

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra elektroenergetiky a ekologie

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Využití potenciálu větrné energie

Originál (kopie) zadání BP/DP

Abstrakt

Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na využití potenciálu větrné energie v České republice a ostatních evropských státech. Snahou je vytvořit určitý přehled, který může sloužit jako úvod do celé této problematiky. Práce je rozdělena do tří hlavních částí, ve kterých je postupně probrána celá problematika. V první části se zabývá vznikem větru, jeho historickým využitím a celkovými technickými parametry. Druhá část práce popisuje legislativní, technické a přírodní podmínky v České republice. Poslední kapitola se zabývá porovnáním využití větrné energie v České republice s ostatními evropskými státy a jejich dosavadní využívání větrné energie.

Klíčová slova

obnovitelné zdroje energie, potenciál větrné energie, větrná elektrárna, Česká republika, legislativa

Abstract

This bachelor thesis is focused on exploiting the potential of wind energy in the Czech Republic and other European countries. The effort is to create an overview that can serve as an introduction to this issue. The thesis is divided into three main parts in which the whole issue is discussed. The first part deals with the emergence of wind, its historical use and overall technical parameters. The second part describes the legislative, technical and natural conditions in the Czech Republic. The last chapter deals with comparison of the use of wind energy in the Czech Republic with other European states and their current use of wind energy.

Key words

renewable sources of energy, potential of wind energy, wind turbine, Czech Republic, legislative

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....

Podpis

V Plzni dne 8.6.2017

Václav Folk

Poděkování

Tímto způsobem bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Milanovi Bělíkovi, Ph.D. za cenné rady, poznatky a konzultace pro vypracování této bakalářské práce.

Obsah

ÚVOD	9
1 TECHNICKÉ VYUŽITÍ VĚTRU	10
1.1 VZNIK VĚTRU	10
1.2 HISTORIE	11
1.3 ROZDĚLENÍ VĚTRNÝCH MOTORŮ DLE PRINCIPU	12
1.3.1 Vztlakové motory.....	12
1.3.2 Odporové motory	13
1.4 ROZDĚLENÍ TURBÍN DLE OSY OTÁČENÍ ROTORU.....	14
1.4.1 Horizontální turbíny.....	14
1.4.2 Vertikální turbíny.....	14
1.5 VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY S ROTORY SAVONIUS A DARRIEUS	15
1.5.1 Savonius.....	15
1.5.2 Darrieus.....	16
1.6 VÝVOJ VĚTRNÝCH ELEKTRÁREN.....	16
1.7 PRINCIP VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY	18
1.8 NEVÝHODY VĚTRNÝCH ELEKTRÁREN	20
1.8.1 Hlučnost větrných elektráren.....	20
1.8.2 Ohrožení ptactva.....	21
1.8.3 Námraza větrných elektráren.....	22
2 PODMÍNKY V ČESKÉ REPUBLICE	23
2.1 PŘÍRODNÍ PODMÍNKY	23
2.2 CHRÁNĚNÁ ÚZEMÍ	24
2.2.1 Národní parky.....	25
2.2.2 Chráněné krajinné oblasti.....	25
2.3 TECHNICKÉ PODMÍNKY	26
2.3.1 Instalovaný výkon.....	26
2.3.2 Odhad ročního využití.....	26
2.3.3 Využití v měsíci	27
2.3.4 Budoucí vývoj.....	28
2.4 LEGISLATIVA	28
2.5 VÝVOJ VÝKUPNÍCH CEN.....	29
3 VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY V OSTATNÍCH EVROPSKÝCH STÁTECH	31
3.1 HLAVNÍ TŘI VÝROBCI VĚTRNÉ ENERGIE V EVROPĚ	31
3.1.1 Německo.....	31
3.1.2 Španělsko	32
3.1.3 Velká Británie	34
3.2 VYUŽÍVÁNÍ VĚTRNÉ ENERGIE U SOUSEDNÍCH STÁTŮ ČR	35
3.2.1 Polsko.....	35
3.2.2 Slovensko	36
3.2.3 Rakousko.....	36
4 POROVNÁNÍ SITUACE V ČR S OSTATNÍMI EVROPSKÝMI STÁTY	38
ZÁVĚR	40
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	41

Seznam symbolů a zkratk

<i>CHKO</i>	Chráněné krajinné oblasti
<i>ERÚ</i>	Energetické regulační úřady
<i>NP</i>	Národní park
<i>OZE</i>	Obnovitelné zdroje energie
<i>VE</i>	Větrná elektrárna

Úvod

Větrná energie se řadí mezi obnovitelné zdroje energie (OZE), a je z hlediska lidského pohledu energií nevyčerpatelnou. V České republice nelze bohužel z OZE zásobovat celou populaci, a proto se sahá i k neekologickému získávání elektrické energie z neobnovitelných zdrojů. Ty i přes svůj velký nežádoucí dopad na životní prostředí tvoří po stránce výroby energie nezanedbatelný zdroj, který nelze opomíjet.

Cílem předložené bakalářské práce je využitelnost větrné energie v České republice i v ostatních evropských státech. Práce je rozdělena do tří hlavních témat, ve kterých je postupně tato problematika rozebírána.

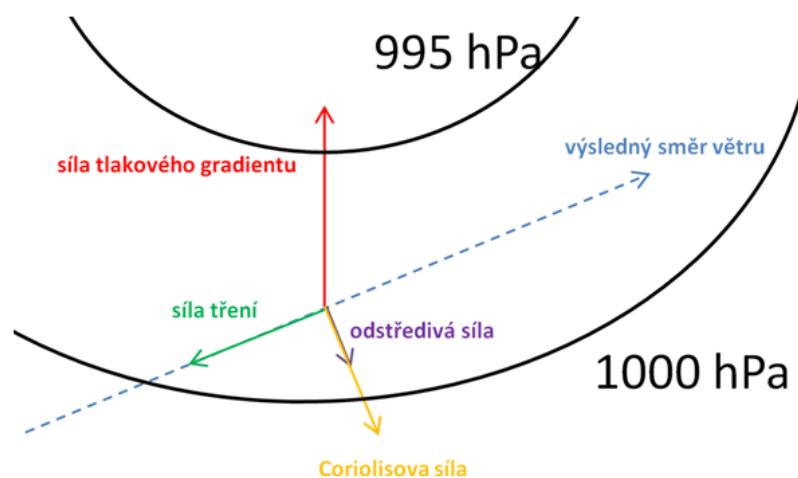
V první části práce se věnuji principu vzniku větru, historii a vývoji větrných elektráren, jejich rozdělení dle druhů motorů a turbín i jejich nevýhodám, které mají oproti jiným zdrojům energie. V další části popisují přírodní podmínky v České republice, legislativu, roční využití či budoucí vývoj větrných elektráren. V poslední části předložené bakalářské práce se věnuji porovnáním využití větrné energie v České republice s ostatními evropskými státy.

1 Technické využití větru

1.1 Vznik větru

Pro vznik větru je nejdůležitější částí síla tlakového gradientu, která je zapříčiněna pohybem vzduchu. Síla tlakového gradientu se snaží vyrovnávat rozdíly tlaku vzduchu na různých místech v krajině. Foukání větru je z míst s vyšším tlakem vzduchu do míst s nižším tlakem vzduchu. Silnější vítr tedy vzniká, čím větší jsou tlakové rozdíly.

Rozdíly tlaku vzduchu jsou vyvolány nerovnoměrným ohříváním vzduchu v různých oblastech světa. Teplejší vzduch je kvůli menší hustotě lehčí, naopak chladnější vzduch je pro větší hustotu těžší a stoupá. Rychlost ohřívání je dále ovlivněna různými fyzikálními vlastnostmi povrchu, jako je tvar terénu, druhy vegetace atd.. Dalším faktorem, který působí na tlak vzduchu, je Coriolisova síla. Ta má za následek odchylku větru na severní polokouli doprava, na jižní doleva. V případě, že by se země neotáčela, by foukal vítr z výše do níže. Dalšími nezanedbatelnými faktory ovlivňující tlak vzduchu jsou odstředivá síla a vliv tření.



Obrázek č. 1: Schéma sil působící na vzduch v tlakovém poli v blízkosti zemského povrchu, převzato z [1]

Rychlost větru především závisí na rozdílu tlaků. Čím větší je tlakový rozdíl, tím bývá vítr silnější. V zeměpisných šířkách, v kterých se vyskytuje naše republika, bývají největší rozdíly v chladné polovině roku. V této době jsou v České republice evidovány nejsilnější vichřice, jako byla například vichřice Kyrill v lednu 2007. Naopak během letního počasí jsou teplotní rozdíly v rámci severní polokoule menší, a proto síla větru nebývá vysoká.[1]

1.2 Historie

Využívání energie větru nám z historie připomínají 5000 let staré kresby vyobrazující plavidla na Nilu, která ke svému pohybu využívaly větrnou energii. Další dochovanou zmínkou ze 17. století př. n. l. bylo využívání větrné energie z babylonských záznamů, kde se král Chammurabi zabýval myšlenkou použití větru na úrodné roviny Mezopotámie. Od 11. do 13. století se větrné mlýny začaly rozšiřovat od Středního východu, až po střední a západní Evropu. Nejvíce byly využívány ve Francii, Portugalsku a Španělsku, ve kterých sloužily především k pohonu větrných mlýnů nebo při námořních plavbách, při kterých objevovali nové kontinenty.

Na území Čech, Moravy a Slezska byl první větrný mlýn postaven v roce 1277 v zahradě Strahovského kláštera v Praze. Větrné mlýny nabyli největšího rozkvětu v Čechách ve 40. letech 19. století, kdy se evidovalo na našem území okolo 879 větrných mlýnů s využitím hlavně v zemědělství.



Obrázek č. 2: Zděný mlýn z r. 1842 Kuželov (Hodonín), převzato z [2]

Od konce 80. let 20. století v Čechách začal rozkvět novodobých větrných elektráren. Hlavní rozkvět proběhl mezi lety 1990 až 1995, kdy se na našem území evidovalo okolo 24 větrných elektráren. Po této expanzi však začal postupný útlum, který byl především způsoben vysokou poruchovostí větrných elektráren a jejich neefektivnímu umístění do krajiny.[34]

1.3 Rozdělení větrných motorů dle principu

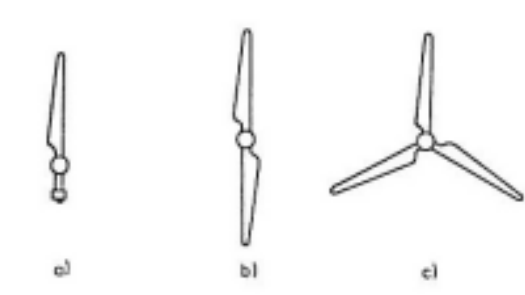
Základní princip větrné elektrárny funguje na otáčení listů rotoru, které se otáčejí díky působení proudícího vzduchu. Listy rotoru převádí sílu vzduchu na rotační mechanickou energii. Tato energie je pomocí generátoru převedena na energii elektrickou. Listy rotorů se podle aerodynamického principu (tvarového profilu) rozdělují do dvou základních kategorií a to na vztlakové (vrtule) a odporové (mnohalopátkový rotor).

1.3.1 Vztlakové motory

Vztlakové motory se v dnešní době řadí mezi nejpoužívanější druhy motorů. Základním principem vztlakového motoru je otáčení s vodorovnou osou. Umístění lopatek je po obvodu kolmo ke směru větru. Lopatky jsou speciálně tvarované do daného profilu, jako je tomu na křídlech letadel. Na lis rotoru působí vždy dvě síly a to síla vztlaková, která nám u turbíny zajišťuje pohyb, a síla odporová, která nám naopak u daného motoru zajišťuje nežádoucí pohyb v proti-směru.



Obrázek č. 3: Větrné elektrárny v dánském Vendsysselu pracující na vztlakovém principu, převzato z[3]



Obrázek č. 4: Druhy vrtulí větrných motorů, převzato z [4]

1.3.2 Odporové motory

Z historického hlediska jsou odporové motory oproti vztlakovým mnohem starší. Kvůli jejich nižší účinnosti oproti vztlakovým motorům jsou v dnešní době ale málo používané. Princip těchto motorů je značně jednodušší. Nejvíce se u těchto druhů motorů využívá rozdílu sil, které působí na lopatky kvůli jejich různému odporu proudícího vzduchu.

Lopatky u těchto motorů lze namontovat dvojím způsobem:

- Namontování různých tvarů lopatek kvůli opačnému působení větru. Jako např. lopatky miskového tvaru, které využívají různý aerodynamický odpor podle působení proudícího větru.

- Řešení, které je oproti předchozímu komplikovanější je natočení lopatek podle pozice rotoru a směru působení větru.



Obrázek č. 5: Větrný mlýn Chválkovice pracující na odporovém principu, převzato z [5]

1.4 Rozdělení turbín dle osy otáčení rotoru

Dle způsobu otáčení lze turbíny rozdělit do několika skupin popsaných v následujících odstavcích.

1.4.1 Horizontální turbíny

Řadí se mezi používanější druh turbín vzhledem ke své ose otáčení rotoru a i díky jejich vysoké účinnosti, která je kolem 48%. Základním principem těchto turbín je, že horizontální turbíny musí vždy směřovat proti směru větru. Z tohoto důvodu se zde využívají směrové lopatky, které jsou nainstalovány u elektráren menších rozměrů. U elektráren s většími rozměry se využívají senzory a servo motor.

1.4.2 Vertikální turbíny

Na rozdíl od horizontálních turbín je jejich účinnost přibližně o 10% nižší, tedy okolo 38%. Další jejich nevýhodou je vysoká nákladovost na celkovou realizaci. Naopak velkou výhodou těchto turbín je potřeba menšího prostoru. Elektrárny tak lze umisťovat blíže u sebe ve větrných farmách, aniž by se navzájem ovlivňovaly. Často jsou umisťovány do míst, kde se směr větru pravidelně mění z důvodu nepotřeby těchto elektráren měnit svůj směr.[35]



Obrázek č. 6: Vertikální turbína z Eiffelovy věže, převzato z [6]

1.5 Větrné elektrárny s rotory Savonius a Darrieus

Rotor Savonius a rotor Darrieus díky své svislé ose natočení nepotřebují směrové otáčení proti větru. Díky tomu mohou pracovat při proměnlivém směru větru v jakékoliv poloze. Jejich velkou nevýhodou je však velmi malá účinnost dána Betzovým součinitelem, který je mnohonásobně menší než u klasických větrných elektráren se třemi listy rotoru. U motoru typu Darrieus se účinnost pohybuje okolo 0,38 oproti výkonu klasické elektrárny, který je 0,593. Savonius má účinnost ještě menší a to pouze 0,21.



Obrázek č. 7: Kombinace rotoru Darrieus-Savonius v Tchaj-wanu, převzato z [7]

1.5.1 Savonius

Tento typ větrných elektráren je výhradně tvořen dvěma válcovými plochami skládající se z jednou vypouklou a druhou vydutou plochou dle společné osy otáčení. Pro tento typ motoru je zajištěno otáčení jen díky rozdílu tlaku vzduchu, který působí na vypouklou a vydutou plochu. Ke konstrukci se v dnešní době využívají převážně lamináty. Nevýhodou těchto motorů je jejich velké riziko poškození při silném větru.



Obrázek č. 8: Rotor typu Savonius, převzato z [8]

1.5.2 Darrieus

Jedná se o typ motoru využívající více vztlakového principu. Konstrukčně se podobá aerodynamice tvarovaných štíhlých lišt. Tyto lišty jsou umístěny na obvod rotoru jednotlivými úchyty. [36]

1.6 Vývoj větrných elektráren

Začátek rozvoje větrných elektráren v Evropě se datuje k roku 1891, kdy vyvinul a postavil Poul la Cour první větrnou elektrárnu. Následně v roce 1930 Francouz George J. Darrieus zdokonalil technologii větrného motoru. Tato technologie na danou dobu byla příliš přelomová, a proto se prosadila až v 70. letech 20. století. V tomto období se prvně začaly projevovat obavy z nedostatku neobnovitelných zdrojů (uhlí, ropa), vliv skleníkových plynů a napjatého ekosystému, který člověk vytváří. Následujícím důležitým rozvojem se stal rok 1973, kdy bylo vyhlášeno embargo zemí OPEC na vývoz ropy do vyspělých průmyslových zemí Evropy. Na starém kontinentu se proto začaly hledat obnovitelné zdroje energie a koncem 70. let se uvedly do provozu první větrné elektrárny v zemích, jako bylo Dánsko a tehdejší západní Německo.



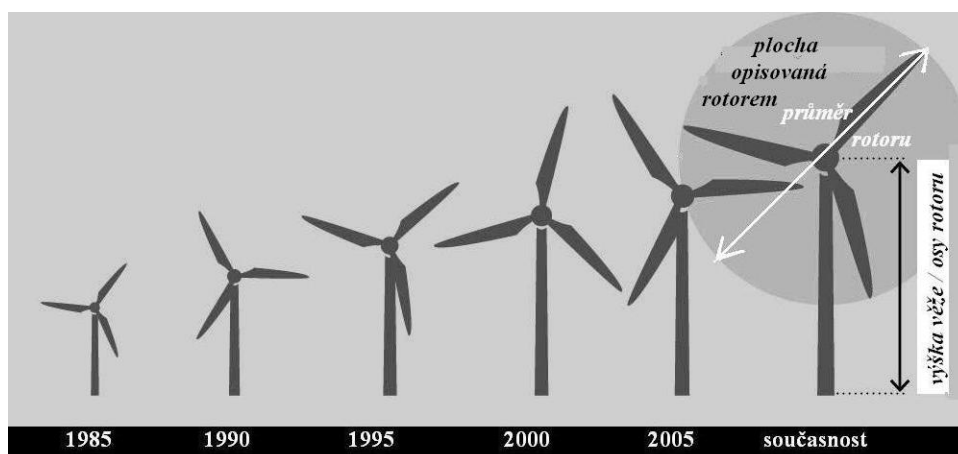
Obrázek č. 9: Větrná elektrárna Poula la Coura na škole v Akově, převzato z [9]

Ve světě se především sleduje poměr instalovaného výkonu větrných elektráren v jednotlivých zemích. Jejich výkon v novodobé historii (posledních 10 let) neustále stoupá. K roku 2010 se instalovaný výkon blíží k hranici 195 000 MW.

V dnešní době je výkon větrných elektráren stále zvětšován a to od výkonu kolem 50 kW v roce 1985 až do výkonů 10 MW, které se začaly používat kolem roku 2010. Je to hlavně trend vytěžit z lokality, kam je elektrárna umístována, co největší množství energie. Proto je vždy výhodnější do lokality umístit méně větších strojů než naopak. V tomto místě lze pak vybudovat elektrárnu sahající do větších výšek. V těchto výškách pak rotor dokáže využít většího proudění vzduchu a získá větší podíl větrné energie. Když se velikost rotoru zvýší v průměru o pár metrů, přináší zvětšení následné plochy rotoru o desítky až stovky metrů čtverečních jak je patrné z tabulky č. 1 a viditelné na obrázku č. 10.

Tabulka č. 1: Růst rozměrů a výkonů VtE 1985 až současnost (2015), data převzata z [10]

	1985	1990	1995	2000	2005	současnost
Maximální výkon (kW)	80	250	600	1 500	3 000	7 000
Průměr rotoru (m)	20	30	46	70	90	130
Plocha opisovaná rotorem (m ²)	314	707	1 662	3 848	6 362	13 273
Výška věže/ osy rotoru (m)	40	50	78	100	150	150
Max roční produkce (MWh/rok)	95	400	1 250	3 500	6 900	15 000



Obrázek č. 10: Růst rozměrů VtE od roku 1985 po současnost (2015), převzata z [10]

1.7 Princip větrné elektrárny

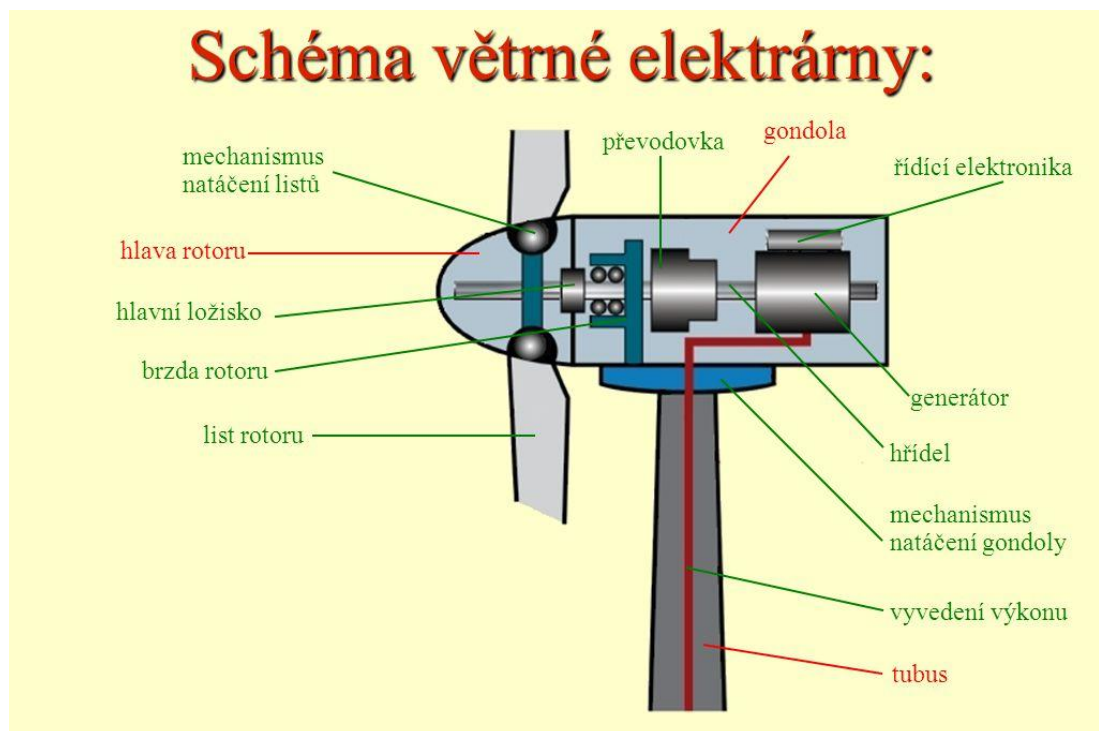
Větrné elektrárny lze z hlediska konstrukce rozdělit do mnoha různých typů, nade všemi naprosto dominuje elektrárna s axiálním stupněm tzv. axiální turbíny.

Konstrukčně jsou však všechny elektrárny postaveny na stejném principu. První konstrukční část, ze které se elektrárna skládá, je sloup, který se ukotvuje do země k masivnímu betonovému základu. Sloup je vytvořen tak, aby větrnou turbínu udržel v požadované výšce nad zemí a odolal případným turbulencím a síle větru. Vnitřek sloupu je dutý kvůli umístění schodiště do gondoly popřípadě servisního žebříku. V tomto dutém válci je také vedeno elektrické vedení pro odvod elektrické energie. Materiál, který je na sloup použit se liší dle požadavků. Nejčastější nároky jsou lokality instalace, cena a výkon. Podle těchto potřeb se do výroby používá buď ocelový tubus (u malých elektráren ocelový sloup) nebo železobetonová konstrukce. Pro větší výšky se pak volí sloupy příhradové konstrukce z krátkých nosníků.

Druhou částí, ke které je sloup připevněn je železobetonová deska. Tato deska je opět navržena tak, aby udržela váhu celé konstrukce větrné elektrárny. Elektrárny vybudované na vodní hladině jsou ukotveny na dně. V budoucnu se však uvažuje o elektrárnách, které plují na hladině a jsou ke dnu jen ukotveny lany.

Na vrchní část sloupu je umístěna gondola, která je tvořena z částí jako je převodovka, spojka, el. generátor a náboj větrné turbíny. Nedílnou součástí je také hřídel uložená ve valivém obvykle dvouřadém kuželíkovém ložisku. Může zde být použit buďto generátor s klasickou převodovkou o střídavé frekvenci 50Hz a 69kV nebo i vícepólový generátor s frekvenčním měničem, který má tu vlastnost, že elektřina má nejen měnivý proud, ale i mění se frekvenci a napětí, což zajišťuje u gondoly větší účinnost. Pro klasickou převodovku se nejčastěji používá kombinace natáčivých lopatek a převod s plynulým přechodem proudového poměru, kvůli třífázovému otáčení generátoru, aby vznikly konstantní otáčky při jakékoliv rychlosti větru. U vícepólového generátoru není rychlost otáček přesně dána, proto nám rotor zajišťuje větší účinnost a rozsahy týkající se rychlosti větru. Nedílnou částí je tlumení umístěné mezi gondolu a tubusem, které zabraňuje přenosu vibrací.

Na gondole jsou nainstalovány lopatky tvořeny u největších větrných turbín z dutého sklolaminátu. Nejčastěji jsou na větrné elektrárny umístěny tři lopatky, avšak jejich počet se může lišit podle otáček dané turbíny. V provozu jsou tak i elektrárny, které mají lopatek více, či méně. Do lopatek je následně umisťován bleskosvod pro ochranu od úderu blesku. V dnešní době se velikost lopatek pohybuje okolo neuvěřitelných rozměrů, až 50m. Při těchto rozměrech působí na každou lopatku zvlášť rozdíl rychlosti větru. Při těchto rozdílech je nebezpečné rozkmitání turbíny, následně celé její konstrukce, které vede až k jejímu nezávratnému poškození nebo destrukci. Proto jsou u těchto velkých konstrukcí použity lopatky, které jsou schopny se proměnlivé rychlosti větru přizpůsobovat. Umístění těchto velkých větrných turbín nemůže být na jakémkoliv místě kvůli jejich velké otáčivé rychlosti, kterou doprovází různé zvukové efekty.[37]



Obrázek č. 11: Základní schéma větrné elektrárny, převzato z [11]

Skutečný a teoretický výkon

Následujícím vzorcem je popsán teoretický výkon, kterého lze u větrné elektrárny maximálně dosáhnout:

$$P_v = S \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2} \cdot w = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot w^2 \quad (1.1)$$

kde P_t – výkon elektrárny [W]

k_B – Betzův koeficient, roven 0,59

ρ – hustota vzduchu [kg/m^3]

v – rychlost proudění vzduchu [m/s]

Stanovení skutečného výkonu vyplývá ze vztahu:

$$P = c_p \cdot \rho \cdot \frac{v^3}{2} \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4} \quad (1.2)$$

kde c_p – součinitel výkonnosti, v ideálním případě rovný 0,599

D – průměr rotoru [m]

Betzův koeficient zmíněný výše je údaj, kterým lze vyjádřit maximální skutečnou účinnost. Tento vztah vychází z poměru výkonu větrného rotoru k výkonu větru. V potaz se musí brát i poměr rychlosti větru za rotorem a před rotorem.

Vzorec je charakterizován vztahem:

$$\mu_{max} = \frac{P_r}{P_v} \quad (1.3)$$

kde P_r – výkon rotoru [W]

P_v – výkon větru [W]

1.8 Nevýhody větrných elektráren

1.8.1 Hlučnost větrných elektráren

Velmi diskutovaným tématem v posledních letech ohledně větrných elektráren, byl možný vliv hluku, který elektrárny tvoří, na okolní prostředí, ve kterém jsou postaveny.

V první řadě je nutné uvést, že zvuky, které větrná elektrárna vydává, jsou tvořeny dvěma způsoby: prouděním vzduchu kolem listů vrtule a otáčející se mechanickými prvky ve strojovně. U moderních staveb jsou tyto dva zdroje hluku natolik eliminovány, že by neměly na životní prostředí nijak působit.

Negativní názory na větrné elektrárny vznikly u nás kolem 90. let, kdy byly na našem území vybudovány první typy těchto elektráren. V elektrárnách byly často umístěny nekvalitní části turbín, které tento hluk způsobovaly. V dnešní době jsou však tyto elektrárny v hlučnosti o poznání tišší a proto není nad vlastní zkušenost navštívit některou z větrných elektráren a vytvořit si vlastní názor na tuto problematiku.

1.8.2 Ohrožení ptactva

V České republice zatím nebyla vypracována dostatečná studie o vlivu větrných elektráren na ohrožení ptactva. Je to hlavně z důvodu, že se u nás nenachází zatím dostatečně velký počet těchto elektráren a tohle téma tak není zatím tolik zmiňováno.



Obrázek č. 12: Vzlétající hejno ptáků u větrných elektráren, převzato z [12]

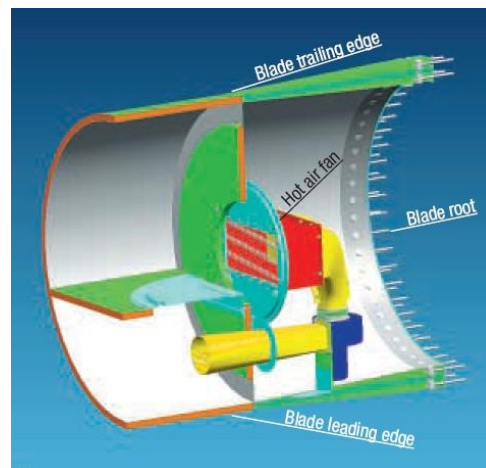
V jiných evropských státech jako např. Velká Británie, bylo toto téma velice sledováno a pár společností na tuto problematiku vypracovalo rozsáhlou studii. Jedná se např. o Královskou společnost na ochranu ptáků nebo Světový fond pro ochranu přírody. Královská společnost provedla měření na větrných farmách ve Walesu, kde došla k závěru, že jeden úhyn vychází přibližně na deset tisíc jedinců, kteří přes větrnou farmu prolétali. Je to hlavně

z toho důvodu, že pro ptactvo jsou větrné elektrárny dostatečně viditelné a mohou se jim včas vyhnout. I případný náraz do elektrárny z důvodu špatné viditelnosti nemusí znamenat úhyn jedince. Samotná větrná elektrárna otáčející se rychlostí na svém obvodu okolo 200 kilometrů v hodině vytváří vzduchový polštář, který ptáka dokáže odhodit tak, aniž by ho větrná elektrárna dokázala zranit či usmrtit.

1.8.3 Námraza větrných elektráren

Námraza u větrných elektráren se začíná vyskytovat při teplotách klesající pod 0°C a je-li dostatečně vysoká vlhkost vzduchu. Méně problematickou námrazou je tenký povlak ledu, který se vytvoří na rotoru a sníží celkový výkon větrné elektrárny. Při větší námraze, kdy se na rotoru vyskytne velký povlak ledu, se musí celá větrná elektrárna odstavit, aby se případně nepoškodila nebo neohrozila odpadajícími částmi ledu dopravu na blízkých komunikacích, u kterých je postavena.

Kvůli potlačení vzniku námrazy na větrných elektrárnách se například firma Enercon pokouší zavést do rotorových listů vyhřívací zařízení. Toto zařízení fouká teplý vzduch do vrcholu listu po náběžné hraně, kde se vzduch obrazí a pokračuje po odtokové straně listu zpět k ventilátoru.



Obrázek č. 13: Ohřívací zařízení pro rotorové listy od firmy Enercon, převzato z [16]

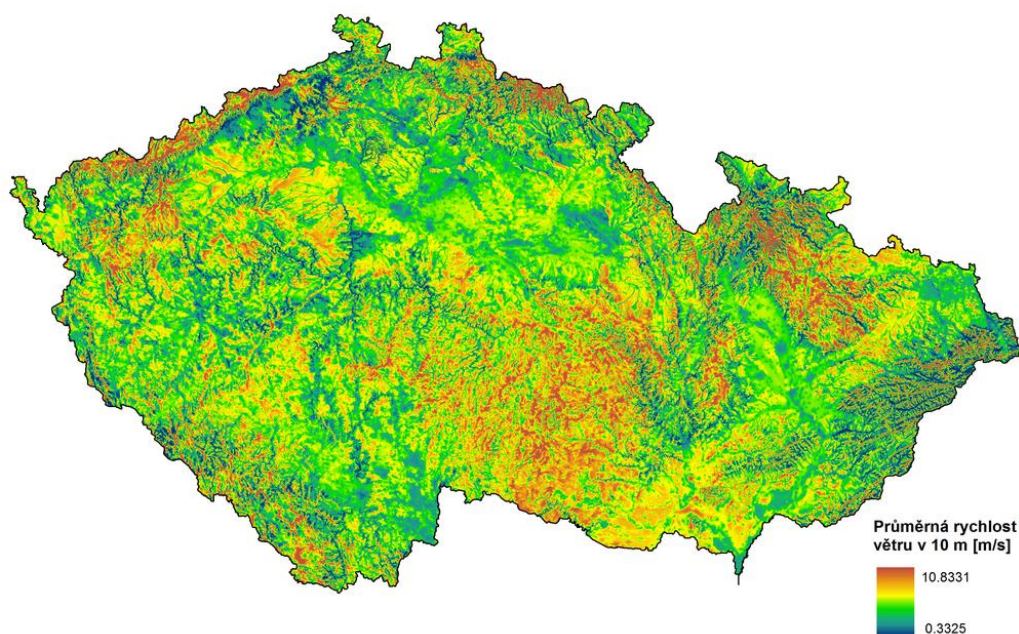
2 Podmínky v České republice

2.1 Přírodní podmínky

Pro způsob měření větru jsou vytvořeny mezinárodní standardy. Tyto standardy jsou stanoveny pro rychlost a směr větru ve výšce 10m nad zemským povrchem. Není-li možno tyto podmínky dodržet, jsou jiné získané údaje z měřicích stanovišť přepočítávány na danou výšku.

Pro Českou republiku byl v Ústavu fyziky atmosféry AV ČR vytvořen počítačový program VAS. Tento program dokáže určit v jakémkoliv místě v České republice rychlost větru. Údaje zadávající do tohoto programu zajišťuje okolo 200 meteorologických stanic ČHMÚ rozmístěných po celé republice.

Z následujícího programu bylo zjištěno, že ve výšce 10 m se rychlost větru pohybuje okolo 3-3,5 m/s. Dané rychlosti se především vyskytují v níže položených místech nebo na otevřených lokalitách, které jsou dobré pro proudění vzduchu.



Obrázek č. 14: Průměrná rychlost větru ve výšce 10 m, převzato z [13]

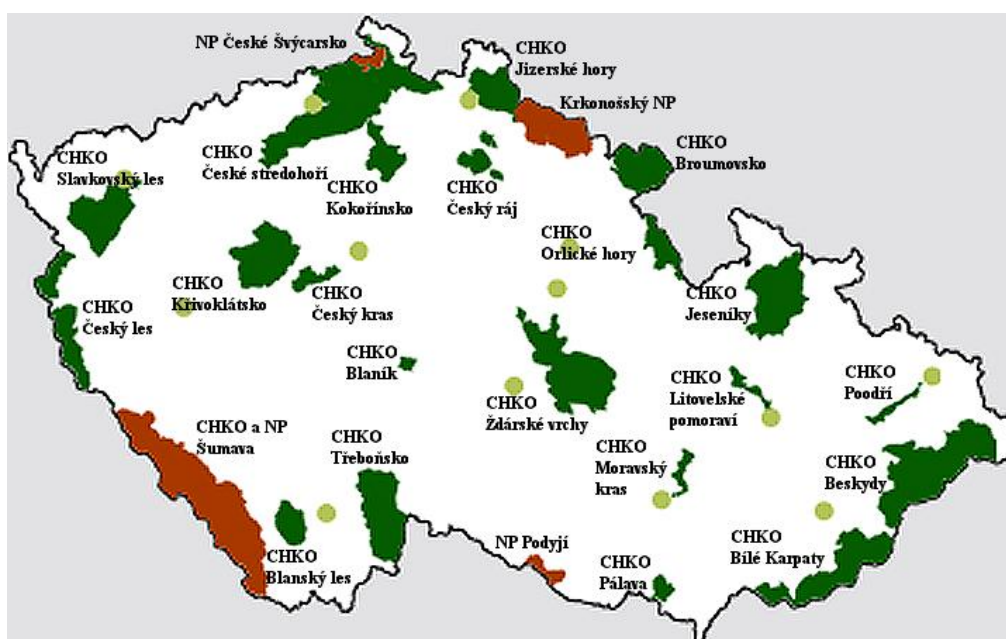
Rychlost větru, která dosahuje větších rychlostí, se zásadně vyskytuje ve vyšších polohách. V těchto vyvýšených místech lze převážně v našich lokalitách naměřit rychlost větru okolo 4m/s ve výšce 10 m nad povrchem. Se stoupající nadmořskou výškou dosahuje

rychlost větru větších hodnot a to např. při 600 m. n. m. se rychlost větru průměrně pohybuje okolo 5 m/s. Opět tato rychlost platí pro výšku 10 m nad povrchem.

Naopak v místech, kde je menší proudění vzduchu můžeme očekávat menší rychlosti větru. Tyto místa se převážně vyskytují v údolích či kotlinách, ve kterých lze naměřit průměrnou rychlost větru okolo 2,5 až 3 m/s. Zásadním omezením rychlosti větru jsou v našich podmínkách rozsáhlé lesní porosty nebo hustá zástavba v širokém okolí zasahující do krajiny. Tyto drsnosti v krajině mají na rychlost větru omezující účinky, a to o jednotky nebo až desítky procent. [4]

2.2 Chráněná území

Dle prestižního Evropského diplomu pro chráněná území se nesmí v blízkosti národních parků budovat jakékoliv stavby, které by ovlivňovaly jejich přirozenou faunu a flóru. Zpochybnění této myšlenky by se mohlo stát při výstavbě dvaceti větrných elektráren, postavených v krátké vzdálenosti od národního parku Podyjí. Tyto elektrárny by neblaze narušily krajinný ráz okolo tohoto národního parku jen z důvodu toho, že nejvyšší body větrných elektráren by dosahovali o 150 m výše než je nejvyšší bod v tomto regionu. Tím je Býčí hora, která je 536 m. n. m.. Další větrné elektrárny by byly poté vidět z vyhlídek a házely by tak negativní pohled na celkový ráz národního parku. [5]



Obrázek č. 15: Mapa zobrazující CHKO a NP v České republice, převzato z [14]

V následující části jsou proto uvedeny národní parky a chráněné krajinné oblasti jak se rozlišují a jak jsou chráněny.

2.2.1 Národní parky

V České republice jsou aktuálně čtyři národní parky (NP) a to Krkonošský NP, NP Šumava, NP České Švýcarsko a NP Podyjí s vlastní správou. Všechny tyto národní parky se rozkládají na rozsáhlých územích a jsou tvořeny v jedinečném národním či mezinárodním měřítku dle zákona § 15-24. U všech těchto oblastí je málo dotčený jejich ekosystém z lidské činnosti, a proto mají nemalý vliv na vědecký a výchovný program.

Každý národní park je členěn do tří zón dle odstupňované ochrany, kde nejpřísnější úroveň ochrany je stanoven pro I. zónu. Pro všechny tyto uvedené parky je přísně stanoven omezený pohyb pro veřejnost, tak aby návštěvníci nezasahovali do fauny a flóry. Podrobnější informace, kde se návštěvníci smí pohybovat, jsou uvedeny v návštěvních řádech jednotlivých parků.

Celková rozloha národních parků se rozkládá na 1,51 % území ČR, což je přibližně 119 500 ha. Rozloha jednotlivých národních parků je uvedena v následující tabulce:

Tabulka č. 2: Přehled a rozlohy národních parků [3]

Národní park	Rok vyhlášení	Rozloha v ha
Krkonošský národní park	1963	36 300
Národní park Podyjí	1991	6 300
Národní park Šumava	1991	69 000
Národní park České Švýcarsko	2000	7 900

2.2.2 Chráněné krajinné oblasti

Chráněné krajinné oblasti jsou tvořeny rozsáhlým územím s harmonicky tvořenou krajinou. Hlavní dominantou těchto oblastí jsou vyskytující se rozsáhlé lesní ekosystémy a travnaté porosty. Jsou tvořeny dle zákona § 25-28. Od národních parků se zpravidla liší dle zóny ochrany, které jsou zde rozděleny na 4 zóny. Tyto zóny určují limity hospodaření v krajinné oblasti tak, aby hospodaření nezasáhlo do daného ekosystému.

V aktuální době se v České republice spravuje 25 CHKO. Všechny tyto oblasti mají na starost regionální pracoviště nebo jako u CHKO Šumava, o kterou pečuje Správa NP a CHKO Šumava.

2.3 Technické podmínky

V České republice se roční využití větrných elektráren pohybuje v rozmezí 4 až 14%. Toto velké rozpětí způsobují různé typy zdrojů, ze kterých se údaje zpracovávají.

2.3.1 Instalovaný výkon

Od roku 2001 jsou publikovány zprávy o každoroční výrobě jednotlivých elektráren. Tyto informace jsou dostupné na stránkách Energetického regulačního úřadu (ERÚ). V dokumentech jsou vždy uvedeny informace o počtu provozoven a instalovaného výkonu podporovaných zdrojů, mezi které se řadí i větrné elektrárny.

Instalovaný výkon jednotlivých elektráren se v průběhu roku nepřetržitě mění. Na stránkách ERÚ jsou však tyto informace zveřejňovány jen na přelomu roku. Z tohoto důvodu je možnost vyhodnocení celkového instalovaného výkonu nemožné. Proto se uvádí jen dolní a horní odhad ročního využitého výkonu.[6]

2.3.2 Odhad ročního využití

Podíl větrných elektráren dodávající elektrickou energii má v posledních letech neutichající rostoucí tendenci. Pro výpočet ročního využití se vychází z celkového horního odhadu, který dává k dispozici Energetický regulační úřad. Uvažuje se, že tento instalovaný výkon elektráren je v průběhu celého roku roven hodnotě, kterou ERÚ udává k 1. 1. daného roku. Poté je celá roční výroba uvažována jako hrubá výroba elektřiny.

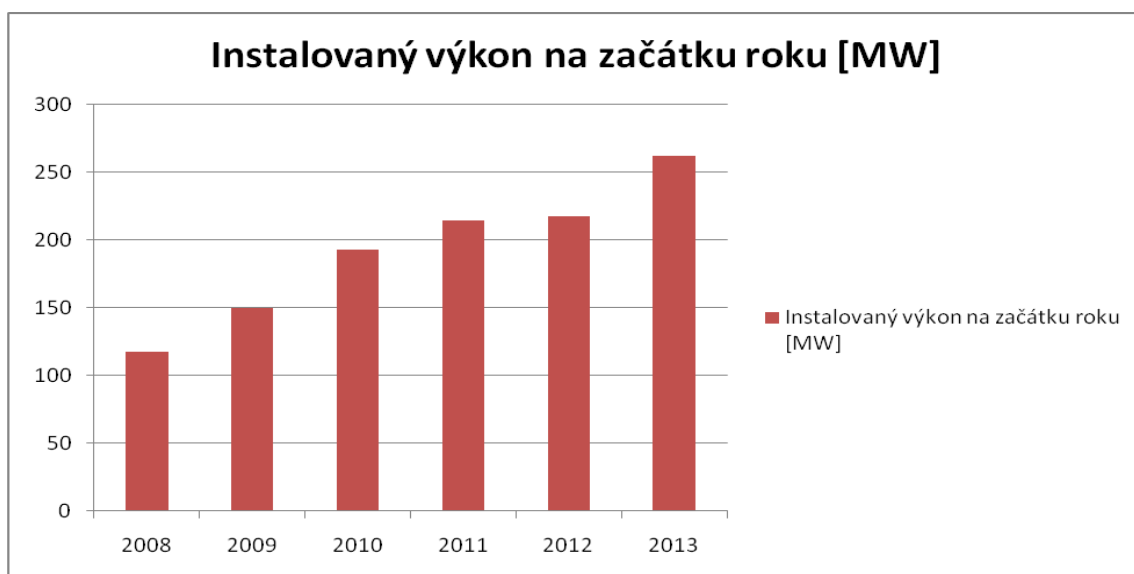
Naopak pro výpočet dolního odhadu se používají údaje od ERÚ, tak jako by byly všechny elektrárny zapojené do sítě na začátku roku tedy 1. 1. následujícího roku. Celková výroba je brána jako čistá výroba elektřiny, tedy bez hodnot, které jsou za potřebí pro vlastní spotřebu elektrárny.

Z tohoto postupu je zřejmé, že hodnoty uvedené v následující tabulce č. 3 vycházejí nejpřesněji právě v letech 2011 až 2013, kdy se instalovaný výkon větrných elektráren měnil

nejméně. Z tabulky je dále patrné, že celkové roční využití větrných elektráren je více jak 20%. Tato hodnota je na podobné úrovni jako u ostatních evropských států v letech 2003 až 2007.

Tabulka č. 3: Výroba elektřiny ve větrných elektrárnách v České republice, převzato z [15]

Rok	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Instalovaný výkon na začátku roku [MW]	117,5	149,7	192,9	214,8	217,9	262
Hrubá roční výroba [GWh]	244,7	288,1	335,5	396,8	417,3	478,3
Čistá roční výroba [GWh]	243,8	286,9	334,1	395,2	415,4	473,9
Roční využití min [h]	1628	1488	1556	1814	1586	1759
Roční využití max [h]	2082	1924	1740	1847	1915	1826
Roční využití min [%]	18,58	16,98	17,76	20,7	18,09	20,08
Roční využití max [%]	23,76	21,97	19,86	21,09	21,85	20,84



Graf č. 1: Zvyšující se poměr instalovaného výkonu v České republice.

2.3.3 Využití v měsíci

Jako u předchozí kapitoly se i zde vychází z celkových údajů, které dodává ERÚ. Rozdílem je, že tyto údaje ukazují jednotlivý využitelný výkon z větrných elektráren v každém měsíci.

Z vypočtených hodnot je patrné, že největší zisk energie je při podzimních měsících, kdy v našich podmínkách fouká nejintenzivnější vítr, který je způsobem velkým rozdílem tlaků v daných výškách.

2.3.4 Budoucí vývoj

V budoucnu se předpokládá, že maximální roční využití z větrných elektráren nadále poroste a brzy bude atakovat hranici 20%. K této hranici můžou dopomoci nové technologie nebo nové navržení větrných elektráren. Jedna z možností je použít generátor o nižším jmenovitém výkonu přidělenému k rotoru určité velikosti.

2.4 Legislativa

Hlavní zákon, který se zabývá podporovanými zdroji energie je Zákon č. 165/2012 Sb. V tomto zákoně jsou obsaženy body, které předepisují nejvýznamnější úpravu o obnovitelných zdrojích v České republice. Dalším důležitým zákonem je Zákon č. 458/2000 Sb., který popisuje hlavní podmínky podnikání a výkonu státní správy v energetice. Třetím významným zákonem je č. 406/2000 Sb. popisující hospodaření energií, aby byly tyto energie efektivně a šetrně využívány.

Zákon č. 165/2012 Sb. vznikl na základě Zákona č. 180/2015 Sb., který skončil platností ke dni 1. 1. 2013. Zákon č. 180/2015 Sb. vznikl na základech zákonů č. 222/1994 Sb., které se zabývaly výkonem státní správy v energetickém odvětví.

Tarifní o výkupních cenách bylo nutné zavést kvůli zákonu č. 222/1994 Sb., který nařizoval vykupovat elektrickou energii z obnovitelných zdrojů. V zákoně však nebyla tato cena pevně stanovena a proto se u každé společnosti cena za vykupovanou energii lišila. Až v roce 1999 se zavedla první dohoda mezi společnostmi a výrobcí o výkupních cenách elektrické energie z OZE. [8]

Zákon č. 458/2000 Sb. o podmínkách podnikání a výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů se výhradně zabývá úpravou a rozdělením elektřiny a plynu. Dále jsou v tomto zákoně popsány podmínky týkající se tepelné energie. V zákonu jsou zmíněny i podmínky, práva a povinnosti účastníků ohledně trhu elektřiny a plynu. Důležitým bodem je povinnost získávat vyrobenou elektřinu a teplo z obnovitelných zdrojů energie.

Zákon č. 406/2000 Sb. je o hospodaření energií. Základní náplní tohoto zákona je zvýšená účinnost energie a správné nakládání se zdroji, které jsou potřeba k výrobě energie.

V zákoně jsou dále uvedeny body jako ukazatel energetické náročnosti budov a označování elektrospotřebičů energetickými štítky. Hlavním důvodem proč je, tento zákon zmiňován je bod o Státním programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie.

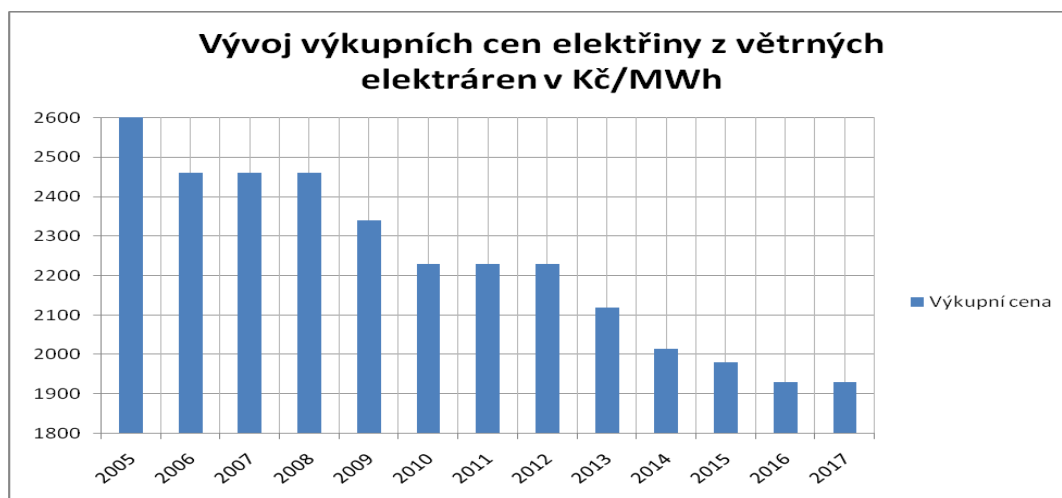
Třetí zákon č. 165/2012 má hlavní náplň zabývající se úpravou některých zákonů jako je např.: podpora elektřiny, biometanu z obnovitelných zdrojů energie. Nejdůležitějším bodem tohoto zákona je ochrana klimatu a životního prostředí, a proto má jako hlavní bod co nejvíce podporovat využívání OZE, druhotné zdroje, biometan a necentrální výrobu elektřiny. Má za úkol co nejvíce zvyšovat podíl spotřebované energie z OZE z celkové spotřeby státu tím, že bude podporovat novou výstavbu energetických zdrojů.

Tyto tři hlavní zákony mají v naší republice zásadní význam o výrobě, distribuci, výkupu a exportu elektrické energie získávané z OZE.

2.5 Vývoj výkupních cen

Cena za vykupovanou energii se každoročně stanovuje od Energetického regulačního úřadu prostřednictvím tzv. Cenového rozhodnutí. Tato výkupní cena se stanovuje z důvodu, že stát má povinnost ze zákona podporovat výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů. Cena je pevně stanovena dle zvláštního právního předpisu, nelze ji nijak měnit a platí pro všechny majitele dodávající elektrickou energii z obnovitelných zdrojů. [17]

V následujícím grafu jsou uvedeny výkupní ceny větrné energie Kč/MWh za rok:

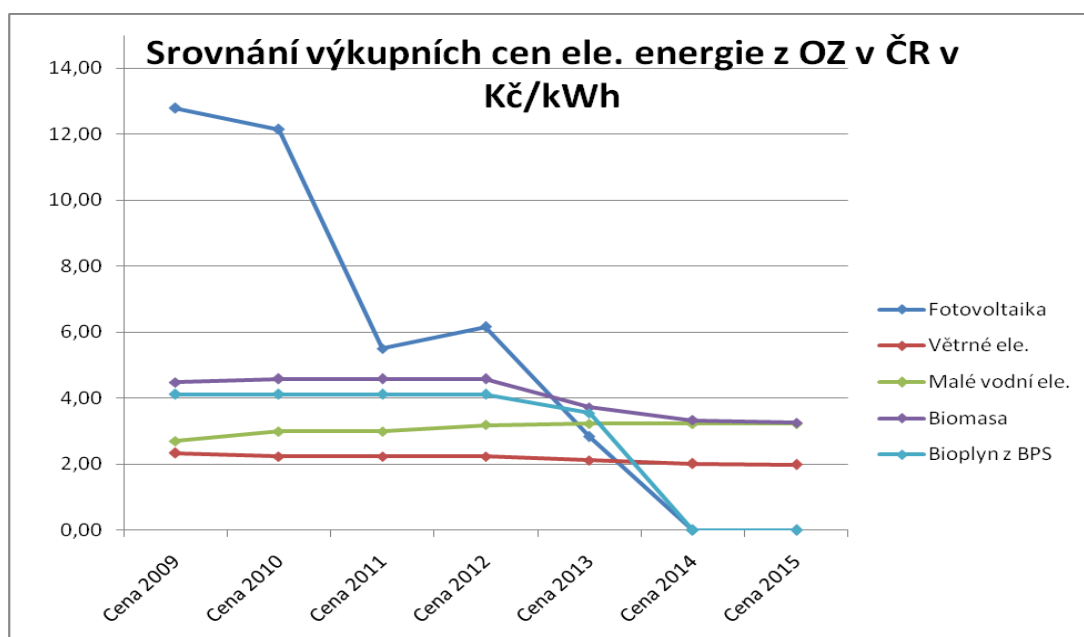


Graf č. 2: Vývoj výkupních cen elektřiny z větrných elektráren v Kč/MWh, převzato z [18]

V tabulce č. 4 jsou porovnány výkupní ceny z jednotlivých obnovitelných zdrojů v České republice:

Tabulka č. 4: Vývoj výkupních cen z obnovitelných zdrojů energie, převzato z [18]

Zdroj	Cena 2009	Cena 2010	Cena 2011	Cena 2012	Cena 2013	Cena 2014	Cena 2015
Fotovoltaika	12,79	12,15	5,5	6,16	2,83	0	0
Větrné ele.	2,34	2,23	2,23	2,23	2,12	2,014	1,98
Malé vodní ele.	2,7	3	3	3,19	3,23	3,23	3,23
Biomasa	4,49	4,58	4,58	4,58	3,73	3,335	3,263
Bioplyn z BPS	4,12	4,12	4,12	4,12	3,55	0	0



Graf č. 3: Porovnání výkupních cen z OZE z tabulky č.4

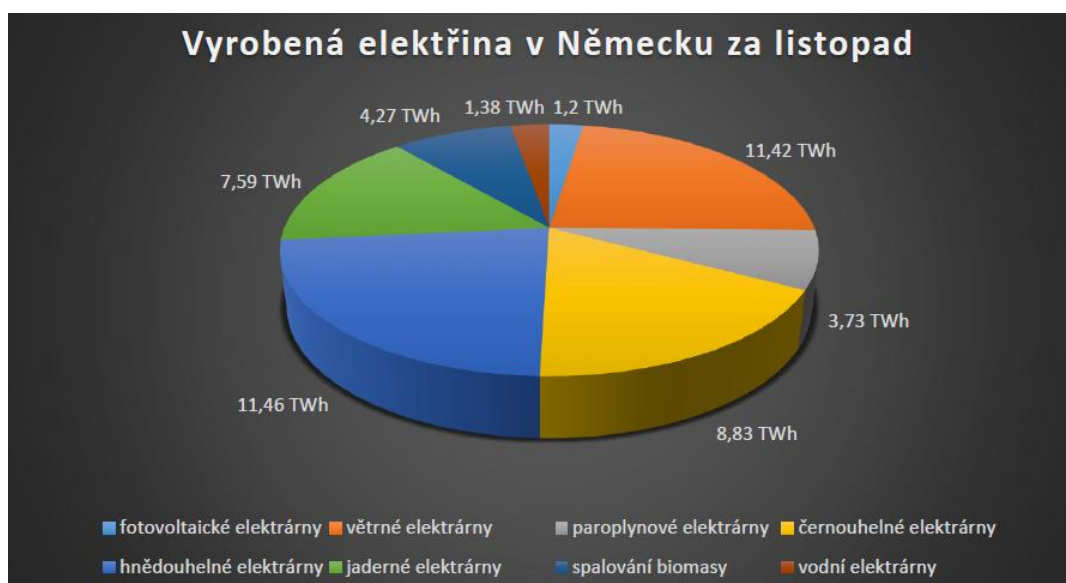
3 Větrné elektrárny v ostatních evropských státech

3.1 Hlavní tři výrobci větrné energie v Evropě

3.1.1 Německo

Tento stát se řadí mezi první výrobce větrné energie z celé Evropy. Celkově v roce 2015 mělo Německo 44 976,1 MW instalovaného elektrického výkonu ve větrných elektrárnách.

V roce 2015 navíc všechny větrné elektrárny vyrobily 23% elektrické energie, kterou celá tato země spotřebovala. Z obrázku č. 16 je zřejmé, že se větrné elektrárny dotáhly na hnědouhelné v poměru vyrobené energie, která v měsíci listopad byla okolo 11,46 TWh u obou těchto energetických zdrojů. Předpokládá se, že tento podíl vyrobené energie bude stále narůstat díky nové instalaci větrných elektráren nebo rušení jiných zdrojů energie. Tak tomu bylo i v případě, kdy po ničivém zemětřesení v Japonsku byla poškozena jaderná elektrárna Fukušima. Po tomto incidentu se v Německu odstavil velký počet jaderných elektráren z důvodu obav, že by se tento incident mohl odehrát i u nich.



Obrázek č. 16: Podíl jednotlivých typů zdrojů na vyrobené elektřině v Německu za měsíc listopad, získáno z [20]

Hlavním důvodem dosažení první příčky ve výrobě je bouřlivý vývoj a velice dobré výkupní ceny této energie, které jsou navíc podporovány zákonem od roku 1991, z kterého vyplývá, že všechny energetické koncepty jsou povinny vykupovat větrnou energii za pevnou

minimální cenu. Proto budoucí investoři, kteří mají v plánu větrné elektrárny postavit, si dobře dokážou spočítat, jaké plánované zisky z této energie mohou předpokládat.

Lokality, které však mohou investoři pro nové elektrárny využívat, se velkým tempem ztenčují, a proto se stále častěji obracejí k výstavbě větrných elektráren na otevřeném moři. Místa, kde jsou elektrárny postaveny, jsou v mělkých vodách desítky kilometrů od pobřeží. Zde vznikají obrovské větrné parky, které dodávají elektřinu do německých domácností.

Za zmínku stojí první větrný areál u německého pobřeží Borkum-West v severním moři. V tomto moři je vybudováno 12 rotorů, z něhož má každý výkon 4,5 MW. Vyrobená energie je poté přenášena podmořskými kabely ke spotřebitelům.[19]

Při této rychle rostoucí výstavbě elektráren, také dochází k nemalým obavám od sousedních států Německa. V případě, že by v severním moři začal foukat intenzivnější vítr a větrné elektrárny by se nestačily včas odstavit, mohl by vzniknout velký energetický přebytek. Tento přebytek by měl za následek přetížení celé energetické sítě jak v Německu, tak i u jeho sousedních států díky jejich celkovému propojení. Přetížení by mohlo způsobit výpadek elektrického proudu a v nejhorších scénářích až blackout ve střední Evropě.[21]

3.1.2 Španělsko

Na druhou příčku se v evropských státech v podílu vyrobené větrné energie řadí Španělsko. Tento stát měl ke konci roku 2015 instalovaný výkon ve větrných elektrárnách 23 025,3 MW. Tato hodnota je sice o skoro polovinu menší než v případě Německa, ale stále tvoří nezanedbatelnou hodnotu ve vyrobené elektřině v Evropě.

Dosažení druhé příčky začalo ve Španělsku už v 80. letech, kdy začal postupný vývoj větrné energie, který se dále zrychlil v letech 90. Do konce roku 2015 bylo na území Španělska instalováno 23 GW této energie. Ta tvořila celkem 20% potřebné energie pro španělské spotřebitele. Získaná energie z větrných elektráren se v poměru rovná vyrobené energii, která je získávána z jádra.[22]

V roce 2015, však nově instalovaný výkon nepřesáhl hranici 1MW. Hlavním důvodem bylo přijetí nového způsobu systému plateb, který nabyl platnosti v roce 2013. Tohle nové nařízení nejen zakazovalo podporu nově vznikajících zdrojů větrné energie, ale i podporování

těch současných. Měl tedy za následek to, že od roku 2013 do roku 2015 bylo ve Španělsku instalováno pouhých 27 MW energie.

Během těchto tří let se začal stát obávat o odchod hlavních provozovatelů větrných elektráren, kteří již uvažovali o možnosti jejich prodeje. Další obavou bylo nesplnění závazků vůči EU, ve kterých se stát zavázal o zvýšení výroby elektrické energie z větrných elektráren do roku 2020. [23]

V roce 2017 se však Španělsko vrátilo k podpoře větrných elektráren a ukončilo tak více jak tříleté období bez podpory této energie. Nová výsledná cena v aukcích na podporu výstavby těchto elektráren se pohybovala na trhu za 43 EUR/MWh, což byla nejnižší cena za, kterou byli ochotni projektanti v Evropě stavět.[24]

I přesto, že kolem roku 2015 došlo k útlumu podpory větrných elektráren, přišla jedna španělská firma s novým nápadem na konstrukci větrných turbín, které jsou proti starým modelům jednodušší na stavbu i údržbu.

Tento nápad vznikl při pohledu na takzvaný „tančící most“, který v roce 1940 v Tacomské úžině rozpochoval působící vítr a způsobil celou jeho destrukci.

Tato větrná elektrárna nazvaná Vortex pracuje na principu získávání energie z vrstvy vzduchu, která těsně obtéká stožár. Už při prvních měřeních se však došlo k závěru, že tyto elektrárny budou mít menší účinnost než klasické elektrárny s rotorem. Účinnost klasické elektrárny se pohybuje okolo 80%, elektrárna Vortex dosahuje podle konstruktérů 70%, když je nutné tuhle hodnotu brát s určitou rezervou.[28]



Obrázek č. 17: Větrná elektrárna Vortex, převzato z [28]

Jak je vidět na obrázku č. 17 elektrárnu netvoří žádné převody či jiné pohyblivé součásti, a proto má i menší účinnost. Tento nedostatek by měl však být vykoupen menšími nároky na cenu a požadovaný prostor pro výstavbu oproti klasickým elektrárnám.

3.1.3 Velká Británie

Velká Británie se v celkové produkci větrné energie řadí k roku 2015 na třetí pozici s celkovým instalovaným výkonem 13 602 MW.

V roce 2016 se větrná energie v této zemi podílela výrobou 11,5%. Překročila tak uhelné elektrárny, které mají v posledních letech upadající trend, i když v roce 2012 měl tento druh energie největší zastoupení. Tento úpadek uhelných elektráren je hlavně způsoben vyšší cenou uhlí díky stoupajícím daním, které na uhlí vláda odsouhlasila. Dále tento úpadek byl způsoben uzavřením uhelných elektráren tvořící část procenta výroby této energie. Nově tak hlavní pozici výroby energie převzal plyn, který je na životní prostředí šetrnější hlavně díky menším emisím při výrobě elektřiny.[25]

Británie se řadí na první místo v takzvaných offshorových větrných elektrárnách. Jedná se o větrné elektrárny umístěné v přímořských oblastech, kde je dostatečně mělko pro jejich výstavbu. Za zmínku stojí větrná farma, ležící u ústí řeky Temže, která má celkem 175 turbín o celkovém výkonu 630 megawatt. Další významnou větrnou farmou je Scroby Sand postavena 3 km od východního břehu. V této farmě bylo celkem postaveno 30 turbín. Každá z těchto turbín má výkon o 2MW a průměr rotoru o 80 m. Tato farma se stala nejen výrobcem

energie, která je dodávána do 41 000 domácností, ale i lákadlem pro turisty, kteří obdivují mořskou energetiku. V průběhu roku se jich zde vystřídá okolo 35 000. [26] [27]



Obrázek č. 18: Větrná farma Scroby Sands (Velká Británie, Severní moře), převzato z [27]

Do budoucna se plánuje v přímořských oblastech vystavět další větrné elektrárny o celkovém výkonu 15 gigawattů. K tomuto cíli může dopomoci nově schválený projekt britské vlády nazvaný Hornsea. Projekt má vystavět celkem 300 větrných turbín 120 km daleko od východního pobřeží Yorkshire. Výstavba celé větrné farmy by měla být dokončena k roku 2020 s celkovým výkonem 1,2 GW.

3.2 Využívání větrné energie u sousedních států ČR

V této části je popsáno využívání větrné energie u států, které sousedí s Českou republikou. Spolková republika Německo byla už popsána v kapitole 3.1, proto zde nebude zmiňována. Následující odstavce jsou zaměřeny na zbylé tři sousedy a to Polsko, Slovensko a Rakousko.

3.2.1 Polsko

Řadí se na 7 místo v instalovaném výkonu ve větrných elektrárnách v EU k roku 2015 s celkovým podílem 5 100 MW.

Polsko vyrábí celých 90% své elektřiny v uhelných elektrárnách a tím je i jedním z největších producentů CO₂. Proto se v roce 2010 polská vláda rozhodla podpořit OZE a to především výrobou větrné energie. Proto od roku 2010 do začátku roku 2016 se nově instalovaný výkon větrné energie pohyboval okolo 25%, až do hodnoty 5100 MW. Hlavním důvodem této rychlé instalace byl neobvykle vysoký státní příspěvek na tento druh energie.

Druhým impulzem bylo prohlášení od Evropského sdružení větrné energie, že Polsko má mít do roku 2020 celkový výkon z větrných elektráren 9,5 gigawattu a tím pokrýt 14% svých energetických potřeb. [29]

V roce 2016 však polským parlamentem prošel zákon o změně podnikání ve větrné energetice. Tento zákon byl tak drasticky upraven oproti předchozímu, že se do daného druhu energie přestalo investování vyplácet. Hlavní změny, které tento zákon vytvořil, bylo rozdělení na skupiny dle efektivity instalace, oproti předchozímu dělení jen na základě použité technologie. Dalším ne příliš podporovaným bodem je, že nově instalovaná elektrárna musí být umístěna od obytných domů a škol v odpovídající vzdálenosti, která je desetinásobná výšce stožáru, což v Polsku představuje dle použitých parametrů větrných elektráren půldruhého až dva kilometry. Dalším ne příliš rozumným bodem je povinnost každého majitele elektrárny provádět po dvouletém intervalu audit parků a vystavovat žádost o prodloužení provozu.

3.2.2 Slovensko

Slovensko k roku 2015 mělo celkový instalovaný výkon jen 3,1 MW, což odpovídá při dnešním průměrném výkonu větrné elektrárny 2MW dvěma větrnými elektrárnami umístěnými na celém území Slovenska. Tato hodnota řadí Slovensko na předposlední místo v celé Evropě. Horší státem je pouze Malta, která nedisponuje žádným instalovaným výkonem z VE. [31]

3.2.3 Rakousko

Náš jižní soused se s instalovaným výkonem 2 411 MW, k roku 2015 řadí na 12 pozici dle využívání této energie.

V roce 1999 se Rakousko rozhodlo zakázat výrobu elektrické energie z jádra. Proto byly hledány nové zdroje energie pro rakouské domácnosti. Novým hlavním zdrojem se stala vodní energie díky řece Dunaj, která protéká velkou částí Rakouska. Na třetím místě se pak umístily obnovitelné zdroje, do kterých spadají větrné elektrárny. Celkový podíl vyrobené energie pro rok 2013 z OZ byl 5,2% tedy 1 179 MW.

Poměr instalovaného výkonu v Rakousku neustále roste. I z tohoto důvodu byla nedávno postavena 1000 větrná turbína poblíž městečka Rohrau. Celkový výkon větrných elektráren

tak dosáhl v roce 2014 už 2000 MW. Tento trend výstavby elektráren i nadále pokračuje a v budoucích plánech má pokrýt do roku 2020 okolo 50% spotřeby rakouských domácností. V roce 2030 má toto pokrytí z větrných elektráren dosáhnout 100%. [32]



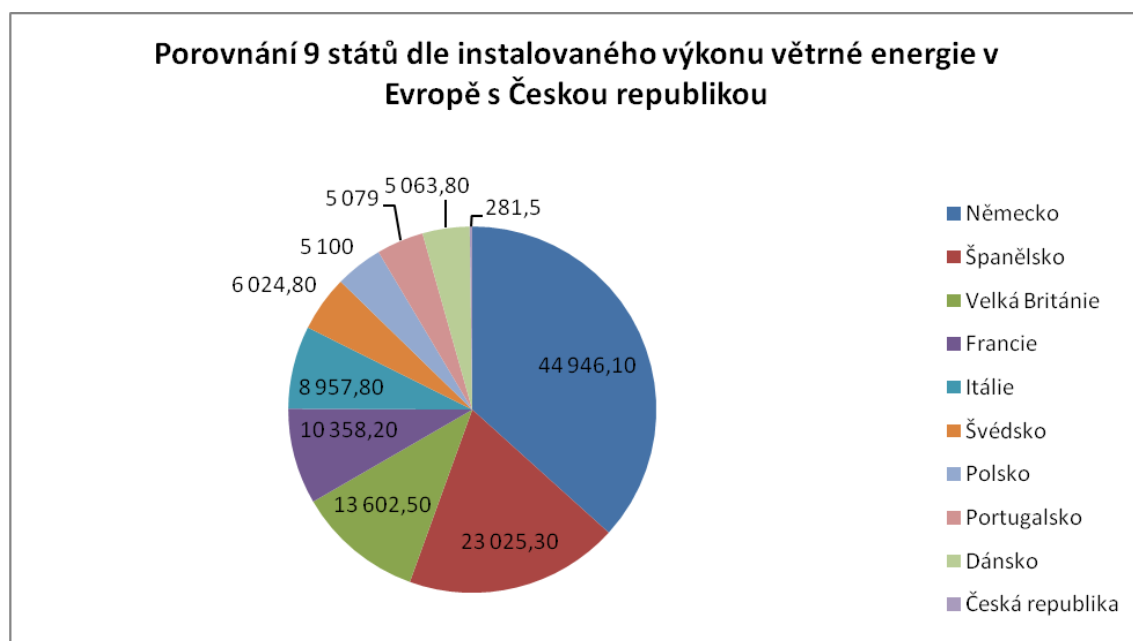
Obrázek č. 19: Větrná elektrárna u města Rohrau, převzato z [32]

4 Porovnání situace v ČR s ostatními evropskými státy

V evropských státech bylo celkem k roku 2015 nainstalováno okolo 138 GW kapacity větrné energie. Což dostačovalo pro pokrytí 11,4% elektrické energie požadované v celé Evropě.

V České republice bylo pro rok 2015 k dispozici 281,5 MW instalovaného výkonu větrné energie. I když se tento výkon od roku 2009 zvedl o skoro 100 MW, stále se republika řadí mezi jedny z nejmenších výrobců větrné energie v Evropě. Celkově našemu státu patří 22. pozice z celkových 28 států, které jsou sledovány v produkci větrné energie.

Následující graf č. 4 ukazuje o kolik Česká republika zaostává k roku 2015 v instalovaném výkonu u ostatních evropských států.



Graf č. 4: Porovnání 9 států dle instalovaného výkonu větrné energie v Evropě s Českou republikou, převzato z [31]

Pro obnovitelné zdroje energie platí v republice přijatelné výkupní ceny od Energetického regulačního úřadu. Proto se malým podnikatelům a firmám vyplatí investovat do OZE na výrobu energie a poté prodávat elektrickou energii distributorům.

Hlavním důvodem, proč se zaostává za evropskými špičkami, je dlouhá příprava projektů. Nedostatečná srozumitelnost zákonů, tak aby se větrné elektrárny mohly stavět na dostatečně efektivních místech pro jejich účinnost. Dále to jsou body jako nedůvěra obyvatelstva k obnovitelným zdrojům, velice náročné administrativní požadavky pro investory v jakékoliv fázi projektu a nedostatečné připojování do sítě, které jsou v rozporu s legislativou. Nedostatečné využívání větrných elektráren má také za následek ráz české krajiny, která je velmi kopcovitá. Z tohoto důvodu ne všechna místa jsou pro vystavění větrných elektráren příznivá.[33]

Z těchto bodů je dostatečně viditelná problematická úroveň českých zákonů o stavbě a provozu OZE. I když se stát snaží OZE podporovat dostatečnou výkupní cenou nebo dotacemi není to stále dostačující pro větší realizaci těchto zdrojů energie.

Nejefektivnější řešení pro využívání větrné energie je přijetí takových zákonů, který by jednoduše a efektivně dovolily výstavbu větrných elektráren v místech, kde jsou pro ně vytvořeny nejlepší přírodní podmínky. Zajišťování dotací a zvýšení cen výkupu energie by nárůst této energie mohl také podpořit.

Závěr

Cílem bakalářské práce bylo zhodnotit a popsat využití potenciálu větrné energie v České republice z hlediska přírodních, technických i legislativních podmínek a porovnání naší republiky s ostatními evropskými státy. Předloženou práci jsem proto rozdělil, do několika částí dle jednotlivých bodů zadání, ve kterých jsem popsal využívání větrné energie od jejího vzniku, historie, principů a funkce, až po srovnání s jinými státy v Evropské unii.

V první části jsem se věnoval popisu vzniku větrné energie, historickému využití, základnímu rozdělení a principu větrných elektráren. Toto rozdělení jsem zvolil z důvodu přiblížení celé problematiky větrné energie, i pro její snadnější pochopení.

Přírodní podmínky, které jsou v České republice, nejsou pro výstavbu větrných elektráren příliš příznivé. Buď jsou ideální podmínky nepřístupny díky Chráněným krajinným oblastem či Národním parkům, nebo jsou ideální lokace v částech, které se nemůžou z důvodu zástavby využívat. Povětrnostní podmínky, které panují ve výšce 10 a 100 m nad povrchem, nejsou taky dostatečně příznivé, a proto se musí uvažovat o výstavbě vyšších elektráren, které mají k dispozici lepší povětrnostní podmínky.

Při porovnávání využití větrné energie s ostatními evropskými státy nedopadla Česká republika moc příznivě. Nejen, že na špičku nejlepších států ztrácíme co do hlediska již instalovaného výkonu, ale i poměr nového výkonu, který každý rok v České republice uvedeme do provozu, se větším státům ani z daleka nevyrovná. Proto je zatím podíl vyrobené energie z větrných elektráren tak malý, že je oproti ostatním zdrojům téměř zanedbatelný.

Jako možné východisko z nedostatečného využívání větrné energie v České republice vidím ve zjednodušení zákonů o obnovitelných zdrojích, aby nebyla tak náročná po administrativní stránce věci. Tato změna by určitě přivedla nové investory, kteří by měli o tento druh energie zájem. Pomohlo by také zvýšení dotací na realizaci nových staveb a celkové zvýšení výkupních cen z obnovitelných zdrojů.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] Proč fouká a jak vzniká vítr? *IN-POČASÍ* [online]. [cit. 2017-06-01]. Dostupné z: www.in-pocasi.cz/clanky/teorie/vitr-jak-vznika/
- [2] Větrný mlýn Kuželov. Itras [online]. [cit. 2017-06-01]. Dostupné z: <http://itras.cz/vetrny-mlyn-kuzelov/galerie/12768/>
- [3] Větrné elektrárny. Techmania Science Center [online]. [cit. 2017-06-01]. Dostupné z: <http://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/tekutiny/proudeni-realne-tekutiny/vetrne-elektrarny>
- [4] Technická problematika větrných motorů. ENERGIE VĚTRU, VODY A BIOMASY [online]. [cit. 2017-06-06]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/90/07.html>
- [5] Větrný mlýn Chválkovice. Atlas Česka [online]. [cit. 2017-05-06]. Dostupné z: <http://www.atlasceska.cz/jihomoravsky-kraj/vetrny-mlyn-chvalkovice>
- [6] Eiffelovka dostala vlastní turbínu. Svět plný energie [online]. [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <http://www.svetplnyenergie.cz/eiffelovka-dostala-vlastni-turbiny>
- [7] Darrieus wind turbine. Wikipedia [online]. [cit. 2017-04-07]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Darrieus_wind_turbine
- [8] Větrné elektrárny V. - Malé větrné elektrárny v ČR. tzbinfo [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/vetrna-energie/14174-vetrne-elektrarny-v-male-vetrne-elektrarny-v-cr>
- [9] Z historie větrných elektráren. Odborné časopisy [online]. [cit. 2017-06-01]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/z-historie-vetrnych-elektraren-13364>
- [10] Větrné elektrárny IV. – Vývoj instalací v ČR i ve světě od přelomu tisíciletí. Tzbinfo [online]. [cit. 2017-06-02]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/vetrna-energie/13909-vetrne-elektrarny-iv-vyvoj-instalaci-v-cr-i-ve-svete-od-prelomu-tisicileti>
- [11] Větrné elektrárny. SindePlayer [online]. [cit. 2017-05-29]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/2399554/>
- [12] Vyhání větrné elektrárny zvěř. WEB Větrná energie s.r.o [online]. [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: http://www.vetrna-energie.cz/faq-10-castych-otazek/vyhaneji-vetrne-elektrarny-zver-_4
- [13] Větrné podmínky v České republice ve výšce 10 m nad povrchem I. Tzbinfo [online]. [cit. 2017-05-19]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/vetrna-energie/9770-vetrne-podminky-v-ceske-republice-ve-vysce-10-m-nad-povrchem-i>

- [14] Ochrana přírody, národních parky. Výukové materiály ZŠ Kaplice, Školní 226 [online]. [cit. 2017-05-19]. Dostupné z: <http://www.vyukovematerialy.cz/zemak/rocnik9/kraj5.htm>
- [15] Roční využití výkonu větrných elektráren v České republice. Tzbinfo [online]. [cit. 2017-06-02]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/vetrna-energie/11077-rocni-vyuziti-vykonu-vetrnych-elektren-v-ceske-republice>
- [16] Vyhřívání rotorových listů větrné elektrárny. CSVE [online]. [cit. 2017-06-03]. Dostupné z: <http://www.csve.cz/cz/clanky/vyhrevani-rotorovych-listu-vetrne-elektarny/314>
- [17] Výkupní ceny. CenyEnergie [online]. [cit. 2017-06-04]. Dostupné z: <http://www.cenyenergie.cz/vykupni-ceny/#/promo-ele>
- [18] Vývoj výkupních cen větrné energie a ostatních obnovitelných zdrojů. CSVE [online]. [cit. 2017-06-04]. Dostupné z: <http://csve.cz/clanky/vyvoj-vykupnich-cen-vetrne-energie-a-ostatnich-obnovitelnych-zdroju/278>
- [19] Německo a větrná energie. Rozhlas [online]. [cit. 2017-06-05]. Dostupné z: http://www.rozhlas.cz/vedaarchiv/portal/_zprava/188658
- [20] Větrné elektrárny v Německu dohnaly svou výrobou hnědouhelné. Oenergetice.cz [online]. 2015 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/nemecko/vetrne-elektarny-v-listopadu-v-nemecku-vyrobily-stejne-jako-hnedohuelne/>
- [21] O čem se nemluví: Blíží se blackout Evropy. Německé větrné elektrárny způsobují přetížení sítě. SecurityMagazin [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/nemecko/vetrne-elektarny-v-listopadu-v-nemecku-vyrobily-stejne-jako-hnedohuelne/>
- [22] Větrná velmoc Španělsko hlásí neobvyklý jev: 0 MW instalovaných větrných elektráren v roce 2015. Ekolist [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/vetrna-velmoc-spanelsko-hlasi-neobvykly-jev-0-mw-instalovanych-vetrnych-elektren-v-roce-2015>
- [23] Úpadek větrníků ve Španělsku: V roce 2015 instalováno 0 MW. Oenergetice.cz [online]. 2016 [cit. 2017-06-03]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/vetrna-energetika-ve-spanelsku-uvada-kvuli-politkcemu-ramci/>
- [24] Španělsko obnovuje podporu větrných elektráren, cena aukce byla pro Evropu rekordní. Oenergetice.cz [online]. 2017 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/rychle-zpravy/spanelsko-obnovuje-podporu-vetrnych-elektren-cena-aukce-byla-evropu-rekordni/>
- [25] Vítr nad uhlí. Větrné elektrárny v Británii vyrobily víc elektriny než ty uhelné. E15 [online]. [cit. 2017-06-01]. Dostupné z: <http://zpravy.e15.cz/byznys/prumysl-a-energetika/vitr-nad-uhli-vetrne-elektarny-v-britanii-vyrobily-vic-elektliny-nez-ty-uhelne-1327427>

- [26] Ritové překonali vlastní rekord, spustili největší větrnou elektrárnu na moři. I dnes [online]. [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: http://ekonomika.idnes.cz/nejvetsi-vetrna-elektrarna-na-mori-duj-/eko-zahranicni.aspx?c=A130705_143728_eko-zahranicni_ven
- [27] Větrné elektrárny na moři: 7 zajímavých projektů. EkoBonus [online]. 2012 [cit. 2017-06-01]. Dostupné z: <https://www.ekobonus.cz/vetrne-elektrarny-na-mori-7-zajimavych-projektu>
- [28] Větrná elektrárna bez vrtule se má vejít všude. Technet.cz [online]. 2015 [cit. 2017-06-03]. Dostupné z: http://technet.idnes.cz/elektrarna-zcela-bez-pohyblivych-casti-ma-zlevnit-elektrinu-z-vetru-lho-/tec_tecnika.aspx?c=A150601_154920_tec_tecnika_mla
- [29] Polské eldorádo z výstavby větrných elektráren. Česká pozice [online]. [cit. 2017-06-01]. Dostupné z: http://ceskapozice.lidovky.cz/polske-eldorado-z-vystavby-vetrnych-elektraren-ftv-/tema.aspx?c=A120118_052235_pozice_53195
- [30] Větrná energetika má v Polsku na kahánku. HYBRID.CZ [online]. 2017 [cit. 2017-05-29]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/vetrna-energetika-ma-v-polsku-na-kahanku>
- [31] Využívání větrné energie ve světě. Pro-vetrniky.cz [online]. [cit. 2017-05-29]. Dostupné z: <http://www.pro-vetrniky.cz/cs/fakta-o-vetrnych-elektrarnach/vetrne-elektrarny-ve-svete.html>
- [32] Rakousko má už 1000 větrných turbín. Chytrá energie [online]. [cit. 2017-06-02]. Dostupné z: <http://www.chytraenergie.info/index.php/chytra-energie-novinky/zelena-energie/304-rakosuko1000-turbin>
- [33] Větrná energie: Jak jsme na tom s výrobou elektřiny z větru? Nazeleno.cz [online]. [cit. 2017-06-07]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/energie/vetrna-energie/vetrna-energie-jak-jsme-na-tom-s-vyrobou-elektriny-z-vetru.aspx>
- [34] Z historie větrných elektráren. Elektro [online]. [cit. 2017-06-03]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/z-historie-vetrnych-elektraren--13364>
- [35] Větrné elektrárny – princip, rozdělení, elektrárny v ČR. Oenergetice.cz [online]. [cit. 2017-06-03]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/typy-elektraren/vetrne-elektrarny-princip-cinnosti-zakladni-rozdeleni/>
- [36] Větrné elektrárny: Nejčastější typy, experimentální projekty a zajímavosti. EkoBonus [online]. [cit. 2017-06-03]. Dostupné z: <https://www.ekobonus.cz/vetrne-elektrarny-nejcastejsi-ty-py-experimentalni-projekty-a-zajimavosti>
- [37] Víte, jak funguje větrná elektrárna? Elektrotechnika.cz [online]. [cit. 2017-06-02]. Dostupné z: <http://www.proelektrotechniky.cz/vzdelavani/4.php>