 670 | 6 002 224 | 6 076 452 | 6 151 344 | 6 226 889 | 6 303 073 | 6 379 885 | 6 457 308 |
| 0,88849 | 0,86261 | 0,83748 | 0,81309 | 0,78941 | 0,76642 | 0,74409 | 0,72242 | 0,70138 | 0,68095 |
| 5 138 672 | 5 051 264 | 4 965 167 | 4 880 357 | 4 796 808 | 4 714 493 | 4 633 390 | 4 553 474 | 4 474 723 | 4 397 113 |
| -73 729 183 | -68 677 920 | -63 712 752 | -58 832 395 | -54 035 587 | -49 321 094 | -44 687 704 | -40 134 230 | -35 659 507 | -31 262 394 |

2. Pokračování tabulky 4.1:

| | | | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|
| 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
| 3 622 | 3 695 | 3 768 | 3 844 | 3 921 | 3 999 | 4 079 | 4 161 |
| 3 060 | 3 060 | 3 060 | 3 060 | 3 060 | 3 060 | 3 060 | 3 060 |
| 11 083 622 | 11 305 294 | 11 531 400 | 11 762 028 | 11 997 268 | 12 237 214 | 12 481 958 | 12 731 597 |
| 4 154 482 | 4 279 116 | 4 407 490 | 4 539 715 | 4 675 906 | 4 816 183 | 4 960 669 | 5 109 489 |
| 4 856 450 | 4 856 450 | 4 856 450 | 4 856 450 | 4 856 450 | 4 856 450 | 4 856 450 | 0 |
| 9 010 932 | 9 135 566 | 9 263 940 | 9 396 165 | 9 532 356 | 9 672 633 | 9 817 119 | 5 109 489 |
| 2 072 690 | 2 169 728 | 2 267 460 | 2 365 863 | 2 464 913 | 2 564 581 | 2 664 840 | 7 622 109 |
| 393 811 | 412 248 | 430 817 | 449 514 | 468 333 | 487 270 | 506 320 | 1 448 201 |
| 1 678 879 | 1 757 479 | 1 836 643 | 1 916 349 | 1 996 579 | 2 077 310 | 2 158 520 | 6 173 908 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 535 329 | 6 613 929 | 6 693 093 | 6 772 799 | 6 853 029 | 6 933 760 | 7 014 970 | 6 173 908 |
| 0,66112 | 0,64186 | 0,62317 | 0,60502 | 0,58739 | 0,57029 | 0,55368 | 0,53755 |
| 4 320 622 | 4 245 230 | 4 170 914 | 4 097 655 | 4 025 432 | 3 954 227 | 3 884 019 | 3 318 780 |
| -26 941 772 | -22 696 543 | -18 525 628 | -14 427 973 | -10 402 541 | -6 448 314 | -2 564 296 | 754 484 |

Tabulka doplňujících hodnot pro výpočty:

| | Doplňující hodnoty | |
|---|---------------------------------|-------|
| r | Diskont | 3% |
| | Roční využití Pinst (h) | 1 700 |
| | Instalovaný výkon (MW) | 1,8 |
| | Daňová sazba | 19% |
| | Provozní náklady NP (% z IN) | 3% |
| | Procento pro výkupní cenu el. | 2% |
| | Roční odpisová sazba 1. rok | 2,15% |
| | Roční odpisová sazba další roky | 5,15% |

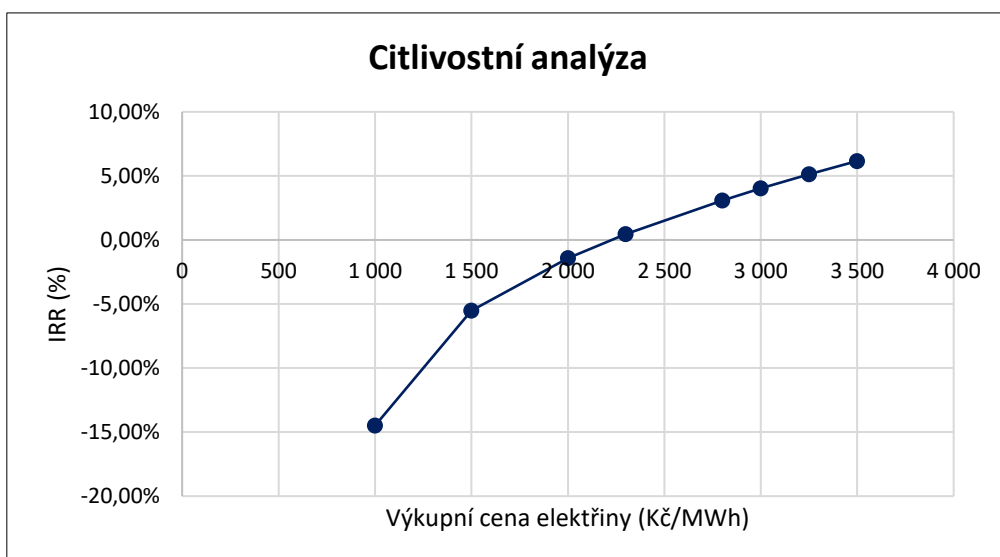
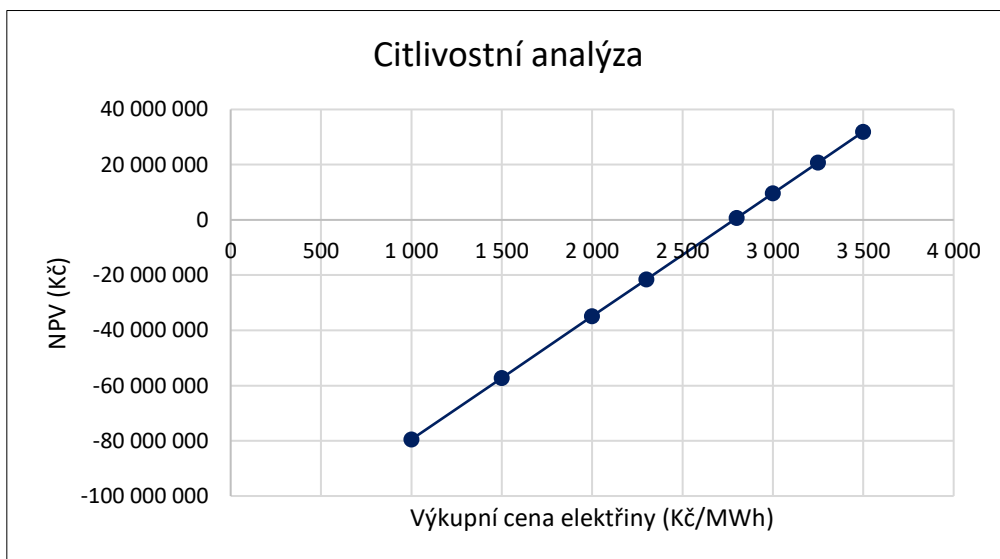
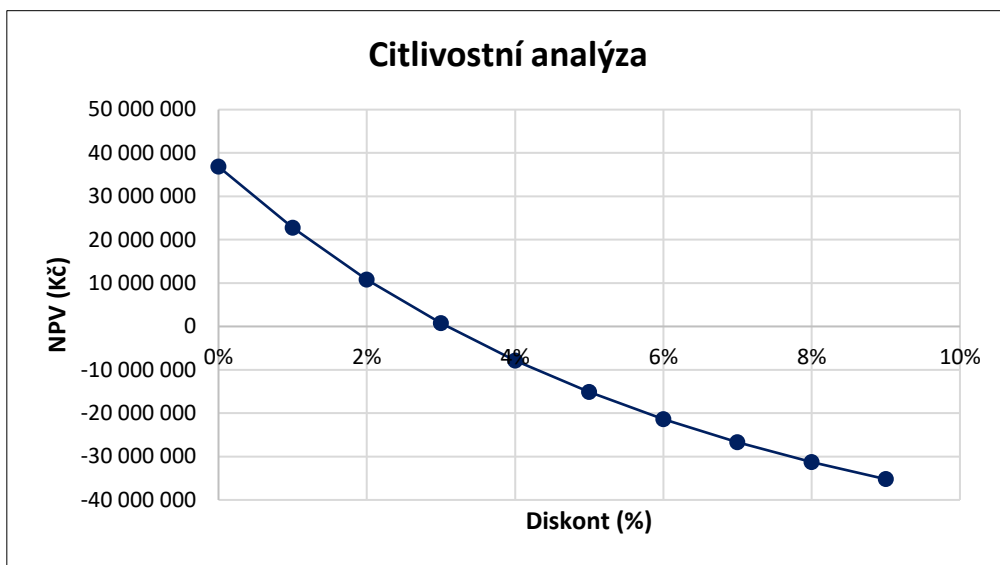
Tabulka 4.2 [vlastní hodnoty]

Tabulka výpočtu hotovostních kritérií:

| HOTOVOSTNÍ KRITÉRIA | |
|---------------------|---------|
| NPV | 732 509 |
| IRR | 3,08% |
| Ts (roků) | 15 |
| Tsd (roků) | 21 |

Tabulka 4.3 [vlastní hodnoty]

4.2.3. Citlivostní analýzy



4.3. Větrná elektrárna č. 2

Lokalita – Krušné hory

Nadmořská výška: 935m

Uvedení do provozu – 2010

Počet VtE – 1

Typ VtE - DeWind D4

Výška osy rotoru – 108 m

Průměr rotoru – 82 m

Instalovaný výkon jedné elektrárny – 2,3 MW

Celkový výkon farmy – 2,3 MW

4.3.1. Vypočtené hodnoty příslušné větrné elektrárny

Kalkulace nákladů pro stanovení výše investice (bez DPH):

Větrná turbína: 85 000 000 Kč

Napojení na síť: 6 000 000 Kč

Komunikace: 4 000 000 Kč

Administrativa: 1 000 000 Kč

Cena pozemku: 300 000 Kč

Investice: 96 300 000 Kč (tato částka je stanovená z kalkulace nákladů)

Roční využití Pinst: 2 156 (hod/rok)

Doba živostnosti: 20 let

Doba daňových odpisů:

Vstupní cena: 96 300 000 Kč

Doba obnovy: 20 let

Roční provozní náklady: 3 % (v těchto nákladech jsou zahrnuty i větší opravy)

Investiční náklady na kW: 42 500 Kč/kW

4.3.2. Tabulky s výpočty

Tabulka výpočtu Zisku za příslušné roky:

| | Počet let | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
|-----------|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Výnosy | výkupní ceny elektřiny (Kč/MWh) | | 2 230 | 2 275 | 2 320 |
| | výroba (MWh) | | 4 980 | 4 980 | 4 980 |
| | výnosy celkem (Kč) | | 11 104 285 | 11 326 371 | 11 552 898 |
| Náklady | provozní náklady (Kč) | | 2 889 000 | 2 975 670 | 3 064 940 |
| | odpisy daňové (Kč) | | 2 070 450 | 4 959 450 | 4 959 450 |
| | celkem náklady (Kč) | | 4 959 450 | 7 935 120 | 8 024 390 |
| Zisk | základ daně (Kč) | | 6 144 835 | 3 391 251 | 3 528 508 |
| | daně z příjmu (Kč) | | 1 167 519 | 644 338 | 670 417 |
| | celkem čistý zisk (Kč) | | 4 977 316 | 2 746 913 | 2 858 091 |
| Investice | celkem investice (Kč) | 96 300 000 | 0 | 0 | 0 |
| CF | Hotovostní tok (Kč) | -96 300 000 | 7 047 766 | 7 706 363 | 7 817 541 |
| OD | Odúročitel | | 0,94340 | 0,89000 | 0,83962 |
| DCF | Diskontovaný Cash Flow | | 6 648 836 | 6 858 636 | 6 563 759 |
| KDCF | Kumulovaný Cash Flow (Kč) | -96 300 000 | -89 651 164 | -82 792 528 | -76 228 770 |

Tabulka 4.4 [vlastní hodnoty]

1. Pokračování tabulky 4.4:

| 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2 366 | 2 414 | 2 462 | 2 511 | 2 562 | 2 613 | 2 665 | 2 718 | 2 773 |
| 4 980 | 4 980 | 4 980 | 4 980 | 4 980 | 4 980 | 4 980 | 4 980 | 4 980 |
| 11 783 956 | 12 019 635 | 12 260 028 | 12 505 228 | 12 755 333 | 13 010 440 | 13 270 648 | 13 536 061 | 13 806 783 |
| 3 156 888 | 3 251 595 | 3 349 143 | 3 449 617 | 3 553 106 | 3 659 699 | 3 769 490 | 3 882 574 | 3 999 052 |
| 4 959 450 | 4 959 450 | 4 959 450 | 4 959 450 | 4 959 450 | 4 959 450 | 4 959 450 | 4 959 450 | 4 959 450 |
| 8 116 338 | 8 211 045 | 8 308 593 | 8 409 067 | 8 512 556 | 8 619 149 | 8 728 940 | 8 842 024 | 8 958 502 |
| 3 667 618 | 3 808 590 | 3 951 435 | 4 096 161 | 4 242 777 | 4 391 291 | 4 541 709 | 4 694 037 | 4 848 281 |
| 696 847 | 723 632 | 750 773 | 778 271 | 806 128 | 834 345 | 862 925 | 891 867 | 921 173 |
| 2 970 770 | 3 084 958 | 3 200 662 | 3 317 891 | 3 436 650 | 3 556 946 | 3 678 784 | 3 802 170 | 3 927 108 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 930 220 | 8 044 408 | 8 160 112 | 8 277 341 | 8 396 100 | 8 516 396 | 8 638 234 | 8 761 620 | 8 886 558 |
| 0,79209 | 0,74726 | 0,70496 | 0,66506 | 0,62741 | 0,59190 | 0,55839 | 0,52679 | 0,49697 |
| 6 281 477 | 6 011 250 | 5 752 557 | 5 504 904 | 5 267 817 | 5 040 841 | 4 823 545 | 4 615 512 | 4 416 347 |
| -69 947 292 | -63 936 043 | -58 183 485 | -52 678 581 | -47 410 764 | -42 369 923 | -37 546 378 | -32 930 866 | -28 514 519 |

2. Pokračování tabulky 4.4:

| | | | | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 |
| 2 828 | 2 885 | 2 942 | 3 001 | 3 061 | 3 123 | 3 185 | 3 249 | 3 314 |
| 4 980 | 4 980 | 4 980 | 4 980 | 4 980 | 4 980 | 4 980 | 4 980 | 4 980 |
| 14 082 918 | 14 364 577 | 14 651 868 | 14 944 906 | 15 243 804 | 15 548 680 | 15 859 653 | 16 176 846 | 16 500 383 |
| 4 119 023 | 4 242 594 | 4 369 872 | 4 500 968 | 4 635 997 | 4 775 077 | 4 918 329 | 5 065 879 | 5 217 855 |
| 4 959 450 | 4 959 450 | 4 959 450 | 4 959 450 | 4 959 450 | 4 959 450 | 4 959 450 | 4 959 450 | 0 |
| 9 078 473 | 9 202 044 | 9 329 322 | 9 460 418 | 9 595 447 | 9 734 527 | 9 877 779 | 10 025 329 | 5 217 855 |
| 5 004 445 | 5 162 533 | 5 322 547 | 5 484 488 | 5 648 357 | 5 814 153 | 5 981 874 | 6 151 517 | 11 282 528 |
| 950 845 | 980 881 | 1 011 284 | 1 042 053 | 1 073 188 | 1 104 689 | 1 136 556 | 1 168 788 | 2 143 680 |
| 4 053 601 | 4 181 652 | 4 311 263 | 4 442 435 | 4 575 169 | 4 709 464 | 4 845 318 | 4 982 729 | 9 138 848 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 013 051 | 9 141 102 | 9 270 713 | 9 401 885 | 9 534 619 | 9 668 914 | 9 804 768 | 9 942 179 | 9 138 848 |
| 0,46884 | 0,44230 | 0,41727 | 0,39365 | 0,37136 | 0,35034 | 0,33051 | 0,31180 | 0,29416 |
| 4 225 670 | 4 043 118 | 3 868 344 | 3 701 017 | 3 540 818 | 3 387 444 | 3 240 603 | 3 100 018 | 2 688 241 |
| -24 288 849 | -20 245 731 | -16 377 386 | -12 676 369 | -9 135 551 | -5 748 107 | -2 507 504 | 592 515 | 3 280 756 |

Tabulka doplňujících hodnot pro výpočty:

| | Doplňující hodnoty | |
|---|---------------------------------|-------|
| r | Diskont | 6% |
| | Roční využití Pinst (h) | 2 165 |
| | Instalovaný výkon (MW) | 2,3 |
| | Daňová sazba | 19% |
| | Provozní náklady NP (% z IN) | 3% |
| | Procento pro výkupní cenu el. | 2% |
| | Roční odpisová sazba 1. rok | 2,15% |
| | Roční odpisová sazba další roky | 5,15% |

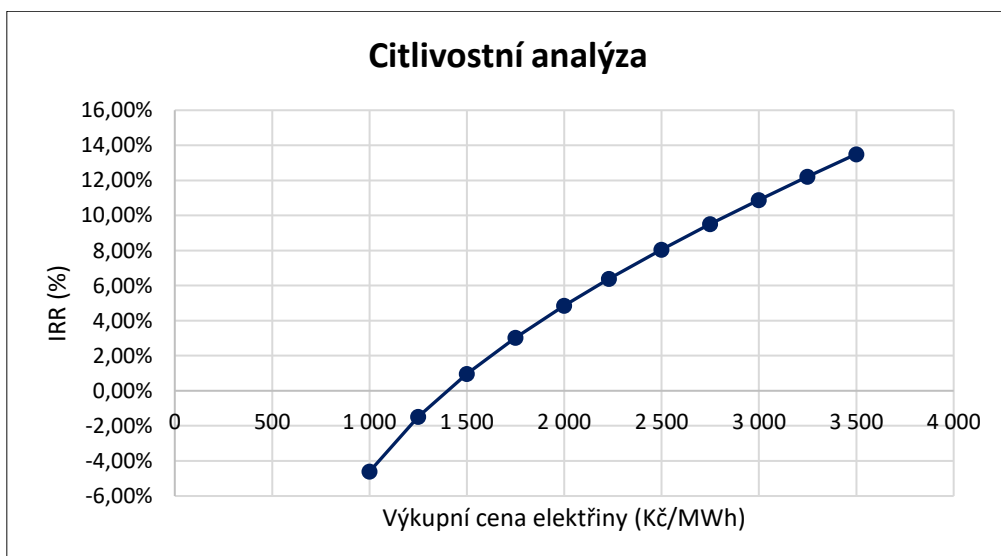
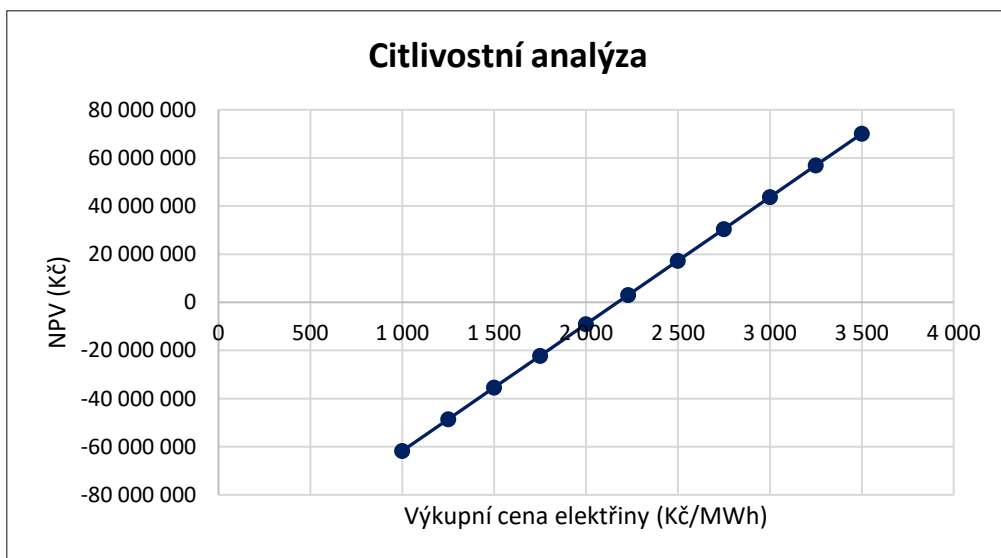
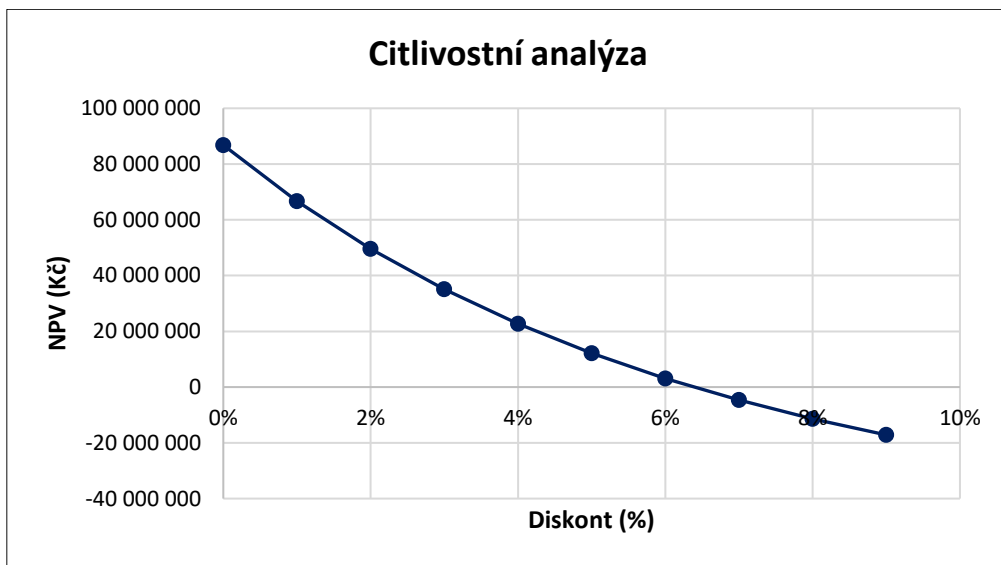
Tabulka 4.5 [vlastní hodnoty]

Tabulka výpočtu hotovostních kritérií:

| HOTOVOSTNÍ KRITÉRIA | |
|---------------------|-----------|
| NPV | 3 095 053 |
| IRR | 6,38% |
| Ts (roků) | 11 |
| Tsd (roků) | 20 |

Tabulka 4.6 [vlastní hodnoty]

4.3.3. Citlivostní analýzy



4.4. Zhodnocení modelových výpočtů pro větrné elektrárny

Pro modelový výpočet větrných elektráren jsem použila větrné elektrárny z Krušných hor, protože v Krušných horách jsou nejlepší větrné podmínky pro výstavbu větrných elektráren.

Větrná elektrárna č. 1 má celkový instalovaný výkon 1,8 MW s ročním využitím instalované výkonu 1 700 hod/rok. Investice pro větrnou elektrárnu jsem propočítala na částku 94 300 000 Kč. Tato elektrárna byla uvedena do provozu v roce 2003, a proto má výkupní cenu elektřiny 2800 Kč/MWh a podle zákona byla výkupní cena pro další roky indexována 2 %. Životnost elektrárny jsem stanovila na dobu 20ti let pro výpočet NPV a IRR. Čistá současná hodnota (NPV) s diskontem 3 %, který jsem převzala z výpočtu vnitřního výnosového procenta (IRR), vyšla kladná. Prostou dobu návratnosti jsem vypočítala na 15 let, což je o 5 let dříve než, jak jsem stanovila dobu životnosti to znamená, že tato elektrárna začne po 15 letech od uvedení do provozu tvořit zisk.

Větrná elektrárna č. 2 má celkový instalovaný výkon 2,3 MW s ročním využitím instalované výkonu 2 165 hod/rok. Investice pro větrnou elektrárnu jsem propočítala na částku 96 300 000 Kč. Tato elektrárna byla uvedena do provozu v roce 2010, a proto má výkupní cenu elektřiny 2230 Kč/MWh a podle zákona byla výkupní cena pro další roky indexována 2 %. Životnost elektrárny jsem stanovila na dobu 20ti let pro výpočet NPV a IRR. Čistá současná hodnota (NPV) s diskontem 6 %, který jsem převzala z výpočtu vnitřního výnosového procenta (IRR), vyšla kladná. Prostou dobu návratnosti jsem vypočítala na 11 let, což je o 9 let dříve než, jak jsem stanovila dobu životnosti to znamená, že tato elektrárna začne po 11 letech od uvedení do provozu tvořit zisk.

Podle výpočtů jsem zhodnotila, že elektrárna č. 2 je mnohem výhodnější, díky vysokému výkonu a ročním využití instalovaného výkonu. Investice pro elektrárnu č. 1 jsou nižší než pro č. 2, kvůli vyššímu výkonu elektrárny a přípojce do sítě, která má dlouhou vzdálenost. Dále výkupní cena elektřiny je nižší v roce 2010 než v roce 2004. Nejdůležitějším aspektem pro vybrání nejlepšího projektu je podle mého názoru prostá doba návratnosti, což ukazuje, kdy bude elektrárna schopna dosáhnout mimořádně vysokých zisků. Větrná elektrárna č. 2 má dobu návratnosti 11 let, a proto je výhodnější než elektrárna č. 1 s dobou návratností 15 let.

5. Závěr

Cílem mé práce bylo přiblížit problematiku o podpoře obnovitelných zdrojů elektrické energie. Moje práce se zabývá moderními obnovitelnými zdroji elektrické energie, a to s ohledem na životní prostředí a jejich ekonomickou rentabilitu. Konkrétně je tato práce o technicko-ekonomickém zhodnocení větrné elektrárny.

V úvodní kapitole jsem popsala dosavadní systém podpory obnovitelných zdrojů elektrické energie a příslušné zákony. Dále jsem se zmínila o novém systému podpory, a to ve formě aukcí pro obnovitelné zdroje elektrické energie. Tyto aukce běží již v jiných zemích Evropské Unie, konkrétně zmiňuji aukce v Německu a ve Francii. V České republice by měly vyjít v platnost v roce 2019.

V druhé kapitole jsem se věnovala větrné energii z hlediska technických vlastností. A to na jakém principu činnosti pracuje větrná elektrárna. Dále jsem vysvětlila její výkon a účinnost. Také jsem popsala konstrukci elektrárny jako celku. Větrných elektráren je mnoho, a proto se také v mé práci zabývám rozdělením podle určitých funkcí.

Třetí kapitola pojednává o ekonomických parametrech větrných elektráren. Zde se zabývám investorským záměrem od projektu k výstavbě až po vlastní provoz větrné elektrárny. Dále pak jsou zde probírány podmínky, které se řeší při výběru lokality, výstavbě a jiných potřebných procesů.

V poslední části mé práce jsem se zabývala ekonomickým zhodnocením investic větrných elektráren. Spočítala jsem výši potřebných investic pro výstavbu větrných elektráren. Dále jsem spočítala doby návratnosti z investic, čistou současnou hodnotu a vnitřní výnosové procento.

Kdybych chtěla investovat do obnovitelných zdrojů větrných elektráren pro svůj projekt, bych si vybrala elektrárnu č. 2.

6. Seznam zdrojů

6.1. Seznam zdrojů literatury

[1] Energetický regulační úřad [online]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/cs/poze>

[2] Ministerstvo průmyslu a obchodu, legislativa [online]. Dostupné z: <https://www.mpo-efekt.cz/cz/legislativa>

[3] Zákony pro lidi – sbírka zákonů [online]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2005-180>

[4] Energetický regulační úřad [online]. Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/4697359/Informace_CR+POZE_3_2018.pdf/37e3e93f-5537-46ce-bed6-048bd8680d1c

[5] Renewable Energy Auctions, n.d. [online]. Studie dostupná z: <http://www.irena.org/publications/2015/Jun/Renewable-Energy-Auctions-A-Guide-to-Design>

[6] Studie - Větrné elektrárny v ČR - ČSVE - Větrné elektrárny | Větrná energie [online]. Dostupné z: <http://csve.cz/cz/detail-kategorie/studie/26>

[7] Renewable Energy and Electricity | Sustainable Energy | Renewable Energy - World Nuclear Association [online]. Dostupné z: <http://www.world-nuclear.org/information-library/energy-and-the-environment/renewable-energy-and-electricity.aspx>

[8] Renewable Energy Support Policies in Europe | Climate Policy Info Hub, n.d. [online]. Dostupné z: <https://climatepolicyinfohub.eu/renewable-energy-support-policies-europe>

[9] OZE budou o podporu v ČR soutěžit v aukcích, stojí to v návrhu zákona, 2018 [online]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/elektrarny-cr/oze-budou-o-podporu-v-cr-soutezit-v-aukcich-stoji-to-v-navrhu-zakona/>

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

[11] Větrné elektrárny - princip, rozdělení, elektrárny v ČR, 2015 [online]. Dostupné z:

<http://oenergetice.cz/elektrina/vetrne-elektrarny-princip-cinnosti-zakladni-rozdeleni/>

[12] Ministerstvo průmyslu a obchodu [online]. Článek dostupný z:

<https://www.mpo.cz/cz/rozcestnik/pro-media/tiskove-zpravy/podpora-pro-obnovitelne-zdroje-energie-2-0--233809/>

[13] Aukční řízení – nový systém podpory obnovitelných zdrojů v České republice - TZB-

info, n.d. [online]. Článek dostupný z: <https://oze.tzb-info.cz/17012-aukcni-rizeni-novy-system-podpory-obnovitelnych-zdroju-v-ceske-republice>

[14] Podpora OZE prostřednictvím aukcí bude zavedena i v ČR. Jak by měly aukce vypadat?

n.d. [online]. Článek dostupný z: <https://oze.tzb-info.cz/16963-podpora-oze-prostrednictvim-aukci-bude-zavedena-i-v-cr-jak-by-mely-aukce-vypadat>

[15] Aukce na podporu obnovitelných zdrojů - jak fungují jinde v Evropě? [online]. Článek

dostupný z: <https://frankbold.org/zpravodaj/kategorie/aktualne/aukce-na-podporu-obnovitelnych-zdroju-jak-funguji-jinde-v-evrope>

[16] Green Lines :::..... | Projekty větrných elektráren - Loučná [online]. Dostupné z:

<http://greenlines.cz/loucna.php>

[17] frankbold.org - Co je to EIA? [online]. Článek dostupný z:

<https://frankbold.org/poradna/kategorie/eia-a-ippc/rada/co-je-eia>

[18] Převzato z přednášky EPD 5. a 6. Kritéria efektivnosti

[19] Studijní materiály převzaté z přednášky od Akademie Českých věd

[20] VOTRUBA, Jan. Největší větrná turbína na světě byla uvedena do provozu [online]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/nejvetsi-vetrna-turbinasvete-byla-uvedena-provozu/>

[21] Počet listů rotoru větrné elektrárny – Větrné elektrárny. Česká společnost pro větrnou energii [online]. Dostupné z: <http://www.csve.cz/cz/clanky/pocet-listurotoru-vetrne-elektrarny/310#prettyPhoto>

[22] RYCHETNÍK, Václav, PAVELKA Jiří a JANOUŠEK Josef. Větrné motory a elektrárny. 1. vyd. Praha: ČVUT, 1997, 199 s. ISBN 80-010-1563-7.

[23] Stavba větrné elektrárny – TZB-info.cz [online]. Článek dostupný z: <https://oze.tzb-info.cz/vetrna-energie/14893-jak-se-stavi-vetrna-elektrarna>

[24] Vývoj výkupních cen větrné energie a ostatních obnovitelných zdrojů – ČSVE.cz [online]. Článek dostupný z: <http://csve.cz/clanky/vyvoj-vykupnich-cen-vetrne-energie-a-ostatnich-obnovitelnych-zdroju/278>

6.2. Seznam zdrojů obrázků

[A] Obr. 2.1: Princip vzniku větru – Mastný, P., Studijní podklady předmětu Malé zdroje elektrické energie, 2011, Ústav elektroenergetiky FEKT VUT v Brně

[B] Obr. 2.2: Konstrukce větrné elektrárny – Větrné elektrárny Tomáš Kostka [online]. Dostupné z: https://www.outech-havirov.cz/skola/files/knihovna_eltech/ee/elektrarny_vetna.pdf

[C] Obr. 2.3: Komponenty větrné elektrárny,

Obr. 2.4: Princip funkce odporové (drag) a vztlačové turbíny (lift)

Obr. 2.6: Darrierova turbína

Obr. 2.7. Savoniova turbína – oenergetice.cz [online]. Dostupné z:

<http://oenergetice.cz/elektrina/vetrne-elektrarny-princip-cinnosti-zakladni-rozdeleni/>

[D] Obr. 2.5: Příklad horizontální třílopatkové turbíny – Benešovský deník.cz [online]. Dostupné z: https://benesovsky.denik.cz/zpravy_region/boj-proti-obrimu-vetrniku-v-kozmicich-trva-dal-20170804.html

[E] Obr. 2.8: Vývoj velikosti výkonů VtE v čase – ČSVE [online]. Dostupné z: <http://www.csve.cz/cz/clanky/velikost-vetrne-elektrarny-a-jeji-vyvoj/110>

[F] Obr. 2.9: Offshore elektrárna u Dánska – Siemens [online]. Dostupné z: <https://www.siemens.com/press/en/feature/2013/energy/2013-09-anholt.php#ii146>

[G] Obr. 2.10: Schéma synchronní generátoru – ČSVE [online]. Dostupné z: [http://www.csve.cz/cz/clanky/strojovna-vetrne-elektrarny-bez-prevodovky-s-multipolovymsynchronnim-generatorem-\(vyrobce-enercon\)/333](http://www.csve.cz/cz/clanky/strojovna-vetrne-elektrarny-bez-prevodovky-s-multipolovymsynchronnim-generatorem-(vyrobce-enercon)/333)

[H] Obr. 2.11: Schéma asynchronní generátoru – ČSVE [online]. Dostupné z: [http://www.csve.cz/cz/clanky/strojovna-vetrne-elektrarny-bez-prevodovky-s-multipolovymsynchronnim-generatorem-\(vyrobce-enercon\)/332](http://www.csve.cz/cz/clanky/strojovna-vetrne-elektrarny-bez-prevodovky-s-multipolovymsynchronnim-generatorem-(vyrobce-enercon)/332)

[I] Obr. 3.1: Průjezd tahače s tubusem VtE,

Obr. 3.2: Průjezd tahače s listem rotoru VtE,

Obr. 3.3: Základy větrné elektrárny,

Obr. 3.4: Vykládka dílů tubusu přímo k montáži,

Obr. 3.5: Zvedání tubusu,

Obr. 3.6: Sesazení dílů tubusu,

Obr. 3.7: Kompletace gondoly,

Obr. 3.8: Sestavení rotoru na zemi,

Obr. 3.9: Montáž rotoru na zemi,

Obr. 3.10: Zvedání gondoly,

Obr. 3.11: Zvedání gondoly,

Obr. 3.12: Usazení gondoly na vrchol věže,

Obr. 3.13: usazení rotoru k ose převodovky – TZB-info.cz [online]. Článek dostupný z: <https://oze.tzb-info.cz/vetrna-energie/14893-jak-se-stavi-vetrna-elektrarna>

[J] Obr. 3.14: Výkupní ceny elektřiny z OZE,

Obr. 3.15: Výkupní ceny větrné energie – ČSVE.cz [online]. Článek dostupný z:
<http://csve.cz/clanky/vyvoj-vykupnich-cen-vetrne-energie-a-ostatnich-obnovitelnych-zdroju/278>