

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická
Katedra výkonové elektroniky a strojů

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
Větrná energetika v České republice a ve světě

Autor práce: **Vojtěch Fíla**
Vedoucí práce: **Ing. Milan Bělík, Ph.D.**

2023

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Vojtěch FÍLA**
Osobní číslo: **E19B0202P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Téma práce: **Větrná energetika v České republice a ve světě**
Zadávací katedra: **Katedra výkonové elektroniky a strojů**

Zásady pro vypracování

1. Uveďte teoretické základy využití energie větru.
2. Popište rozvoj větrné energetiky ve světě.
3. Analyzujte problematiku realizace a provozu větrných elektráren v ČR.
4. Zhodnoťte energetický a ekologický přínos větrné energetiky v ČR.

Rozsah bakalářské práce: **30 – 40**
Rozsah grafických prací: **dle doporučení vedoucího**
Forma zpracování bakalářské práce: **elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. Rychetník, V., Janoušek, J., Pavelka, J., Větrné motory a elektrárny, ČVUT Praha.
2. Internetové zdroje (www. eru. cz, atd.).

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Milan Bělík, Ph.D.**
Katedra elektroenergetiky

Datum zadání bakalářské práce: **7. října 2022**
Termín odevzdání bakalářské práce: **26. května 2023**



L.S.

Prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.
děkan

Prof. Ing. Václav Kůs, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 7. října 2022

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou větrné energetiky v České republice a ve světě. V úvodní části je představena historie a vývoj využití větrné energie, včetně přehledu různých typů větrných elektráren a popisu fyzikálních principů. Druhá část práce se zaměřuje na vývoj využívání větrné energie ve světě. V třetí části je pak popsán vývoj větrné energie v České republice a postup stavby větrné elektrárny v této zemi. V poslední části jsou zhodnoceny ekologické a ekonomické výhody a nevýhody využívání větrné energie.

Klíčová slova

Větrná elektrárna, větrná energie, výkon, větrný park, rychlost větru, životní prostředí, obnovitelný zdroj energie, Česká republika

Abstract

This bachelor thesis deals with the issue of wind energy in the Czech Republic and in the world. In the introductory part, the history and development of wind energy is presented, including an overview of different types of wind power plants and a description of the physical principles. The second part of the thesis focuses on the development of wind energy in the world. The third part describes the development of wind energy in the Czech Republic and the process of wind power plant construction in this country. In the last part, the ecological and economic advantages and disadvantages of using wind energy are evaluated.

Key Words

wind power, wind energy, power, wind farm, offshore, onshore, wind speed, environment, renewable energy, Czech Republic

Seznam symbolů a zkratk

VtE	Větrná elektrárna	
OZE	Obnovitelné zdroje energie	
EIA	Proces posouzení vlivů na životní prostředí	
E	Celková energie	Wh
P	Jmenovitý výkon	W
ρ	Hustota vzduchu	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$
A	Plocha	m^2
v	Rychlost větru	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
h	výška	m
Cp	koeficient výkonu turbíny	

Obsah

Úvod	- 1 -
1 Větrná energie.....	- 2 -
1.1 Historie.....	- 3 -
1.2 Druhy obnovitelných zdrojů energie	- 4 -
1.3 Specifikace větru.....	- 4 -
2 Druhy větrných turbín	- 7 -
2.1 Hlavní části větrné elektrárny	- 7 -
2.2 Horizontální větrná turbína	- 8 -
2.3 Vertikální větrná turbína	- 10 -
2.4 Plovoucí větrná turbína	- 13 -
2.5 Mikro větrná turbína	- 14 -
3 Rozvoj větrné energetiky ve světě.....	- 16 -
3.1 Současný a budoucí trh s větrnou energií	- 16 -
3.2 Země, které produkují nejvíce větrné energie.....	- 17 -
3.3 Problémy, které brání širokému rozšíření větrné energie	- 18 -
4 Rozvoj větrné energetiky v České republice	- 20 -
4.1 Realizace a provoz větrných elektráren v České republice	- 20 -
4.2 Postup realizace větrné elektrárny	- 21 -
4.2.1 Záměr stavby	- 21 -
4.2.2 Občané a obce.....	- 22 -
4.2.3 EIA a územní plán obce.....	- 22 -
4.2.4 Rezervace kapacity	- 23 -
4.2.5 Územní řízení	- 23 -
4.2.6 Stavební řízení	- 23 -
4.2.7 Financování projektu	- 24 -
4.2.8 Stavba	- 24 -
4.2.9 Zkušební provoz	- 24 -
4.2.10 Kolaudační řízení.....	- 24 -
4.2.11 Provoz.....	- 25 -
4.3 Současný stav větrné energie v České republice	- 26 -

4.4	Instalovaný výkon větrné energie v České republice	- 27 -
4.5	Potenciál budoucího rozvoje větrné energetiky v České republice	- 29 -
4.6	Veřejné mínění o větrné energii.....	- 30 -
4.7	Větrná energie v České republice - hospodářství a životní prostředí	- 31 -
4.8	Energetické a environmentální výhody větrné energie oproti jiným obnovitelným zdrojům energie	- 32 -
4.9	Vliv větrné energie na energetickou bezpečnost a nezávislost České republiky-	33
-		
5	Závěr.....	- 34 -
	Seznam obrázků.....	- 35 -
	Literatura	- 36 -

Úvod

Tématem mé práce je zkoumání otázky využívání větrné energie v České republice a ve světě. Abych toho dosáhl, rozdělil jsem práci do čtyř částí. V úvodní sekci se zabývám historií a vývojem využívání větrné energie, přičemž poskytuji přehled různých typů větrných elektráren. Druhá část se soustředí na globální vývoj využívání větrné energie a porovnává přední země v této oblasti. Zároveň se zabývá hodnocením jejich výhod a nevýhod. Ve třetí sekci popisuji specificky vývoj využívání větrné energie v České republice, zahrnující informace o stavbě větrných elektráren v zemi, zhodnocení potenciálu větrné energie a vyjmenování výhod a nevýhod využívání větrné energie v České republice. V poslední části práce provádím hodnocení ekologických a ekonomických aspektů využívání větrné energie.

1 Větrná energie

„Ještě předtím, než se větrné turbíny začaly využívat k výrobě elektřiny, se větrné mlýny používaly k mletí obilí. S rozvojem technologií a hledáním nových způsobů využití větrné energie se teoretické základy využití větrné energie změnily z původních fyzikálních a technických základů.“ [2] Využívání větrné energie v současnosti podporuje kromě historického využití i řada teoretických základů. Energie, kterou má věc při pohybu, se nazývá kinetická energie a je to zásadní myšlenka. K přeměně kinetické energie větru na elektrickou energii se ve větrných turbínách používají lopatky rotoru a generátor. Výkon neboli rychlost přenosu nebo přeměny energie je dalším zásadním teoretickým stavebním prvkem. Výroba výkonu větrných turbín je tím, co určuje jejich jmenovitou hodnotu. Existuje řada teoretických principů, které podporují myšlenku, že větrná energie je prospěšná pro životní prostředí. Patří mezi ně možnost energetické nezávislosti a snížení emisí skleníkových plynů. Výhody větrné energie lze lépe pochopit pomocí ekonomických myšlenek, jako jsou vyrovnané náklady na energii a možnost vytváření pracovních míst. Teoretické základy pro využívání větrné energie se vyvíjejí spolu s novými technologiemi, aplikacemi a naším chápáním obnovitelné energie a jejího potenciálu.

Větrná energie se v posledních letech stala významným zdrojem obnovitelné energie nejen v České republice. Za posledních deset let zaznamenala větrná energie průměrný roční nárůst výkonu o 20 %, což z ní činí jeden ze zdrojů energie s nejrychlejším tempem rozvoje na celém světě. Růst větrné energie je vyvolán obavami ze změny klimatu a dopadu současných zdrojů energie na životní prostředí. Větrná energie je zásadní strategií pro snížení emisí skleníkových plynů a minimalizaci dopadů globálního oteplování.

„Větrná energie sice nyní v České republice vyrábí jen malou část elektřiny, ale očekává se, že její podíl poroste. Stát si stanovil vysoké cíle pro zvýšení podílu obnovitelných zdrojů energie na výrobě elektřiny, přičemž do roku 2030 by měl podíl obnovitelných zdrojů činit 22 %. Vláda zavedla politiku na podporu rozvoje větrné energie v zemi, která by měla hrát významnou roli při plnění tohoto cíle. Jedním z nejrychleji se rozvíjejících odvětví obnovitelné energie je v posledních letech větrná energie.“ [22] Mezinárodní energetická agentura (IEA) předpovídá, že podíl větrné energie na celosvětovém trhu s elektřinou vzroste ze současných 5 % v roce 2019 na 18 % v roce 2025. K tomuto rozšíření přispívá snižování cen, technologický pokrok a povzbuzující politika vlád. Pokračující celosvětový růst větrné

energie je velkým příslibem pro urychlení eliminace škodlivých skleníkových plynů a zavedení udržitelnější energetické infrastruktury. [30]

1.1 Historie

Větrná energie se již odedávna využívá k různým mechanickým účelům, včetně mletí, čerpání vody a mletí obilí. Větrné mlýny se původně používaly v Číně a Evropě poté, co byly postaveny v Persii kolem roku 200 před naším letopočtem. Až do devatenáctého století byla většina větrných mlýnů v Evropě větrnými turbínami se svislou osou, což znamená, že jejich rotorové hřídele byly vertikální. Horizontální větrné turbíny s horizontální osou rotoru a vyšší účinností předznamenaly moderní éru větrné energie na konci 19. století. Tyto první turbíny se používaly především k zásobování venkovských obcí a malých ostrovů elektřinou. Až v 70. letech 20. století byla větrná energie vážně hodnocena jako komerčně využitelný zdroj energie. Více než 700 GW instalovaného výkonu na celém světě do roku 2021 činí z větrné energie jeden z nejrychleji se rozvíjejících obnovitelných zdrojů energie na světě. Světovým lídrem ve výrobě větrné energie je Čína, následovaná USA, Německem a Indií.

Větrná energie se spolu s dalšími formami alternativní energie stala předmětem obnoveného zájmu během ropné krize v 70. letech 20. století. Průkopníkem ve využívání větrné energie bylo Dánsko, které je v této oblasti stále na špičce. Spolu s technologickým rozvojem rostla velikost a účinnost větrných turbín. Ve srovnání s moderními turbínami byl výkon starších turbín často jen několik kilowattů. Stále více se také prosazují větrné farmy, které se skládají z velkého počtu vzájemně propojených turbín. Dalším významným krokem vpřed je vývoj větrné energie, která se má využívat na moři. Větrné turbíny na moři mají přístup k silnějším a spolehlivějším větrům a jsou umístěny blíže k oblastem s hustým osídlením a významnou potřebou energie. Ve Spojeném království a Dánsku se nacházejí jedny z největších větrných elektráren na moři na světě, což přispívá k tomu, že Evropa zaujímá přední místo v odvětví obnovitelné energie. Přestože větrná energie dosáhla značného pokroku, stále existuje mnoho problémů, které je třeba vyřešit, než se bude moci široce rozšířit. Provozovatelé sítí musí překonat nestálost větrné energie, která je významnou překážkou. Inovace v oblasti skladování energie, jako jsou baterie a přečerpávací vodní elektrárny, pomáhají tuto překážku odstranit a zvyšují spolehlivost výroby energie z větru. [31]

1.2 Druhy obnovitelných zdrojů energie

Obnovitelné zdroje energie jsou energetické zdroje, které využívají přírodní procesy a zdroje, které jsou nevyčerpatelné nebo se obnovují ve srovnatelném časovém měřítku s lidskou spotřebou energie. Tyto zdroje energie mají nižší dopad na životní prostředí než tradiční fosilní paliva a přispívají k omezení emisí skleníkových plynů.

Mezi hlavní obnovitelné zdroje energie patří:

- Sluneční energie: Využívání slunečního záření k výrobě elektrické energie pomocí solárních panelů (fotovoltaika) nebo využívání tepelné energie slunce k ohřevu vody.
- Větrná energie: Využívání síly větru k pohonu větrných turbín, které generují elektrickou energii.
- Vodní energie: Využívání energie pohybu vody (řeky, vodopády, přílivy) k pohonu vodních turbín v hydroelektrárnách nebo využívání teploty oceánů k výrobě elektrické energie (oceánská termální energie).
- Biomasa: Využívání organických materiálů, jako jsou dřevo, zemědělské odpady nebo biologický odpad, ke výrobě energie buď spalováním nebo fermentací (bioplyn).
- Geotermální energie: Využívání tepla z hlubin Země pro vytápění nebo generování elektrické energie.

Obnovitelné zdroje energie mají potenciál poskytovat čistou, udržitelnou a ekonomicky přijatelnou energii. Jejich využívání může přispět k snížení emisí skleníkových plynů. [16]

1.3 Specifikace větru

Rychlost větru (v): Jedná se o nejdůležitější parametr při výpočtu větrné energie. Rychlost větru se obvykle měří v metrech za sekundu (m/s) nebo kilometrech za hodinu (km/h). Sledování rychlosti a směru větru v čase je nezbytné pro určení potenciálu místa pro využití větrné energie. Rychlost větru se obvykle měří ve výšce 30 metrů nad zemí nebo vyšší.

Hustota vzduchu (ρ): Hustota vzduchu je další důležitý parametr, který se používá k výpočtu větrné energie. Je ovlivněna teplotou, tlakem a vlhkostí vzduchu. Většinou se udává v kilogramech na metr krychlový (kg/m^3).

Průměrná plocha kolové plochy (A): Plocha kolové plochy větrné turbíny se obvykle udává v metrech čtverečních (m^2). Jedná se o plochu, kterou vítr ovlivňuje.

Potenciál větrné energie se často popisuje jako hustota výkonu neboli množství energie dostupné na jednotku plochy obtékané rotorem. Hustota výkonu se liší v závislosti na rychlosti větru a průměru rotoru.

Dalším podstatným faktorem potenciálu větrné energie je umístění větrné turbíny. V případě, kdy se nacházíme na rovném terénu, lze vztah mezi rychlostí a výškou vyjádřit pomocí drsnosti povrchu. Pro výpočet můžeme využít následující vzorec:

$$\frac{v_h}{v_o} = \left(\frac{h}{h_o}\right)^n \quad (1)$$

kde v_o je naměřená rychlost větru ve výšce h_o (m/s), v_h je vypočítaná rychlost větru ($m \cdot s^{-1}$), h_o je výška, ve které se provádí měření (m), h je výška umístění osy rotoru (m), n je exponent závislý na drsnosti povrchu.

Na moři a v pobřežních oblastech je vyšší potenciál pro využití větrné energie, neboť zde dochází k častějšímu a stabilnějšímu výskytu silných větrů. Důvodem je nižší terén a menší množství překážek, což snižuje pravděpodobnost turbulencí a zpomalování rychlosti větru.

Tabulka 1.1 Závislost na drsnosti povrchu [1]

Povrch	n
hladký povrch - vodní hladina, písek	0,14
louka s nízkým travnatým porostem nebo oranice	0,16
vysoká tráva, nízké obilné porosty	0,18
porosty vysokých kulturních plodin, nízké lesní	0,21
lesy s mnoha stromy	0,28
vesnice a malá města	0,48

Instalovaný výkon (P_i) označuje maximální elektrický výkon elektrárny, ke kterému je technicky způsobilá. Udává se ve wattch (W).

Výroba energie (E) označuje, kolik elektrárna za daných vnějších podmínek reálně vyprodukuje. Udává se ve wathodinách (Wh).

Výpočet větrné energie se liší v závislosti na specifických podmínkách a typech větrných turbín. Následuje jeden z nejčastěji používaných vzorců pro výpočet výkonu větrné turbíny:

$$P = 0,5 \cdot \rho \cdot A \cdot C_p \cdot v^3 \quad (2)$$

kde P je výkon větrné turbíny ve watttech, ρ je hustota vzduchu v $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$, A je průměrná plocha kolové plochy v m^2 , C_p je koeficient výkonu turbíny (bezrozměrná hodnota mezi 0 a 1), v je rychlost větru v $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Tento vzorec kombinuje faktory, jako je hustota vzduchu, plocha průřezu turbíny, koeficient výkonu a rychlost větru, aby určil výkon generovaný větrnou turbínou. Je však důležité si uvědomit, že existuje mnoho dalších faktorů, které mohou ovlivnit skutečný výkon větrné turbíny, jako jsou ztráty přenosu, účinnost převodovky atd.

Životaschopnost větrné energie ovlivňují také změny rychlosti větru v průběhu roku a dne. Větrné turbíny jsou optimalizovány tak, aby získávaly co nejvíce energie z větru v těch částech dne a roku, kdy je rychlost větru obvykle vyšší. Meteorologické údaje se shromažďují, aby bylo možné zjistit zákonitosti rychlosti a směru větru v průběhu času. Tyto údaje se pak využívají k určení potenciálu větrné energie v dané oblasti a k usměrnění rozhodnutí o návrhu a umístění větrné farmy.[1]

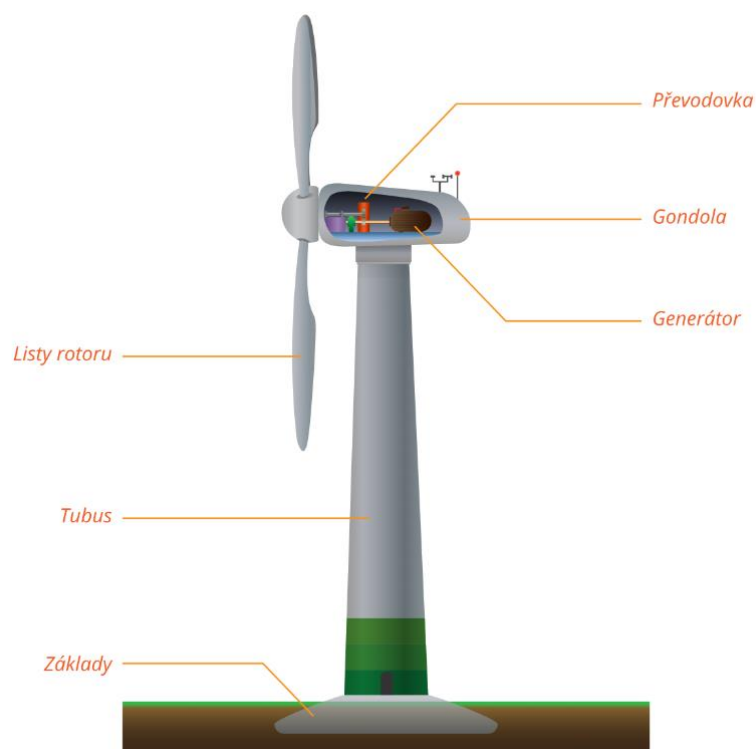
2 Druhy větrných turbín

Větrné turbíny mohou mít horizontální nebo vertikální osu. U turbín s horizontální osou směřuje rotor proti větru, zatímco u turbín se svislou osou je rotor kolmý k proudu vzduchu. V turbíně proti větru je rotor umístěn před věží, takže směřuje proti směru větru. Na druhou stranu, větrné turbíny jsou aerodynamicky stabilnější, protože rotor je umístěn za věží. Podobně jako křídla letadla vytvářejí listy rotoru větrné turbíny vztlak díky svému aerodynamickému tvaru při otáčení. Rotor se pohání tažnou silou, kterou vytvářejí lopatky, a tato energie je přenášena na generátor. Turbíny s vodorovnou osou mají také různé varianty, jako jsou turbíny s regulací výšky, turbíny s regulací sklonu a turbíny se proměnlivou rychlostí. Lopatky rotoru turbíny s regulací sklonu jsou schopny nastavit úhel náběhu tak, aby se udržovala konstantní rychlost otáčení turbíny. Naproti tomu u turbín s regulací náklonu se úhel lopatek nastavuje pomocí mechanismu. Aby bylo možné maximalizovat získávání energie za různých větrných podmínek, používají turbíny s proměnnými otáčkami generátor, který může měnit své otáčky.

Kromě toho mohou mít rotory od dvou do šesti listů a různé konfigurace mezi nimi. Třílisté rotory se používají stále častěji kvůli jejich vyšší účinnosti a lepší stabilitě při silnějším větru, přestože dvoulisté rotory jsou konstrukčně jednodušší a vyžadují méně údržby. Promyšlená by měla být i věž větrné elektrárny. Množství větru, které lze zachytit, se liší v závislosti na výšce věže, která může být buď trubková, nebo příhradová. Pokud jsou věže vyšší, lze vyrobit více energie, protože rotor může účinněji zachytit vítr. Větší konstrukce však vyžadují dražší a robustnější stavební materiály. [9]

2.1 Hlavní části větrné elektrárny

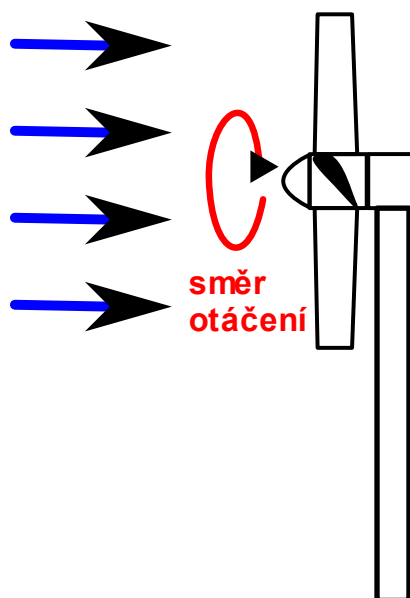
Na první pohled je každá větrná turbína složena z tří základních částí: rotoru, gondoly a tubusu. K rotoru jsou připevněny listy, které jsou většinou tři. V gondole se nachází převodovka a generátor. Čtvrtou částí je základ, který často zůstává skrytý v zemi („onshore“) nebo pod hladinou moře, či jiné vodní plochy („offshore“).



Obr. 2.1.: Větrná elektrárna – základní části [19]

2.2 Horizontální větrná turbína

Horizontální osová větrná turbína je nejrozšířenějším a dobře známým typem větrné turbíny využívaným pro výrobu elektrické energie.



Obr. 2.2.: Horizontální větrná turbína [13]



Obr 2.3.: Horizontální větrná farma na moři [2]

Tato turbína je vybavena třílístým rotorem, který je umístěn horizontálně a otáčí se kolem svislé osy. Rotor je klíčovou částí turbíny a jeho hlavním úkolem je zachytit energii větru a přeměnit ji na rotační pohyb.

Dalším důležitým prvkem horizontální osové větrné turbíny je generátor, který je spojen s rotorem. Když rotor rotuje, generátor přeměňuje mechanickou energii získanou z větru na elektrickou energii. Nejběžněji používaným typem generátoru je synchronní generátor s trvalými magnety.

Řídicí systém je další nedílnou součástí turbíny. Jeho úkolem je monitorovat rychlost a směr větru a upravovat natočení rotoru tak, aby turbína vždy byla ve vhodné poloze ve vztahu k proudění větru. Řídicí systém také zajišťuje bezpečný provoz turbíny a ochranu před přílišným zatížením nebo poškozením při extrémních podmínkách větru.

Pro umístění turbíny slouží věž, která může být vyrobena z oceli, betonu nebo jiných pevných materiálů. Výška věže závisí na místních podmínkách a snaze dosáhnout optimálních větrných podmínek.

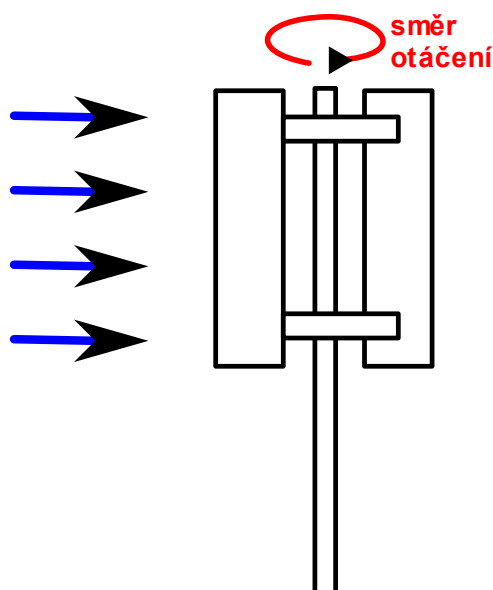
Dalším důležitým prvkem je převodovka, která přenáší rotační pohyb z rotoru na generátor. Převodovka zvyšuje otáčky rotoru na dostatečnou rychlost pro efektivní generaci elektrické energie.

Horizontální osové větrné turbíny jsou považovány za nejefektivnější při zachycování energie větru a jsou nejčastěji používaným typem ve větrných farmách a

průmyslových větrných elektrárnách. Jejich konstrukce a design se však mohou lišit v závislosti na konkrétním výrobcí a technologii. [9] [13]

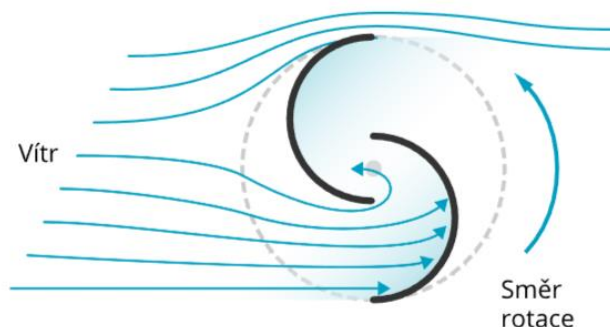
2.3 Vertikální větrná turbína

Vertikální osová větrná turbína je druh větrné turbíny, která se liší od horizontálních osových turbín tím, že rotor je umístěn ve svislém směru a otáčí se kolem vodorovné osy. Existuje několik variant vertikálních osových turbín, zahrnující Savoniovu turbínu, Darrieovu turbínu a Giromill.



Obr. 2.4.: Vertikální větrná turbína [13]

Savoniova turbína má tvar dvou polokruhových lopatek umístěných na ose ve tvaru "S". Při rotaci se lopatky střídavě pohybují proti větru a využívají vztlaku a odporu pro pohyb. Jejich jednoduchá konstrukce a schopnost zachytit vítr z různých směrů činí Savoniovu turbínu vhodnou pro menší aplikace a nízké rychlosti větru.

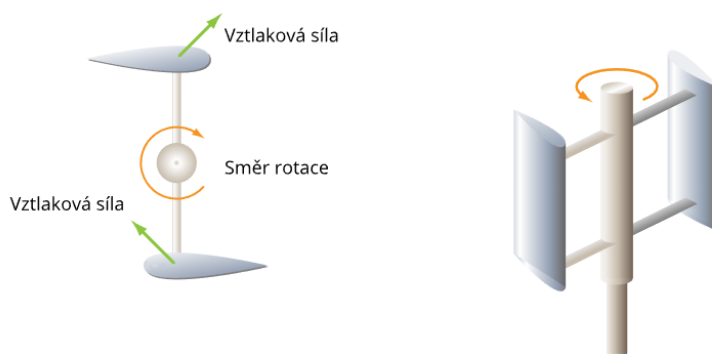


Obr. 2.5.: Vertikální větrná turbína [3]



Obr. 2.6.: Malá vertikální Savoniová větrná turbína [12]

Darrieova turbína je charakteristická svou vertikální, šroubovicovou konstrukcí s lopatkami ve tvaru vzdušného šroubu. Díky tomuto designu může využít vztlaku a aerodynamického zdvihu k pohybu. Darrieovy turbíny mají větší výkon než Savoniovy turbíny, ale vyžadují určitou minimální rychlost větru k jejich spolehlivému fungování.

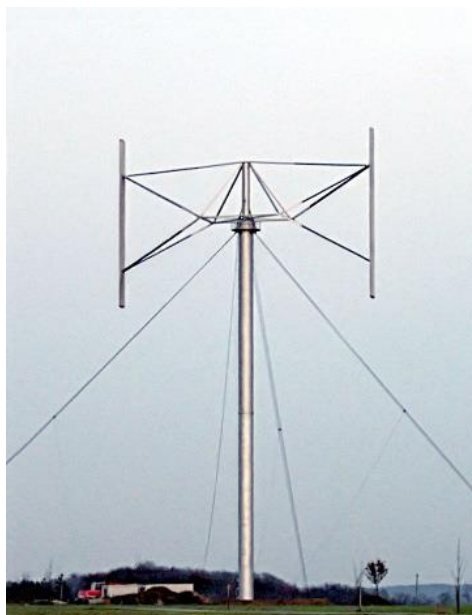


Obr. 2.7.: Princip Darrieovo turbíny [11]



Obr. 2.8.: Darrieova turbína v Kanadě [11]

Giromill je další typ vertikální osově turbíny, který se skládá z několika vertikálně umístěných lopatek kolem centrálního sloupu. Tyto lopatky mají podobný tvar jako lopatky vodního mlýna. Je schopen zachytit vítr z různých směrů a je vhodný pro širokou škálu rychlostí větru.



Obr. 2.9.: Giromillova turbína v Kanadě [19]

Vertikální osová větrná turbína má několik výhod, jako je schopnost pracovat s vírem způsobeným blízkými stavbami, nižší hluk a snadnější údržba. Tyto turbíny jsou často

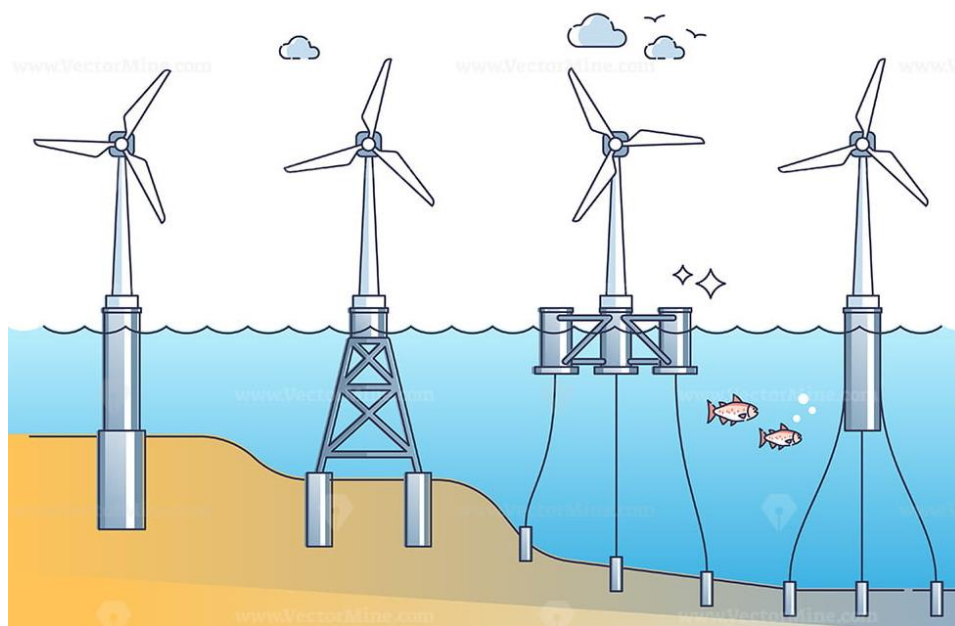
používány pro menší aplikace, jako jsou domovní větrné turbíny, a v oblastech s proměnlivým směrem a intenzitou větru.

Je však třeba poznamenat, že vertikální osová větrná turbína má obecně nižší účinnost než horizontální osová větrná turbína a jsou méně časté ve větších větrných farmách. Jejich design a výkon se však stále vyvíjí a zkoumají se nové technologie. [3] [13]

2.4 Plovoucí větrná turbína

Plovoucí větrná turbína je speciální typ větrné turbíny, která je umístěna na moři a je namontována na plovoucí platformě, které se říká offshore. Tato technologie umožňuje instalaci větrných turbín na hlubokém moři, kde jsou silnější a konzistentnější větrné podmínky, což zvyšuje potenciál pro výrobu elektrické energie.

Plovoucí větrné turbíny mohou mít různé typy plovoucích konstrukcí, včetně plováků, které jsou ukotveny ke dnu moře pomocí kotvicích lan, nebo plováků s ponořovacími váhami, které udržují turbínu ve správné poloze pomocí regulace hmotnosti a plovoucího bodu. Tyto konstrukce umožňují turbíně pohybovat se s mořskými vlnami a větrem a přizpůsobit se měnícím podmínkám.



Obr.2.10.: Způsob ukotvení větrných elektráren na vodě [4]

Plovoucí větrné turbíny představují výzvu z hlediska stability a spolehlivosti, protože musí odolávat silným mořským podmínkám, jako jsou vlny, proudy a vítr. Pro dosažení stability jsou tyto turbíny vybaveny pokročilými řídicími systémy a technologiemi, které udržují turbínu ve správné poloze a minimalizují vliv mořských podmínek na její výkon.

Plovoucí větrné turbíny mají několik výhod oproti větrným turbínám na pevné pevnině. Mohou být instalovány ve větších hloubkách moře, kde je větší potenciál větrné energie. Navíc, díky umístění na moři, jsou plovoucí turbíny méně viditelné z pobřeží a mohou snížit konflikty s krajinou a obyvateli.

Plovoucí větrné turbíny se stále vyvíjejí a zdokonalují se technologie, aby se zvýšila jejich účinnost a spolehlivost. Jsou považovány za perspektivní možnost v oblasti výroby obnovitelné energie z větru, zejména v oblastech s omezenými možnostmi instalace větrných turbín na pevnině. [4] [9]

2.5 Mikro větrná turbína

Mikro větrná turbína je malý typ větrné turbíny, která je navržena pro využití v méně náročných prostředích, jako jsou domovy, chaty, venkovské oblasti nebo menší podniky. Tento typ turbíny je obvykle schopen generovat výkon v rozmezí několika desítek wattů až několika kilowattů.



Obr. 2.11.: Mikro větrné elektrárny na rodinných domech ve Velké Británii [5]

Mikro větrné turbíny mají obecně horizontální osovou konfiguraci a podobají se menším verzím průmyslových větrných turbín. Mohou mít tři nebo čtyři listy a jsou vyrobeny z lehkých a pevných materiálů, jako je sklolaminát nebo uhlíkový kompozit.

Tyto turbíny jsou navrženy tak, aby zachytily energii větru i při nízkých rychlostech větru, které jsou typické pro městská prostředí. Mohou být instalovány na střeších budov, sloupech, stožárech nebo specializovaných věžích. Jejich kompaktní velikost a snadná instalace umožňují využití v omezeném prostoru.

Mikro větrné turbíny mají různé aplikace. Mohou být využívány pro výrobu elektrické energie pro vlastní potřebu, což může snížit závislost na konvenčních zdrojích energie. Mohou být také použity pro nabíjení baterií nebo napájení malých zařízení a systémů, jako jsou osvětlení, monitorovací zařízení, komunikační zařízení apod.

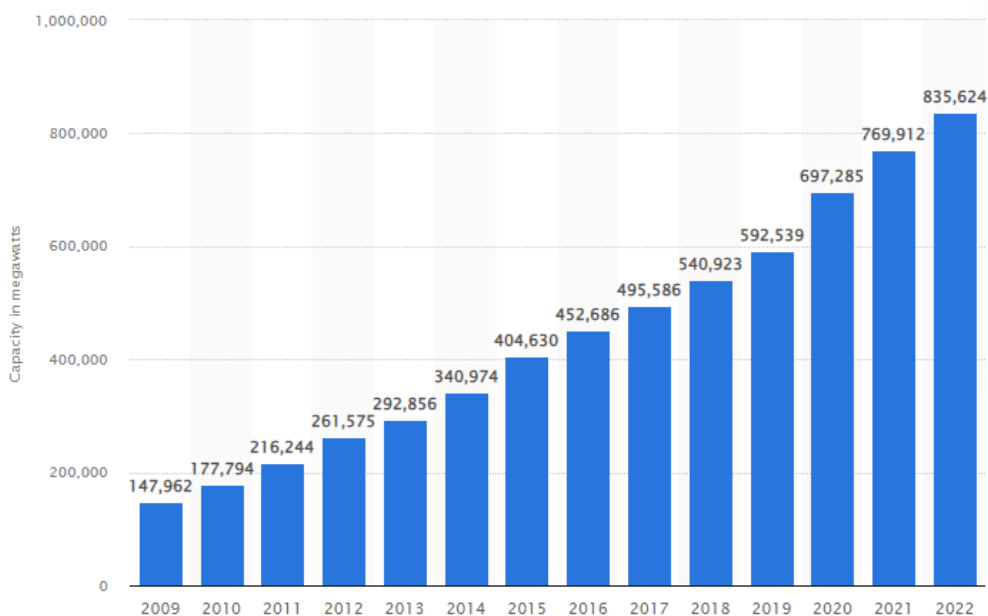
Při výběru mikro větrné turbíny je důležité zohlednit rychlost větru v dané oblasti, protože výkon turbíny závisí na rychlosti větru. Je také důležité vzít v úvahu stavební předpisy a omezení pro instalaci větrných zařízení.

Mikro větrné turbíny představují jednu z možností pro nevšední způsob výroby energie z větru. Jejich malé rozměry a relativně nízká cena mohou být atraktivní pro jednotlivce a menší podniky, kteří chtějí snížit svou závislost na fosilních palivech a přispět k ochraně životního prostředí. [2] [9]

3 Rozvoj větrné energetiky ve světě

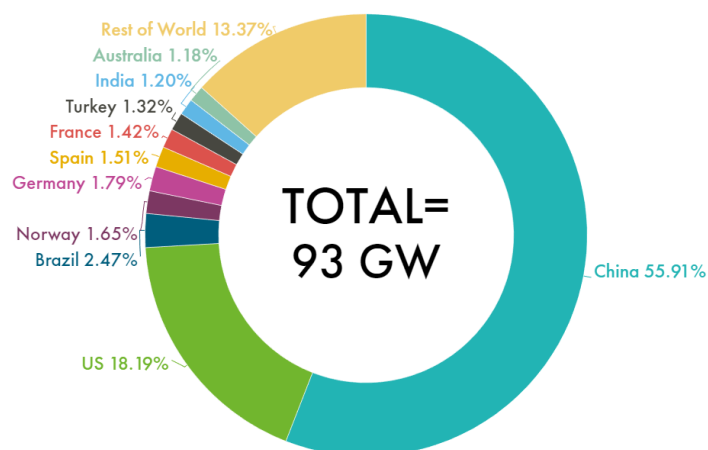
3.1 Současný a budoucí trh s větrnou energií

Z hlediska celosvětové výroby větrné energie Čína v současnosti předstihuje Spojené státy, Německo a Indii. K růstu odvětví větrné energie přispěla řada důležitých událostí, včetně technologických průlomů a vytvoření nových trhů v Asii a Latinské Americe.



Obr. 3.1.: Celkový instalovaný výkon větrných elektráren ve světě [7]

Světový instalovaný výkon větrné energie se v roce 2020 zvýšil o 93 GW a v roce 2021 dosáhl více než 700 GW. Větrná energie nejrychleji rostoucím obnovitelným zdrojem energie s ročním tempem růstu 20 %. Evropa je s více než 200 GW instalovaného výkonu dlouhodobě největším trhem pro větrnou energii.



Obr. 3.2.: Instalovaný výkon větrných elektráren v roce 2021 dle jednotlivých zemí [6]

Očekává se, že Čína bude mít do roku 2025 více než 350 GW instalovaného výkonu větrné energie, čímž se stane světovým lídrem v tomto odvětví. Růstu odvětví větrné energie napomáhají větrné elektrárny na pevnině i na moři. Zatímco větrné farmy na moři jsou stále populárnější, větrné farmy na pevnině jsou stále normou. Větrné farmy na moři mají potenciál vyrábět ještě více energie než jejich protějšky na pevnině, a to díky větší a stále rychlosti větru nad vodou.

Rostoucí obliba větrné energie je důležitou zbraní v boji proti změně klimatu. Ve srovnání s fosilními palivy mají obnovitelné zdroje energie, jako je větrná energie, mnohem menší dopad na životní prostředí. V roce 2019 výroba energie z větru zabránila vypouštění 1,1 miliardy tun oxidu uhličitého do atmosféry, což odpovídá vyřazení 211 milionů automobilů ze silnic. Srůstem poptávky po větrné energii došlo k významnému pokroku v konstrukci a výrobě větrných turbín. Současné větrné turbíny jsou nákladově efektivnější a účinnější než jejich předchůdci díky větší výšce, větším lopatkám a zdokonalenému řízení. Digitální technologie, jako je internet věcí (IoT) a umělá inteligence (AI), zvyšují výkonnost větrných turbín a snižují náklady na údržbu. [21]

3.2 Země, které produkují nejvíce větrné energie

Výroba větrné energie v Číně prudce vzrostla díky agresivnímu úsilí vlády o rozšíření využívání obnovitelných zdrojů energie. Čínská vláda stanovila cíle v oblasti obnovitelných zdrojů energie a zavedla nařízení, která vyžadují, aby určitý podíl elektřiny pocházel z obnovitelných zdrojů, jinak bude finančně postižena. Větrná energie se ve velkém množství vyrábí také ve Spojených státech, Německu a Indii. Vzhledem k bohatým zdrojům větrné energie a podpůrným federálním a státním právním předpisům se ve Spojených státech nachází značná kapacita větrné energie. Většina větrné energie ve Spojených státech pochází ze severovýchodu, kde jsou větry nejprudší. Také Německo je lídrem v rozvoji větrné energie. Rychlý růst indické větrné energetiky lze přičíst výkupním cenám a dalším vládním pobídkám. Větrná energie zajišťuje významnou část elektrické energie v Dánsku a díky ní se tato země stala světovým lídrem v této oblasti. Dánsko bylo jednou z prvních zemí, která investovala do větrné energie, a země má dlouhou historii výroby větrných turbín a souvisejících zařízení. Úspěch země v oblasti větrné energie lze přičíst prozíravé politice a hluboké víře v důležitost obnovitelných zdrojů. Španělsko je také významné na trhu s větrnou energií s instalovaným výkonem 27 GW v roce 2021. Geografické podmínky

Španělska jsou pro rozvoj větrné energie příznivé a vláda země poskytla další podporu prostřednictvím výkupních cen a dalších pobídek.

Saúdská Arábie investuje do větrné energie na celém Blízkém východě, aby diverzifikovala svůj energetický mix a snížila svou závislost na ropě. V zemi nyní vzniká několik velkých větrných projektů, včetně větrné farmy Dumat Al Jandal o výkonu 400 MW, která bude jednou z největších na světě. [10]



Obr. 3.3.: Větrná farma Dumat Al Jandal v Saudské Arábii [10]

Velké množství větrné energie vyrábějí také země jako jsou Velká Británie a Brazílie. Díky vstřícnému regulačnímu prostředí a důrazu na komunitní větrné projekty stojí Španělsko v čele hnutí za větrnou energii na pevnině. Vláda Spojeného království plánuje, že do roku 2030 bude instalováno 40 GW větrné energie na moři. Dánsko má bohatou historii v oblasti konstrukce větrných turbín a v současné době investuje velké prostředky do výzkumu a vývoje v oblasti větrné energie. Větrné elektrárny na pevnině v Brazílii a vládní pobídky pro rozvoj obnovitelných zdrojů energie vedly k výraznému rozšíření kapacity větrné energie v zemi. Široký úspěch větrné energie v mnoha zemích lze přičíst řadě důvodů, včetně příznivého terénu, příznivých vládních politik a silného závazku k obnovitelné energii.

3.3 Problémy, které brání širokému rozšíření větrné energie

Větrná energie je sice celosvětově na vzestupu, ale v některých oblastech se jí brání. Větrná energie se potýká s řadou překážek, mezi něž patří:

- Výroba energie z větru je přerušovaná, protože rychlost větru značně kolísá. To může působit potíže provozovatelům rozvodných sítí, kteří musí udržovat stálou rovnováhu mezi nabídkou a poptávkou po elektřině.
- Integrace do sítě: V oblastech, kde je větrná energie hojně využívána, může zatěžovat energetické sítě. Abychom mohli podporovat masivní výrobu větrné energie, je třeba zdokonalit síťovou infrastrukturu a technologii skladování energie.
- V místech s nízkými náklady na energii nebo s výraznými dotacemi na starší zdroje energie se větrná energie stále potýká s překážkami, přestože je s nimi cenově stále konkurenceschopnější.
- V některých oblastech se veřejnost staví proti rozvoji větrné energetiky, protože větrné turbíny jsou podle některých lidí trnem v oku a zdrojem obtěžujícího hluku.
- Úhyn ptáků a netopýrů a narušení životního prostředí jsou jen dva příklady environmentálních problémů, které by mohly způsobit větrné turbíny. Kvůli těmto účinkům byla výroba větrné energie v některých oblastech omezena.
- V místech, kde nejsou zavedena vládní pravidla, jako jsou dotace, daňové pobídky a cíle v oblasti obnovitelných zdrojů energie, může být pro větrnou energii obtížné konkurovat konvenčním zdrojům elektřiny.
- Rozvoj větrné energie v lokalitách s malou rozlohou půdy může být náročný vzhledem k obrovskému množství prostoru potřebného pro větrné turbíny a financování projektů větrné energie může být náročné vzhledem k obrovským počátečním investicím. To platí zejména v regionech s méně rozvinutými finančními trhy.

Přestože technologie větrných turbín značně pokročila, stále existují určitá technologická omezení, jako je nemožnost získávat větrnou energii v oblastech se slabým větrem a potřeba pokročilejších technologií skladování energie. Přestože větrná energie nabízí mnoho výhod, v některých regionech stále existují překážky, které brání jejímu širokému využití. Jejími nevýhodami jsou přerušovaná povaha větrné energie, potíže s připojením k síti, vysoké náklady a negativní veřejné mínění. Očekává se, že význam větrné energie jako čistého a obnovitelného zdroje energie v nadcházejících letech poroste, a to jak v důsledku technologického pokroku, tak i příznivějších zákonů. [24]

4 Rozvoj větrné energetiky v České republice

4.1 Realizace a provoz větrných elektráren v České republice

Problémy s technickými, finančními a sociálními aspekty výstavby a údržby větrných elektráren jsou v České republice časté. Výstavba větrné elektrárny v České republice, od prvotního nápadu až po realizaci trvá 3 až 5 let, někdy i více, i když samotná stavba jen pár měsíců.



Obr. 4.1.: Stavba větrné elektrárny Janov [14]

Větrná energie se v České republice prosazuje pomalu a pouze malé procento elektřiny v zemi pochází z větrných turbín. V České republice jsou zákony a předpisy upravující využívání větrné energie spleť a většinou nepřívětivé. Na podporu využívání obnovitelných zdrojů energie, jako je větrná energie, vláda vypracovala program pro stanovení cen energie, program ztěžující projektům větrné energie dosažení zisku. Navíc přísné předpisy České republiky týkající se umístění a výstavby větrných elektráren brání rozvoji větrné energetiky. Omezené zdroje větrné energie v České republice ztěžují výstavbu a provoz zařízení větrných elektráren. Pokud nebudou větrná zařízení schopna fungovat co nejefektivněji, může dojít ke zvýšení sazeb za elektřinu.

Dalším náročným úkolem je hledání vhodných míst pro zařízení větrné energie, a to kvůli jedinečnému terénu země a malému množství dostupné půdy. Větrné elektrárny v České republice mají vysoké náklady na stavbu a údržbu. Vnímání rozvoje větrné energetiky veřejností a zapojení komunity do něj má významný vliv na zavádění a provoz větrných

elektráren v České republice. Jedni se obávají škodlivých důsledků pro lidskou společnost a přírodu, druzí jsou větrnou energií nadšeni. V důsledku toho se často objevuje odpor proti rozvoji větrné energetiky, což může ztížit získání potřebných licencí a povolení pro projekty větrných elektráren. Než se v České republice začnou rozvíjet a provozovat zařízení na výrobu energie z větru, je třeba vyřešit řadu problémů, které jsou technologické, finanční i společenské. Stát však může zvýšit využívání větrné energie využitím příležitostí, jako je přijetí benevolentnější legislativy a financování výzkumu a vývoje s cílem zlepšit účinnost a cenovou dostupnost technologií větrné energie. [14]

4.2 Postup realizace větrné elektrárny

4.2.1 Záměr stavby

Před veřejným oznámením plánu na výstavbu větrných elektráren provádí investor důkladné průzkumy potenciální lokality z několika hledisek. Investor se zaměřuje na následující kritéria:

- Větrné podmínky: Získává informace o očekávané intenzitě větru na daném místě. Využívá větrnou mapu Ústavu fyziky atmosféry Akademie věd ČR, případně data z Českého hydrometeorologického ústavu nebo blízkých meteorologických stanic. Zohledňuje terén a jeho reliéf, včetně kopců, údolí, lesů a zástavby.
- Ochrana přírody: Prozkoumává, zda daná lokalita není chráněna přírodními zákony. Zvláštní pozornost je věnována ochranným zónám, územím NATURA 2000, lesům a případné blízkosti významných památek.
- Stavební podmínky: Zohledňuje podmínky umožňující fyzickou výstavbu ve specifické lokalitě. Zahrnují dostatečnou vzdálenost od obytných oblastí a silnic, přístupnost pro dopravu související s větrnými elektrárnami, vhodné geologické podloží a možnost připojení k distribuční síti elektřiny.

Tato kritéria slouží investorovi k posouzení vhodnosti dané lokality pro výstavbu větrných elektráren a pomáhají mu při rozhodování o dalším postupu projektu. Představují základní faktory, na které se soustředí a které mu umožňují dělat informovaná rozhodnutí. [14]

4.2.2 Občané a obce

Poté, co investor získá souhlas obce, začne připravovat podrobnější podobu projektu a bude se snažit získat podporu a souhlas od občanů. Investor představí projekt obecnímu zastupitelstvu a obyvatelům, často se koná anketa nebo místní referendum ohledně této záležitosti. Spolupráce a podpora obce jsou klíčové pro investora při realizaci projektu, protože obec rozhoduje o využití svého katastru a spolupráce je nezbytná i v dalších povolovacích řízeních.

Po získání souhlasu obce investor začne připravovat potřebné dokumenty pro projekt a povolovací řízení. To zahrnuje následující:

- Zjištění stavu elektrické sítě a možností připojení: Investor zjišťuje, zda je elektrická síť dostatečná a zda je možné připojit plánované větrné elektrárny. V případě souhlasu obce investor již předem rezervoval kapacitu v síti pro plánovanou výrobu z obnovitelných zdrojů energie. Nicméně změna připojovacích podmínek vyžaduje dodržení územního plánu obce.
- Zajištění souhlasu vlastníků dotčených pozemků: Investor se snaží získat souhlas vlastníků pozemků, na kterých má být větrná elektrárna umístěna. To zahrnuje jednání s vlastníky, vyjednávání smluv a další potřebné kroky.
- Zajištění stanovisek příslušných úřadů a studií: Investor se snaží získat stanoviska a studie od různých úřadů, které se týkají projektu větrné elektrárny. To může zahrnovat například ornitologický průzkum nebo jiné ekologické studie.
- Měření větru na lokalitě: Ideálně investor provádí vlastní měření větru na plánované lokalitě po dobu minimálně jednoho roku. Tato data jsou důležitá pro posouzení vhodnosti místa pro výstavbu větrné elektrárny.

Obvykle tyto kroky dokončí investor do 2 měsíců od získání souhlasu obce. [14]

4.2.3 EIA a územní plán obce

Před samotnou výstavbou větrných elektráren je obvyklé provést proces posouzení vlivů na životní prostředí (Environmental Impact Assessment, EIA), který hodnotí potenciální dopady plánovaného projektu obnovitelných zdrojů energie na okolní prostředí. V rámci tohoto posouzení se zkoumají vlivy na živočichy, rostliny, půdu, krajinu a také vlivy na obyvatele a jejich zdraví a pohodu. Výsledky EIA slouží jako

základ pro stanovení dalších požadavků týkajících se samotného projektu, jeho výstavby a provozu.

Ve většině případů výstavby větrných elektráren je provedeno rozsáhlejší posouzení vlivů na životní prostředí (tzv. velká EIA), které je podrobnější a komplexnější.

Dalším důležitým aspektem je soulad plánované výstavby větrné elektrárny s územním plánem obce. Pokud územní plán neumožňuje takovou výstavbu, je nutné provést změnu územního plánu. Je na investorovi, zda začne iniciativu k této změně územního plánu. Tato změna může probíhat současně s procesem EIA nebo před ním, a to na základě rozhodnutí příslušného kraje.

Celkově tyto kroky obvykle trvají do 24 měsíců, při provedení rozsáhlejšího posouzení vlivů na životní prostředí (velké EIA) může doba trvání být až 48 měsíců. [14]

4.2.4 Rezervace kapacity

Pokud investor prokáže soulad svého projektu s územním plánem obce, má možnost požádat o rezervaci kapacity v elektrické síti a určení místa pro připojení projektu. Před přidělením kapacity je však nezbytné, aby nezávislý odborník provedl studii připojitelnosti. Tato studie zahrnuje různé výpočty a ověřuje bezpečnost a spolehlivost sítě po připojení projektu. Obvykle je tento krok dokončen do jednoho měsíce. [14]

4.2.5 Územní řízení

Před započítáním územního řízení, které se týká umístění a provádění stavby, je požadováno, aby investor požádal o oficiální stanoviska dotčených orgánů. Tyto orgány často již vyjádřily své názory během procesu EIA (posouzení vlivu na životní prostředí). Jedno z těchto stanovisek je potřebný souhlas příslušného úřadu ohledně zásahu do krajinného rázu. Během územního řízení je také znovu zajištěna možnost veřejnosti vyjádřit svůj názor. Tento krok obvykle trvá do 6 měsíců, než je dokončen. [14]

4.2.6 Stavební řízení

Pokud investor úspěšně projde územním řízením a obdrží pravomocné rozhodnutí o umístění stavby, má možnost požádat o vydání stavebního povolení. Stavební řízení se zaměřuje především na technické aspekty stavby a její provedení. Od počátečního nápadu až po získání stavebního povolení obvykle uplyne doba trvání 3 až 5 let, případně i déle, což závisí na konkrétním projektu. Obvykle se však samotný proces stavebního řízení dokončí do 6 měsíců. [14]

4.2.7 Financování projektu

Po obdržení platného stavebního povolení investor se zaměřuje na zabezpečení financování projektu, často pomocí bankovního úvěru nebo jiných finančních prostředků. Následně investor předá konkrétní a závaznou objednávku na výrobu větrných elektráren a jejich dopravu na místo stavby. Obvykle se tento proces dokončí do 6 měsíců. [14]

4.2.8 Stavba

Postupně se tahače přivážejí jednotlivé části větrné elektrárny na přesně stanovené místo, kde jsou následně předány jeřábům. Hlavní jeřáb, který je pevně ukotven, je schopen zvednout díly s hmotností přes 100 tun až do výšky přesahující 100 metrů. Stavební fáze samotná je relativně krátká a délka závisí na velikosti projektu, typu technologie a vzdálenosti potřebného podzemního připojení. Doba trvání této fáze se pohybuje od týdnů až po několik měsíců. Montáž samotné větrné elektrárny obvykle trvá 3 až 5 dní, s ohledem na povětrnostní podmínky. Obvykle se tento proces dokončí do 3 měsíců. [14]

4.2.9 Zkušební provoz

Po dokončení výstavby a připojení větrné elektrárny nebo větrného parku k elektrické síti následuje období zkušebního provozu, které trvá několik dní až několik měsíců. Během tohoto období provozovatel spolupracuje s výrobcem elektrárny a provozovatelem sítě, ke které je elektrárna připojena, s cílem ověřit její provozní parametry, posoudit její vlivy a upravit její nastavení. Hlavním účelem zkušebního provozu je získat potřebné informace o chodu a výkonu větrné elektrárny a v případě potřeby provést úpravy nebo optimalizace pro dosažení maximální efektivity a bezproblémového fungování. Obvykle se tento proces dokončí do 6 měsíců. [14]

4.2.10 Kolaudační řízení

Po skončení zkušebního provozu provádí stavební úřad důkladné prověření stavby v rámci procesu kolaudace, aby zjistil, zda byla realizace správně provedena v souladu s předloženou dokumentací. Pokud je to nutné, mohou být stanoveny další podmínky pro provoz a poté je uděleno povolení k plnému užívání a ostrému provozu stavby. Hlavním cílem kolaudačního řízení je zajistit, že stavba odpovídá všem předepsaným požadavkům a je připravena pro bezproblémový provoz. Obvykle se tento proces dokončuje do dvou měsíců. [14]

4.2.11 Provoz

Provoz větrné elektrárny zahrnuje několik klíčových aspektů, které jsou upraveny právními předpisy a technickými normami. Zde je několik důležitých bodů týkajících se provozu větrné elektrárny:

- **Technické požadavky:** Větrná elektrárna musí splňovat určité technické normy a požadavky. To zahrnuje konstrukční parametry větrných turbín, elektrické systémy pro přenos vyrobené elektřiny, monitorovací zařízení, systémy řízení a další prvky, které zajišťují bezpečný a efektivní provoz.
- **Připojení k distribuční síti:** Větrná elektrárna musí být připojena k distribuční síti elektřiny. Předpisy stanovují postupy pro žádost o připojení, technické požadavky na připojovací bod a komunikaci s distribuční společností. Zahrnují také pravidla pro měření produkce elektřiny a výměnu dat s distribučním systémem.
- **Bezpečnost a ochrana:** Provoz větrné elektrárny musí splňovat bezpečnostní a ochranné normy. Patří sem ochrana před úrazy pro pracovníky, ochrana před požáry, ochrana před účinky blesku a další bezpečnostní opatření. Musí se také dbát na minimální riziko pro okolní obyvatele a životní prostředí.
- **Údržba a servis:** Větrná elektrárna vyžaduje pravidelnou údržbu a servisní práce. Provádění plánovaných údržeb, inspekce a opravy je důležité pro zajištění optimálního provozu a dlouhé životnosti zařízení. Předpisy stanovují požadavky na pravidelnou kontrolu a údržbu větrných elektráren.
- **Monitorování a reporting:** Provozovatelé větrných elektráren jsou často povinni monitorovat produkci elektřiny, provozní parametry zařízení a další údaje. Tyto informace slouží k monitorování výkonnosti, plnění právních povinností a poskytování dat pro účely regulace a správy distribuční sítě.

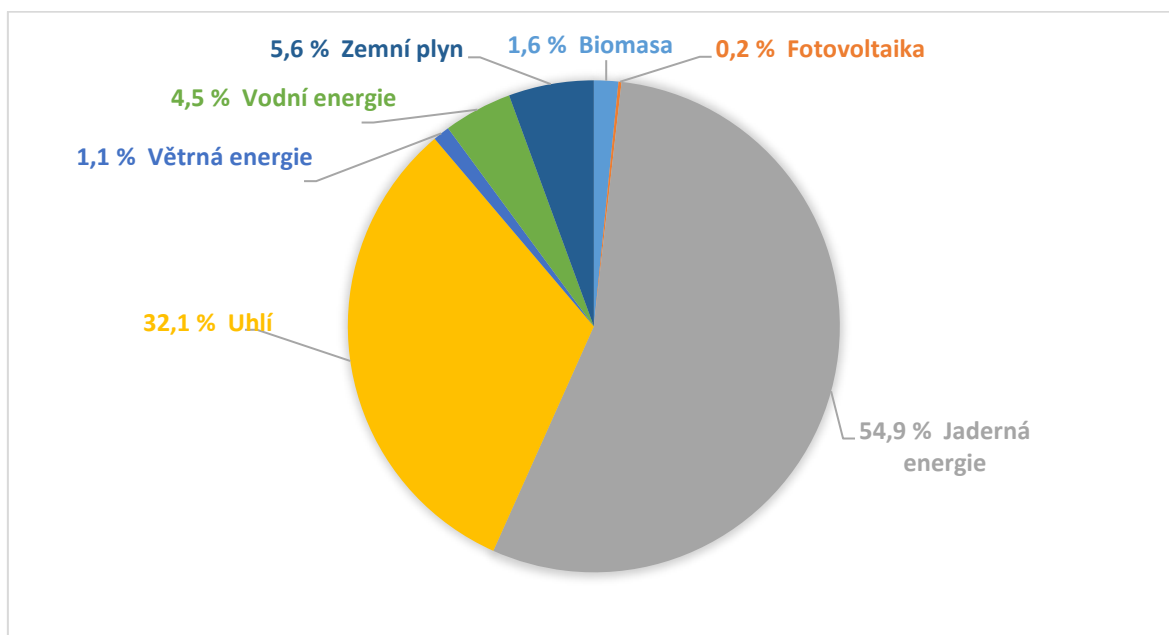
Životnost větrné elektrárny závisí na několika faktorech, včetně kvality konstrukce, údržby, provozních podmínek a technologického vývoje. Běžně se předpokládá, že větrné elektrárny mají provozní životnost kolem 20 až 25 let. To však není pevně stanovená hranice a mnoho elektráren může být provozováno i déle, pokud je provedena důkladná údržba a modernizace.

Po určité době provozu mohou být některé části větrné elektrárny, zejména větrné turbíny, vystaveny opotřebení. V takových případech mohou být provedeny opravy, výměny nebo modernizace určitých součástí, aby se prodloužila životnost elektrárny.

Většina výrobců větrných elektráren poskytuje záruční dobu na své výrobky, která se obvykle pohybuje mezi 5 až 10 lety. [14]

4.3 Současný stav větrné energie v České republice

Instalovaný výkon větrné energetiky v České republice byl v roce 2019 přes 300 MW. To představuje přibližně 1 % celkové výroby elektřiny v zemi. Navzdory tomu, že větrná energie v České republice je stále relativně malou částí trhu, v posledních letech zaznamenala významný a rychlý růst.



Obr. 4.2.: Podíl na výrobě elektrické energie různých druhů elektráren v ČR

V roce 2020 bylo instalováno dalších 180 MW a v roce 2021 byl opět zvýšen o 120 MW kapacity větrné energie a v plánu je mnoho dalších takových projektů. Rozvoj větrné energetiky v České republice zaostává za ostatními evropskými zeměmi z řady důvodů. Jednou z příčin je nadměrná závislost na uhlí jako primárním zdroji energie. Vláda pomalu přechází na ekologičtější zdroje energie, přestože přes 40 % elektřiny v České republice pochází z uhelných elektráren. Odvětví větrné energie v České republice také čelí obtížím způsobeným složitým regulačním systémem. Postupy schvalování nových větrných projektů mohou být pracné a složité a vyžadují četná technická a environmentální posouzení.

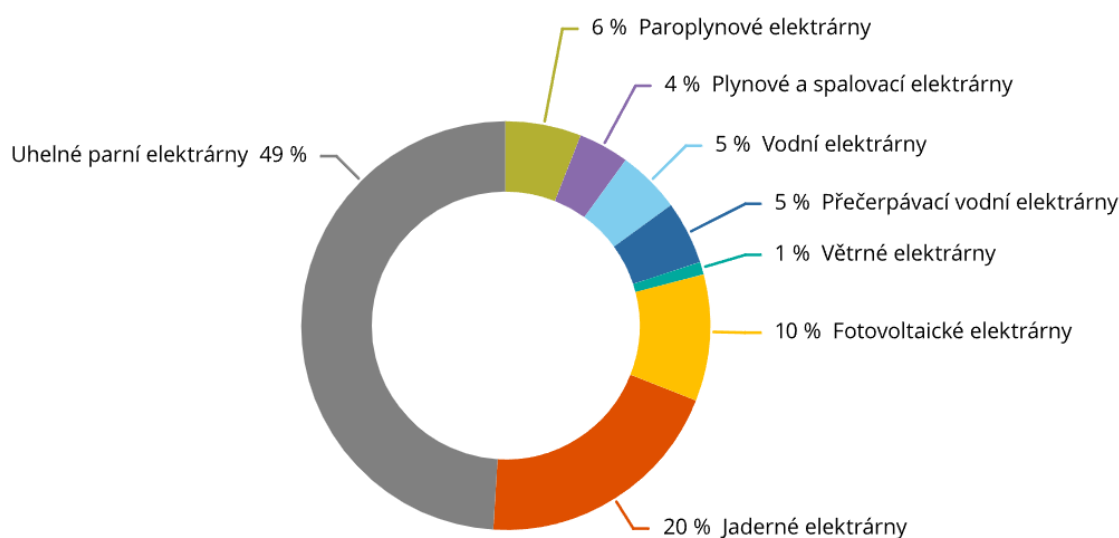
Navzdory těmto výzvám má větrná energie potenciál hrát větší roli v energetickém mixu země, protože se Česká republika snaží dosáhnout svých cílů v oblasti obnovitelných zdrojů energie a snížit emise skleníkových plynů. Česká republika je perspektivním trhem pro větrnou energii i přes skromný rozvoj větrného průmyslu v poslední době. Kvůli právním překážkám a politickému nepřátelství vůči větrné energii bylo od roku 2015 v celé zemi

postaveno méně větrných turbín. Přísný regulační systém v České republice brzdí růst větrné energetiky v této zemi. Vláda zavedla přísná pravidla pro rozvoj a provoz větrných elektráren, aby se zabránilo nepříznivým dopadům na veřejné zdraví a životní prostředí. Podle jiných je hledání ideálních lokalit pro instalace větrných elektráren náročnější kvůli tomu, jak přísná jsou omezení. [16]

Dalším problémem České republiky je nedostatečná vládní podpora větrné energie. *„Neexistují žádné ambiciózní plány na zvýšení využívání obnovitelných zdrojů energie a ani výkupní ceny či daňové úlevy nebyly zavedeny v širokém měřítku. Vývojáři projektů větrné energie mají problémy se zajištěním financování a odvětví jako celek se v důsledku toho rozvíjí pomaleji. Podnikání v oblasti větrné energie v České republice čelí nejen právním a politickým, ale také technologickým a finančním výzvám. Jednou z překážek je stárnoucí infrastruktura rozvodné sítě v zemi, která nemusí být schopna bez nákladné modernizace zvládnout velké objemy větrné energie. Jako důvod k obavám ohledně možného zvýšení nákladů na větrnou energii v zemi se uvádí také malá velikost odvětví větrné energie a nedostatečné úspory z rozsahu.“* [2] Větrná energetika v České republice dozrává pomalu a je málo perspektivní. Země má sice optimální větrné podmínky a potenciál pro výrazný růst větrné energetiky, ale než bude moci tyto výhody plně využít, je třeba vyřešit řadu technických, finančních a regulačních problémů

4.4 Instalovaný výkon větrné energie v České republice

Větrná energie tvoří v České republice poměrně malou část energetického mixu, v roce 2021 byl celkový instalovaný výkon jen něco málo přes 700 MW, což je oproti roku 2019 nárůst o 133 %.



Obr. 4.3.: Podíl instalovaného výkonu různých druhů elektráren v ČR [18]

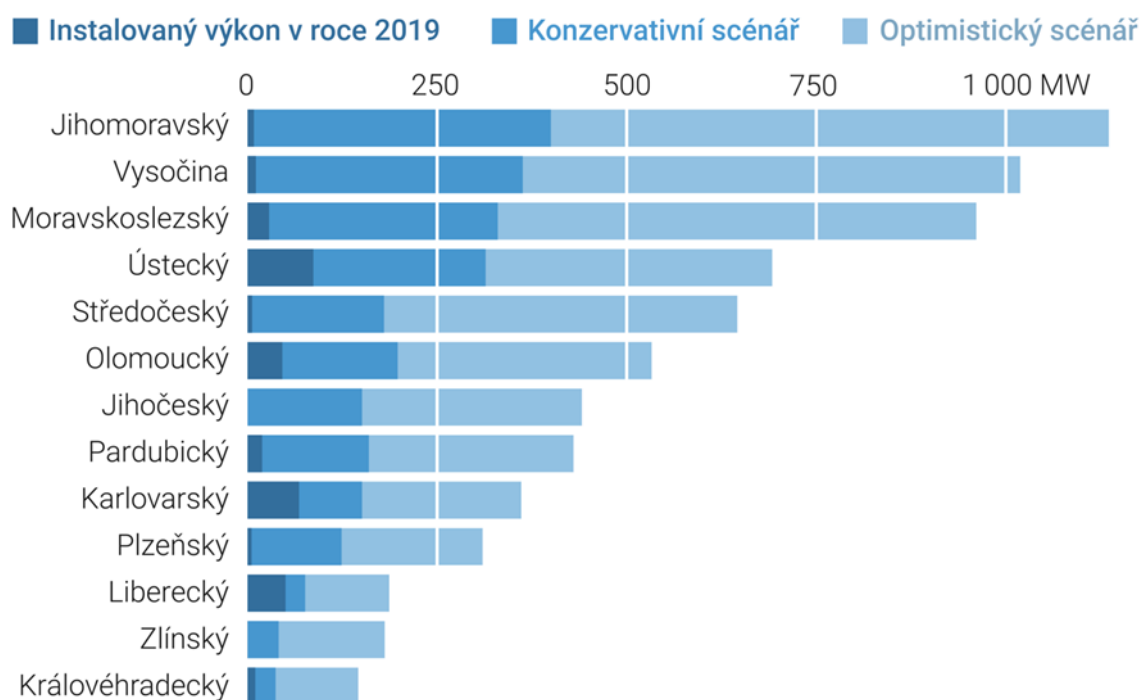
Větrná energie má potenciál výrazně zvýšit svůj podíl na energetickém mixu země s tím, jak budou klesat náklady a rozvíjet se technologie. V České republice nyní větrná energie tvoří přibližně 1 % veškeré výroby elektřiny. I když je toto množství v současné době velmi malé, má v následujících několika letech obrovský potenciál růstu, zejména pokud bude Česká republika pokračovat v investicích do větrné energie a ve zlepšování infrastruktury.

Při posuzování úlohy větrné energie v celkovém energetickém mixu České republiky je důležité vzít v úvahu regionální koncentraci větrné kapacity. Na severovýchodě země, kde je průměrná rychlost větru vyšší, se nachází většina větrných elektráren v zemi. Prostor pro růst však existuje i v dalších částech země, zejména v těch, kde jsou dobré větrné podmínky.

Kromě toho je třeba zvážit finanční přínosy využívání větrné energie. Projekty větrné energie, které jsou často umístěny ve venkovských oblastech, mohou podpořit místní ekonomiku a vytvořit pracovní místa. Instalace větrných turbín na pozemku vlastníka může zajistit stálý zdroj příjmů. Je důležité zvážit, jak větrná energie pomáhá České republice snižovat emise CO₂. Česká republika se zavázala, že do roku 2030 sníží své emise skleníkových plynů o 40 % oproti roku 1990, a připojila se tak k řadě dalších zemí Pařížské dohody. [22]

4.5 Potenciál budoucího rozvoje větrné energetiky v České republice

Za předpokladu dokončení všech plánovaných větrných elektráren se dostaneme na instalovaný výkon 2525 MW, oproti původnímu z roku 2019 o hodnotě 339 MW, nazvěme jej konzervativní scénář. Optimistický scénář, který by mohl platit za 10 let s instalovaným výkonem přes 7000 MW, který může vyprodukovat přes 20 % celkové energie. Při těchto scénářích se pečlivě zvažuje krajinný ráz, postoj obyvatel a místní omezení, stejně jako ekologický dopad na okolní prostředí. [17]



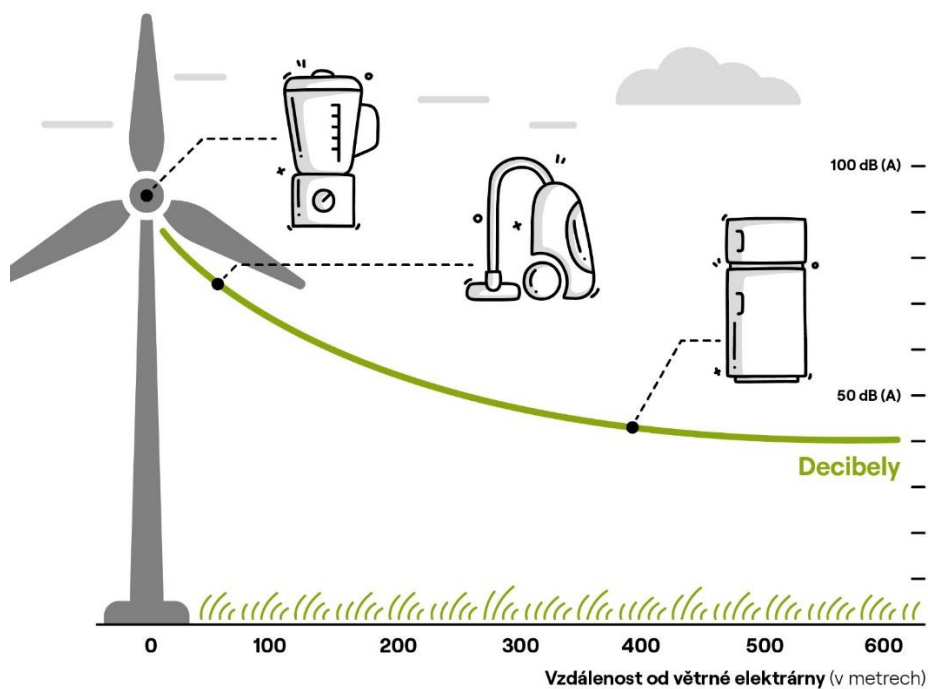
Obr. 4.4.: Instalovaný výkon v ČR podle krajů a jejich potenciál [17]

Větrná energie má v České republice velký potenciál. Závazek snižovat emise skleníkových plynů a výkupní ceny pro větrná zařízení mají vliv na regulační prostředí v zemi, které je nakloněno obnovitelným zdrojům. Severovýchodní část České republiky má navíc velmi příznivé větrné podmínky. Rozvoji větrné energetiky by v České republice mohla bránit řada problémů. Jedním z těchto prvků je schopnost energetické infrastruktury absorbovat značné množství výroby větrné energie. Dalším prvkem je dostupnost finančních prostředků pro projekty větrné energetiky. Odvětví větrné energetiky v České republice se potýká s problémy, přesto zde stále existuje prostor pro růst. Například větrná energie na moři má potenciál významně přispět k energetickému mixu země, jakmile se technologie vyvine a náklady klesnou. Inovace v oblasti skladování energie, včetně baterií a přečerpávacích vodních elektráren, mohou rovněž zmírnit nestálost větrné energie a učinit z

ní spolehlivější zdroj energie. Česká republika hodlá do roku 2030 využívat více obnovitelných zdrojů energie k výrobě 22 % své elektřiny, což je pro růst větrné energie povzbudivé. Aby vláda tohoto cíle dosáhla, bude muset kromě investic do nezbytné infrastruktury na podporu tohoto rozšíření zvýšit i schopnost využívat obnovitelné zdroje energie, jako je vítr.

4.6 Veřejné mínění o větrné energii

Vývoj projektů větrné energie v České republice musí brát v úvahu veřejné mínění a zapojení veřejnosti. Jiní mohou mít obavy z vizuálního dopadu větrných turbín, hluku a možných dopadů na volně žijící živočichy, zatímco jiní mohou rozvoj větrné energetiky vítat jako metodu podpory udržitelné energetiky a poskytování ekonomických výhod. Vývojáři projektů větrné energie v České republice musí konzultovat s místními obyvateli a dalšími zúčastněnými stranami po celou dobu plánování a výstavby, aby tyto otázky vyřešili. Lze konzultovat s veřejností, vysvětlovat negativní účinky hlukové zátěže a vizuální důsledky projektu a zdůrazňovat ekonomické přínosy.



Obr. 4.5.: Porovnání hluku větrné elektrárny k domácím spotřebičům [15]

Navzdory mnoha výhodám větrné energie může být v České republice náročné získat její přijetí a pochopení ze strany veřejnosti. Někteří jednotlivci a lokality se obávají, že větrné turbíny mohou zničit výhled a snížit hodnotu nemovitostí.

Větrné energii v České republice konkurují jiné obnovitelné zdroje energie, jako je solární a vodní energie, které mohou být nákladově efektivnější nebo se v určitých lokalitách těší většímu uznání veřejnosti.

Malý rozsah odvětví větrné energie v České republice může omezovat příležitosti pro vývojáře projektů a investory.

V České republice existuje řada technických, ekonomických a sociálních překážek, které brání instalaci a provozu větrných elektráren. Vývojáři by měli spolupracovat s místními zainteresovanými stranami a komunitami, aby vyřešili všechny obtíže a zaručili, že projekty větrné energie budou realizovány sociálně odpovědným způsobem. [27]

4.7 Větrná energie v České republice - hospodářství a životní prostředí

Česká republika může mít velký prospěch ze zvýšení využívání obnovitelných zdrojů energie, jako je větrná energie, aby snížila svůj dopad na emise uhlíku. Větrná energie má potenciál zvýšit zaměstnanost v České republice, což je další výhoda. Je zapotřebí inženýrů, konstruktérů a údržbářů systémů větrné energie. Zvyšování množství využívané větrné energie by mohlo být dobré pro místní ekonomiku a mohlo by vést k dalším pracovním příležitostem. Větrná energie má schopnost snížit závislost na fosilních palivech, jako je uhlí a zemní plyn, tím, že poskytuje alternativní způsob výroby elektřiny.

V zájmu ochrany místních obyvatel a ekologických společenstev je třeba při výstavbě zařízení na výrobu energie z větru dbát na opatrnost. Například instalace větrných turbín může mít vliv na místní zvířecí populaci a ekosystém, pokud jsou umístěny v citlivých oblastech. Navíc obyvatelé, kteří žijí v blízkosti větrných elektráren, mohou pociťovat výrazné snížení kvality života v důsledku estetických účinků a hlukové zátěže. Za účelem řešení těchto problémů zavedla Česká republika normy a předpisy, které podporují etické a dlouhodobé rozšiřování větrných elektráren. Tyto předpisy nařizují developerům projektů větrných elektráren vypracování studií vlivu na životní prostředí (EIA) a konzultace s místní komunitou. Závislost České republiky na fosilních palivech by se mohla snížit a větrná energie by mohla významně zvýšit skladbu energetických zdrojů v zemi. I když v současné době tvoří větrná energie pouze malou část energetického mixu země, s rozvojem technologií a snižováním nákladů se to může v budoucnu změnit. Větrná energie umožňuje decentralizovat energetický systém, zvýšit energetickou účinnost budov a vytvořit nová pracovní místa. Při výstavbě zařízení na výrobu energie z větru je však třeba dbát na ochranu místního obyvatelstva a ekologických společenstev. Budoucí vyhlídky větrné energie jsou

jasné a má obrovský potenciál významně ovlivnit energetickou transformaci České republiky. [9]

4.8 Energetické a environmentální výhody větrné energie oproti jiným obnovitelným zdrojům energie

Větrná energie je jednou z několika možností obnovitelných zdrojů energie, které mohou pomoci snížit množství škodlivých plynů a zpomalit účinky globálního oteplování. Česká republika by mohla diverzifikovat svůj energetický mix a snížit svou závislost na fosilních palivech pomocí dalších obnovitelných zdrojů energie, jako je solární a vodní elektrina. Větrná energie poskytuje oproti alternativním obnovitelným zdrojům energie různé výhody. Postavením větrných turbín, které lze realizovat jak na vodních plochách, tak na pevnině, lze vyrábět energii i v místech s nízkou rychlostí větru. Ve srovnání s fosilními palivy má větrná energie nižší uhlíkovou stopu než jiné způsoby výroby energie. Využívání větrné energie namísto jiných forem obnovitelné energie má některé nevýhody. Například pouze při dostatečně vysoké rychlosti větru lze z větrné energie vyrábět elektřinu. Provozovatelé rozvodné sítě mohou mít potíže v důsledku nutnosti neustále vyrovnávat nabídku a poptávku po elektřině. Další nevýhodou větrné energie je, že může mít větší dopad na životní prostředí a může být považována za méně atraktivní než jiné obnovitelné zdroje energie, například solární. K dalším možným vedlejším účinkům větrných turbín patří hlukové znečištění a poškozování zvířat, přičemž oba tyto jevy lze minimalizovat pečlivým plánováním a umístěním. Dalším problémem je obrovské množství půdy potřebné pro instalaci větrných elektráren, což může být v městských oblastech náročné. Solární panely jsou praktičtější variantou pro hustě obydlené oblasti, protože je lze snadno instalovat na střechy a jiná místa s omezeným prostorem. [30]

Dalším perspektivním obnovitelným zdrojem energie v České republice je vodní energie, a to díky velkému množství řek a dalších vodních toků. Na vodní energii se lze spolehnout, že bude trvale dodávat energii bez ohledu na počasí, protože není ovlivňována přírodními živly jako větrná a solární elektrina. Má však také potenciální negativní dopady na životní prostředí, zejména na populace ryb a říční ekosystémy. Česká republika by měla klást velký důraz na budování infrastruktury pro obnovitelné zdroje energie, aby snížila emise skleníkových plynů a zvýšila energetickou bezpečnost. Vodní, větrná a solární energie mohou být velmi důležité a každá z nich má své odlišné výhody a nevýhody. [25]

4.9 Vliv větrné energie na energetickou bezpečnost a nezávislost České republiky

Energetickou nezávislost a bezpečnost České republiky lze výrazně zlepšit využitím větrné energie. Nízká cena větrné energie je jednou z jejích hlavních výhod. Vzhledem k tomu, že větrná turbína je instalována, je vítr bezplatným zdrojem, a větrná energie je tak jedním z nejlevnějších způsobů výroby elektřiny. Větrná energie je čistým a obnovitelným zdrojem energie, protože při svém provozu neprodukuje žádné skleníkové plyny. Snížením závislosti na dovozu fosilních paliv, která jsou citlivá na politickou a ekonomickou nestabilitu světových trhů, má větrná energie potenciál zvýšit energetickou bezpečnost. Větrná energie je spolehlivou a dlouhodobou odpovědí, která může pomoci zemím snížit jejich závislost na zahraniční ropě a učinit je odolnějšími vůči výkyvům cen energie. Větrná energie je výhodná i proto, že snižuje emise skleníkových plynů, které významně přispívají ke globálnímu oteplování. Hlavní příčinou globálního oteplování jsou emise skleníkových plynů ze spalování fosilních paliv. Větrná energie přispívá ke zmírnění dopadů globálního oteplování. [26]

5 Závěr

Lze shrnout, že větrná energie má obrovský potenciál hrát významnou roli v energetickém mixu České republiky, přispívat ke zvýšení energetické bezpečnosti, snížení emisí oxidu uhličitého a zvýšení výrobní soběstačnosti. Větrná energie sice v současné době tvoří jen malou část národního energetického mixu, ale s klesajícími náklady na větrnou energii a technologickým pokrokem se to může v příštích letech změnit. Ve srovnání s jinými zdroji energie má větrná energie řadu výhod, například malý dopad na životní prostředí, flexibilní možnosti instalace.

Dvě negativa však představuje nestálý charakter větrné energie a problémy s její integrací do současných energetických sítí. Výkupní ceny pro projekty větrné energie a opatření ke snížení emisí skleníkových plynů jsou jedinými dvěma příklady příznivého regulačního prostředí pro obnovitelné zdroje energie v České republice. Problémy s financováním, získáním povolení a kapacitou soustavy by však mohly brzdit rozvoj větrné energie v zemi. Česká republika v rámci své energetické politiky stanovila rozšíření tohoto odvětví jako jednu z hlavních priorit, protože má potenciál hrát klíčovou roli v probíhající energetické transformaci země. Snížením závislosti na fosilních palivech, zvýšením energetické bezpečnosti a nezávislosti, zvýšením investic do větrné energie a modernizací infrastruktury může Česká republika napomoci mezinárodnímu úsilí o zpomalení změny klimatu.

Seznam obrázků

Obr. 2.1.: Větrná elektrárna – základní části [19]	8
Obr. 2.2.: Horizontální větrná turbína [13]	8
Obr. 2.3.: Horizontální větrná farma na moři [2]	9
Obr. 2.4.: Vertikální větrná turbína [13]	10
Obr. 2.5.: Vertikální větrná turbína [3]	10
Obr. 2.6.: Malá vertikální Savoniova větrná turbína [12]	11
Obr. 2.7.: Princip Darrieovo turbíny [11]	11
Obr. 2.8.: Darrieova turbína v Kanadě [11]	12
Obr. 2.9.: Giromillova turbína v Kanadě [19]	12
Obr. 2.10.: Způsob ukotvení větrných elektráren na vodě [4]	13
Obr. 2.11.: Mikro větrné elektrárny na rodinných domech ve Velké Británii [5]	14
Obr. 3.1.: Celkový instalovaný výkon větrných elektráren ve světě [7]	16
Obr. 3.2.: Instalovaný výkon větrných elektráren v roce 2021 dle jednotlivých zemí [6]	16
Obr. 3.3.: Větrná farma Dumat Al Jandal v Saudské Arábii [10]	18
Obr. 4.1.: Stavba větrné elektrárny Janov [14]	20
Obr. 4.2.: Podíl na výrobě elektrické energie různých druhů elektráren v ČR	26
Obr. 4.3.: Podíl instalovaného výkonu různých druhů elektráren v ČR [18]	27
Obr. 4.4.: Instalovaný výkon v ČR podle krajů a jejich potenciál [17]	29
Obr. 4.5.: Porovnání hluku větrné elektrárny k domácím spotřebičům [15]	30

Literatura

- [1] Rychetníl, V., Janoušek, J., Pavelka, J. Větrné motory a elektrárny. 1. vyd., Vydavatelství ČVUT, PRAHA 1997, 199 stran, ISBN 80-01-01563-7
- [2] S. Mathew, G.S. Philip, Comprehensive Renewable Energy, Elsevier 2012, 1330 stran, ISBN 978-0-12-819734-9
- [3] Svět energie – Vzdělávací portál ČEZ [online]. [cit. 2023-04-15] Dostupné z: https://www.svetenergie.cz/data/web/powerplant/vetrne-elektrarny/vertikalni-savoniova-turbina/photos/vertikalni_savoninova_turbina_princip.svg
- [4] Cowi a.s. [online]. [cit. 2023-04-15] Dostupné z: <https://www.cowi.com/insights/oceans-unlocked-a-floating-wind-future>
- [5] Časopis The Guardian [online]. [cit. 2023-04-15] Dostupné z: <https://www.theguardian.com/environment/2010/jun/16/centre-for-alternative-technology-eliminate-carbon-emissions>
- [6] GWEC - Global Wind Energy Council [online]. [cit. 2023-04-15] Dostupné z: <https://gwec.net/global-wind-report-2021/>
- [7] IRENA – International Renewable Energy Agency [online]. [cit. 2023-04-15] Dostupné z: <https://www.irena.org/Publications/2023/Mar/Renewable-capacity-statistics-2023>
- [8] Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v. v. i. [online]. [cit. 2023-04-15] Dostupné z: <https://www.ufa.cas.cz/>
- [9] Energetický regulační úřad [online]. [cit. 2023-04-15] Dostupné z: <https://www.eru.cz/>
- [10] O Energetice [online]. [cit. 2023-04-15] Dostupné z: <https://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/tendr-prvni-vetrny-park-saudske-arabii-zahajen>
- [11] Svět energie – Vzdělávací portál ČEZ [online] [cit. 2016-05-24] Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/obnovitelne-zdroje-energie/vetrne-elektrarny-podrobne/vertikalni-darrieova-turbina/vyklad>
- [12] Časopis Drevo&Stavby [online] [cit. 2016-05-24] Dostupné z: https://www.drevoastavby.cz/images/stories/stavba_technicka_zarizeni/savonius_balaton_trioro.jpg

- [13] Časopis Ekokutil [online]. [cit. 2016-05-24] Dostupné z:
<https://ekokutil.cz/wp-content/uploads/2023/01/horizontalni-vertikalni-vetrna-turbina.svg>
- [14] TZB - odborný portál [online]. [cit. 2016-05-24] Dostupné z:
<https://oze.tzb-info.cz/vetrna-energie/14893-jak-se-stavi-vetrna-elektrarna>
- [15] National Institute on Deafness and Other Communication Disorders (NIDCD) [online]. [cit. 2016-05-24] Dostupné z:
<https://www.nih.gov/about-nih/what-we-do/nih-almanac/national-institute-deafness-other-communication-disorders-nidcd>
- [16] Skupina ČEZ [online]. [cit. 2016-05-24] Dostupné z: <https://www.cez.cz/>
- [17] Otevřená data o klimatu, z. ú. [online]. [cit. 2016-05-24] Dostupné z:
https://faktaoklimatu.cz/assets/generated/potencial-vetrne-energie-cr_6000.png
- [18] Svět energie – Vzdělávací portál ČEZ [online]. [cit. 2023-04-15] Dostupné z:
<https://www.svetenergie.cz/data/web/powerplant/uhelne-elektrarny/podil-instalovaneho-vykonu-escr.svg>
- [19] Svět energie – Vzdělávací portál ČEZ [online]. [cit. 2023-04-15] Dostupné z:
<https://www.svetenergie.cz/data/web/powerplant/vetrna-energie-pro-deti/ve-jak-funguje/vetrna-elektrarna-popis.svg>
- [20] Časopis Urbanismus a územní rozvoj [online]. [cit. 2023-04-15] Dostupné z:
https://www.researchgate.net/publication/283927439_Vetrne_elektrarny_a_cestovni_ruch
- [21] European Journal of Economics and Business Studies [online]. [cit. 2023-04-15] Dostupné z: https://revistia.com/files/articles/ejes_v5_i3_19/Nuriyev.pdf
- [22] European Journal of Economics and Business Studies [online]. [cit. 2023-04-15] Dostupné z:
https://www.researchgate.net/publication/268116935_Impacts_of_the_operation_of_Wind_turbines_as_perceived_by_residents_in_concerned_areas
- [23] Zákony pro lidi – Sbirka zákonů (zákon č. 100/2001 Sb.) [online] [cit. 2023-04-15] Dostupné z:<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-100>
- [24] Sdělení Evropské komise [online] [cit. 2023-04-15] Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX:52014DC0008&from=EN>
- [25] Energy Efficiency and Renewable energy [online] [cit. 2023-05-20] Dostupné z:

- [_https://www.energy.gov/eere/wind/advantages-and-challenges-wind-energy](https://www.energy.gov/eere/wind/advantages-and-challenges-wind-energy)
- [26] Energy Efficiency and Renewable energy [online] [cit. 2023-05-20] Dostupné z:
<https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/elektroenergetika/2023/5/Hodnoceni-zdrojove-primerenosti-elektrizacni-soustavy-CR-2022.pdf>
- [27] Klimatická koalice [online] [cit. 2023-05-20] Dostupné z:
https://klimatickakoalice.cz/images/verejne_mineni_o_oze_2020.pdf
- [29] CROME, H. Technika využití energie větru: svépomocná stavba větrných zařízení. 1. české vyd., Nakladatelství HEL, 2002, 144 stran, ISBN 80-86167-19-4
- [30] Ministerstvo průmyslu a obchodu [online]. [cit. 2023-05-20] Dostupné z:
<https://www.mpo.cz/cz/rozcestnik/pro-media/tiskove-zpravy/podpora-pro-obnovitelne-zdrojeenergie-2-0--233809/>
- [31] Ministerstvo průmyslu a obchodu [online]. [cit. 2023-05-20] Dostupné z:
<http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/z-historie-vetrnych-elektren--13364>