

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**  
**FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**

KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A ENVIROMENTÁLNÍHO  
MODELOVÁNÍ



Bakalářská práce

**Větrné elektrárny a jejich vliv na životní  
prostředí**

Autor práce: Adéla Boušková

Vedoucí práce: Mgr. Marta Martínková, Ph.D.

2023

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

Fakulta životního prostředí

# **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Adéla Boušková

Územní technická a správní služba v životním prostředí

Název práce

**Větrné elektrárny a jejich vliv na životní prostředí**

Název anglicky

**Environmental impact of wind power stations**

---

## **Cíle práce**

Cílem této bakalářské práce je zpracování literární rešerše a vlastního průzkumu na téma větrných elektráren a jejich vlivu na životní prostředí. Práce bude obsahovat krátký úvod do problematiky neobnovitelných i obnovitelných zdrojů elektrické energie. Následně bude navazovat podrobněji zpracovaná rešerše o větrných elektrárnách, ve které bude řešena jejich stavba, umístění a s tím spojený vliv na krajinu, zvěř a člověka.

Cílem vlastního kvalitativního výzkumu na malém náhodném vzorku bude zjištění, jak vnímají obyvatelé České republiky větrné elektrárny a zda by jim vadila výstavba nových větrných elektráren v blízkosti bydliště.

## **Metodika**

Literární rešerše se bude zakládat na odborných knihách a článcích, ale také na relevantních informacích z webových stránek. Na základě získaných informací z těchto zdrojů bude zpracován text vystihující funkci a dopad větrných elektráren na životní prostředí. Vlastní průzkum bude veden formou internetového dotazníku, kde budou respondenti rozděleni do kategorií podle věku. Výsledky tohoto výzkumu budou interpretovány v samostatné kapitole této bakalářské práce.

**Doporučený rozsah práce**

30

**Klíčová slova**

větrná elektrárna, obnovitelná energie, životní prostředí, moře, pevnina

---

**Doporučené zdroje informací**

Allan L. Drewitt and Rowena H. W. Langston. Assessing the impacts of wind farms on birds. *Ibis*, 148:29–42, 2006.

Chong Ng and Li Ran. *Offshore wind farms: Technologies, design and operation*. Woodhead Publishing, 2016.

Trevor M. Letcher. *Wind energy engineering: A handbook for onshore and offshore wind turbines*. Academic Press, 2017.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2022/23 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

Mgr. Marta Martínková, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 6. 3. 2023

**prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 6. 3. 2023

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 06. 03. 2023

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Větrné elektrárny a jejich vliv na životní prostředí vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila, a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne: .....

.....

Podpis autora

## **Poděkování**

Tímto bych chtěla poděkovat Mgr. Martě Martínkové, Ph.D. za vedení mé bakalářské práce a cenné rady, které mi poskytla při zpracovávání této práce. Dále bych chtěla poděkovat své rodině a příteli za podporu po celou dobu mého studia.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce obsahuje stručný popis obnovitelných i neobnovitelných zdrojů elektrické energie. Popsány jsou technologie výroby elektrické energie a jejich vlivy na životní prostředí.

Hlavním tématem bakalářské práce jsou větrné elektrárny, které jsou popsány více podrobně. V práci je popsána výroba elektrické energie za pomoci větrných turbín, jejich technologie, stavba, umístění turbín, historie a v poslední řadě jejich pozitivní i negativní vliv na krajinu, zvěř a člověka. Literární rešerše poukazuje na potřebu produkce elektrické energie z obnovitelných zdrojů a hlavně z větrných elektráren. Produkce elektrické energie právě prostřednictvím těchto elektráren má mnoho velkých výhod a je mnohem šetrnější k přírodě a životu na Zemi nežli fosilní paliva. Součástí práce je také kvalitativní výzkum zaměřený na postoj obyvatel k větrným elektrárnám, který byl zpracován pomocí jednoduchého dotazníku, ze kterého je patrné, že lidé projevují stále větší zájem o obnovitelné energie, ale vnímají také případný negativní vliv na krajinu, zvěř i ptactvo, a to bez ohledu na věk.

**Klíčová slova:** větrná elektrárna, obnovitelná energie, životní prostředí, moře, pevnina

## **Abstract**

This bachelor's thesis covers a brief description of both renewable and non-renewable sources of electrical energy. Described are electrical energy production technologies and also their effects on the environment.

The main topic of this bachelor's thesis is wind power plants, which are described in more detail. The thesis talks about producing electrical energy via wind turbines, their technology, construction, location of the turbines, history, and lastly both their positive and negative effects on the landscape, fauna and human population. Literary research points out the need to produce electrical energy from renewable sources, especially the wind power plants. Electrical energy production via these power plants has many great benefits and is also more environmentally friendly than fossil fuels are. Part of the thesis is also qualitative research focused on the attitude of residents towards wind power plants, which was processed using a simple questionnaire, which shows that people's interest in renewable sources of energy is growing, as well as that they are wary of the possible negative effects on the landscape and fauna, regardless of age.

**Keywords:** wind power plant, renewable energy, environment, offshore, onshore

## Obsah

1. Úvod.....	10
2. Cíle práce .....	11
3. Metodika .....	11
4. Elektrická energie .....	12
4.1 Vliv na životní prostředí.....	12
5. Zdroje elektrické energie .....	13
5.1 Neobnovitelné zdroje .....	13
5.1.1 Fosilní paliva.....	13
5.1.2 Jaderná energie.....	14
5.2 Obnovitelné zdroje .....	15
5.2.1 Sluneční energie .....	15
5.2.2 Vodní energie .....	16
5.2.3 Bioenergie .....	17
5.2.4 Geotermální energie .....	17
6. Větrné elektrárny .....	18
6.1 Vztlakový a odporový princip funkce turbín .....	19
6.2 Osy otáčení rotoru .....	20
6.2.1 Vertikální osa.....	20
6.2.2 Horizontální osa.....	21
6.3 Větrné elektrárny podle výkonu .....	21
6.4 Umístění větrných elektráren .....	22
6.4.1 Na pevnině .....	23
6.4.2 Na pobřeží.....	23
6.4.3 Na moři.....	24



7.	Historie větrných elektráren.....	26
8.	Větrné elektrárny ve světě a České republice.....	27
8.1	Svět.....	27
8.2	Česká republika .....	29
9.	Vliv větrných elektráren na životní prostředí .....	30
9.1	Klima .....	31
9.2	Krajina .....	31
9.3	Zvěř a ptactvo .....	33
9.4	Člověk .....	34
9.5	Televizní a rádiový signál .....	35
10.	Výhody větrných elektráren.....	36
11.	Dotazníkové šetření.....	37
11.1	Výsledky dotazníkového šetření .....	38
12.	Diskuse.....	42
13.	Závěr a přínos práce .....	44
	Seznam literatury a použitých zdrojů.....	45

## 1. Úvod

Elektrická energie je jednou z nejdůležitějších komodit světa. Čím více v civilizované společnosti sílí ekonomika a rozrůstá se průmysl, hospodaření a počet obyvatel, tím více roste i poptávka po elektrické energii (Gomez-Exposito et al., 2018). Elektrická energie se vyrábí z mnoha zdrojů, ať už jde o fosilní paliva nebo jádro. V moderní době cena elektřiny roste vysokou rychlostí a výroba elektrické energie ze zdrojů, jako je uhlí, zemní plyn či ropa vypouští do atmosféry velké množství znečišťujících látek. Z těchto důvodů se v dnešní době lidé snaží ve velkém množství využívat obnovitelné zdroje (Demiroren and Yilmaz, 2010).

Jedním z obnovitelných zdrojů elektrické energie je vítr. Jeho velká síla a ještě větší potenciál je v dnešní době využíván více než kdy jindy, a to za pomoci větrných elektráren, které jsou nenáročné na provoz, mají velkou návratnost a jsou šetrné k životnímu prostředí. Jejich potenciál by bylo možné dále zvyšovat, ale jsou zde ovšem limitující faktory, kterými mohou být finance, prostory pro výstavbu, pohodlí a názory nejbližších obyvatel či názory ochránců zvířat. Proto se vyhledávají kompromisy, které by byly přijatelné jak pro životní prostředí, tak pro lidstvo.

K rozšiřování větrných elektráren se uvolňuje stále více dotací, které jsou určeny právě na jejich výstavbu a v dohledné době by se mohlo jejich realizací zabírat stále více lidí, než je tomu doposud, a to v případě, že budou informace o obnovitelných zdrojích lépe interpretovány.

## **2. Cíle práce**

Cílem této bakalářské práce je pomocí získaných informací z odborných knih a článků vytvořit rešerši zabývající se problematikou týkající se jak neobnovitelných, tak obnovitelných zdrojů elektrické energie. Hlavním tématem jsou následně větrné elektrárny, u kterých je více přiblížena jejich historie, zastoupení a výroba elektrické energie ve světě i České republice a také jejich dopad na krajinu, zvěř a také člověka.

Posledním cílem této práce je pomocí vlastního kvalitativního výzkumu v podobě internetového dotazníku vyhodnotit povědomost lidí o větrné energii a zpracovat jejich názory na větrné elektrárny a zda by jim vadila výstavba nové větrné elektrárny v blízkosti bydliště.

## **3. Metodika**

Literární rešerše byla zpracována pomocí odborných knih a článků, ale také byly použity relevantní informace z internetových zdrojů. Informace z těchto zdrojů byly následně zpracovány a byl z nich vytvořen ucelený text o větrných elektrárnách a jejich dopadu na životní prostředí.

Vlastní výzkum formou dotazníku byl vytvořen pomocí internetové stránky survio.com. Výzkum probíhal od 1.1.2023 do 28.2.2023 a respondenti odpovídali celkem na devět uzavřených otázek, z toho jedna byla směřována na věk. Většina otázek byla položena tak aby odpovědi byly formou Ano/Ne, a u některých odpovědí byl přidán dovětek, který zajistil výstižnější odpověď.

V první řadě byl dotazník rozeslán mezi rodinu a přátele, následně byl poskytnut na sociálních sítích pro získání různorodějších věkových kategorií. Pro získání mladších respondentů jsem využila ochoty bývalé třídní učitelky ze střední školy, která dotazník rozeslala studentům.

## **4. Elektrická energie**

Elektrická energie je nenahraditelnou a všestrannou základní složkou v moderní společnosti a má významný podíl na sociálním a ekonomickém rozvoji. V domácnostech je ve velkém množství využívána jako pohon pro téměř veškeré spotřebiče, bez kterých by moderní domácnosti v dnešní době jen stěží fungovaly. Spotřeba elektrické energie je však mnohem větší v obchodních a průmyslových oblastech, a to z důvodu nepřetržitého provozu osvětlení, klimatizací a systémů pro chod budov. Především v průmyslových oblastech se elektrická energie využívá jako pohon pro těžké stroje a techniku, jako jsou čerpadla, kompresory, tiskárny, obráběcí stroje a soustruhy (Gomez-Exposito et al., 2018).

Elektrická energie má dvě zvláštní vlastnosti, které ji dělají odlišnou od jiných produktů. První vlastností je, že elektrická energie nemusí být skladována a ve většině případů je vyráběna přímo pro spotřebitele, který jí ihned zpracuje ve svém domě, bytě nebo v průmyslových objektech. Elektřina se ovšem skladovat může například v bateriích, ale tato možnost není zcela praktická při poměru ceny a výkonu. Další vlastností elektrické energie je její doprava. Elektřina se nedá převážet a transportovat ke spotřebiteli lodí, letadlem nebo jiným dopravním prostředkem a jedinou možností dopravy elektrické energie je tedy její přenos po síti (Gomez-Exposito et al., 2018).

### **4.1 Vliv na životní prostředí**

Výroba a spotřeba energie měla již v minulosti poměrně velký a znatelný dopad na životní prostředí. Už naši předkové se potýkali se sníženou délkou života právě kvůli inhalaci škodlivin ve výparech, které vznikaly při spalování dřeva. Ale s výrazně rostoucí celosvětovou populací roste i výroba a spotřeba elektrické energie, jejíž nadměrné využívání vede k rychlejšímu globálnímu oteplování (Quaschning, 2019). Například za rok 2004 výroba elektrické energie vypustila do ovzduší okolo 26 % emisí z celosvětové produkce skleníkových plynů, zatímco spotřeba již vyrobené energie činila až 70 % celosvětových emisí. Především díky těmto emisím se globálně zvyšuje teplota naší planety průměrně o 0,01 °C za rok (Mideksa and Kallbekken, 2010).

Odhaduje se, že do roku 2100 by se mohla teplota zvýšit o 1,4 °C nebo až dokonce o 5,8 °C. V závislosti na zvyšování teploty se pohybují i poptávky po elektrické energii a odhaduje se, že při zvýšení teploty planety o 1 °C se sníží spotřeba elektrické energie o 5 %. Hlavním důvodem tohoto snížení budou vyšší teploty v zimních měsících, a s tím související nižší potřeba vytápění vnitřních prostorů budov. Naopak díky vyšším teplotám v letních měsících se zvyšuje spotřeba elektrické energie na ochlazování budov (Mideksa and Kallbekken, 2010; Latake et al., 2015).

## **5. Zdroje elektrické energie**

### **5.1 Neobnovitelné zdroje**

Neobnovitelné zdroje energie se vyznačují jedním hlavním rysem, a to vyčerpatelností. Mezi tyto zdroje patří hlavně fosilní paliva, jako ropa, uhlí a zemní plyn, které se vytvářejí vysokým tlakem a vysokou teplotou z odumřelých živočichů a rostlin. Mimo fosilní paliva se v České republice elektrická energie vyrábí za pomoci jaderných elektráren (Ali et al., 2017; Keleş, 2011). Navzdory tomu, že jsou neobnovitelné zdroje vyčerpateľné, nehrozí v dohledné době jejich vyčerpání. Zásoby zejména fosilních paliv uložených pod povrchem Země stále rostou, ale odhaduje se, že mezi roky 2025 až 2100 dosáhnou svého vrcholu a poté bude produkce klesat (Abas et al., 2015).

#### **5.1.1 Fosilní paliva**

Mezi fosilní paliva řadíme ropu, uhlí a zemní plyn. Hlavní rozdíl mezi těmito třemi surovinami je jejich skupenství. Ropa se v přírodě nachází v kapalné formě, uhlí v pevné a zemní plyn v plynné. Dalším rozdílem je proces získávání. (EPET. ©2022; Union of Concerned Scientists ©2016).

Ropa a zemní plyn se získávají navrtáváním zemské kůry a vytěžením podzemních zdrojů, u kterých se často stává, že ložiska zemního plynu i ropy jsou na stejných či blízkých místech (EPET. ©2022). Zemní plyn se řadí mezi velmi kvalitní paliva, ze kterého se uvolňuje menší množství oxidu uhličitého na 1J, než je tomu u ropy a uhlí.

Upřednostněním zemního plynu před již zmíněnými fosilními palivy může vést ke zpomalení oteplování klimatu a bude fungovat jako přechodný most na obnovitelné zdroje elektrické energie (Koh et al., 2016).

Uhlí se získává dvěma způsoby těžby: povrchovou těžbou, která se provádí výbušninami a těžkými stroji nebo také podpovrchovou těžbou odehrávající se v dolech, kde je zapotřebí nebezpečné práce horníků (Union of Concerned Scientists ©2016).

Největšími světovými producenty v těžbě ropy jsou Saúdská Arábie, po níž následuje Rusko a USA (Speight, 2006). Nejvíce zásob uhlí se nachází na území USA, Ruska a Austrálie, u zemního plynu jsou to státy jako Rusko, Írán a Katar (Fawthrop, 2020; Fawthrop, 2021).

Při výrobě elektrické energie pomocí spalování ropy, uhlí nebo zemního plynu je uvolněno do atmosféry značné množství škodlivých plynných sloučenin. Dříve se na tyto škodlivé sloučeniny pohlíželo jako na nevýznamné vzhledem k velikosti zemské atmosféry, ale s rostoucí populací a rostoucím průmyslem se objevuje velké množství zdravotních komplikací, které mohou zapříčinit i smrt (Keleş, 2011).

### **5.1.2 Jaderná energie**

Výroba elektrické energie v jaderných elektrárnách probíhá ohřevem vody a následným vzniku páry, za pomoci štěpení uranu. Pára následně pohání turbínu v generátoru, čímž vzniká elektrická energie. Již takto využitá pára je následně vedena do chladicí věže, kde je ochlazena a vrácena zpět do oběhu (EIA ©2022). Vyhořelý uran po odebrání z reaktoru vyzařuje určité množství tepla až po dobu několika let, avšak kromě tepla vyzařuje i vysokou radioaktivitu. Jeho skladování je prováděno uložením hluboko pod zemí v kanystrech. Tento způsob ale může vést k budoucímu poškození podzemních vod v důsledku poškození kanystru korozí. Kvůli tomuto poškození může začít unikat radioaktivní odpad do podzemních vod (Van der Zwaan, 2008).

Výroba elektrické energie a samotný provoz jaderných elektráren výrazně neohrožuje životní prostředí, naopak podle studií ušetří až 10 % oxidu uhličitého po celém světě ze spotřeby všech energií (Menyah and Wolde-Rufael, 2010). Výrazný problém pro

životní prostředí vzniká právě při zpracování a těžbě uranu. Při těchto procesech se vypouští do ovzduší již zmíněný oxid uhličitý. Množství emisí je závislé na kvalitě uranové rudy. Již zmíněná kvalita se označuje v procentech oxidu uranu nacházejícího se v uranové rudě. Například pokud ruda obsahuje 0,1 % oxidu uranu je potřeba pro 1 kg uranu vytěžit 1 tunu uranové rudy. Uran se ovšem nenachází pouze pod zemí, ale také v mořské vodě o kvalitě 0,0000002 %, a z tohoto vyplývá, že je potřeba zpracovat 500 000 tun mořské vody pro získání 1 kg uranu (Diesendorf, 2007).

V České republice jsou postaveny dvě jaderné elektrárny: Temelín na jihu Čech a Dukovany na Vysočině. Tyto dvě jaderné elektrárny zařadily Českou republiku mezi patnáct největších producentů elektrické energie z jádra ve světě a díky postoji České republiky k jaderné energii se očekává, že do roku 2040 stoupne podíl výroby elektřiny v jaderných elektrárnách ze 35 % na 58 % (Frantál and Malý, 2017).

## **5.2 Obnovitelné zdroje**

Mezi obnovitelné zdroje se řadí například sluneční záření, větrná energie, vodní energie, energie z biomasy a geotermálních pramenů. Tyto zdroje pochází z přírody nebo samotné přírodní jevy pohánějí elektrárny pro výrobu energie. Příroda tyto zdroje sama neustále vytváří a nemohou být člověkem vyčerpány (Ellabban et al., 2014; Deshmukh et al., 2021).

V roce 2010 pocházelo 20 % veškeré vyrobené elektrické energie z obnovitelných zdrojů a o 10 let později se procentuální hodnota navýšila o 5 %. Do budoucna, přesněji do roku 2035 se odhaduje, že by podíl výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů měl překročit hranici 30 % (Ellabban et al., 2014). Předpoklad pro rok 2050 podle Mezinárodní energetické agentury (IEA) je, že 46 % veškeré elektrické energie po celém světě by mělo být vyrobeno z obnovitelných zdrojů (Mideksa and Kallbekken, 2010).

### **5.2.1 Sluneční energie**

Nejčastěji se sluneční energie používá pro vytápění a výrobu elektrické energie. Objekt, ve kterém má být využívána solární energie musí mít zřízeny kolektory nebo

panely pro sběr a přeměnu této energie, které z dopadajícího slunečního záření vytvoří elektrickou energii. Dále musí mít navrženy zásobníky pro akumulaci energie, kterou je následně možné využívat v noci či v deštivých a zamračených dnech (Kalogirou, 2009; Nelson, 2011).

Nejčastějšími panely pro zachycování slunečního záření a následnou přeměnu na elektrickou energii jsou fotovoltaické panely pokryté křemíkem, které přeměňují sluneční záření na stejnosměrný proud. Umístěny mohou být na zemi nebo připevněny na střeše či stěnách budovy (Devabhaktuni et al., 2013). Pro vytápění či ochlazování objektů se používají například ploché nebo vakuové trubicové kolektory skládající se z potrubí, kterým protéká sluncem ohřívána voda. Rozdíl mezi plochými a vakuovými kolektory je, že z plochých jde ohřátá voda do zásobníku, zatímco vakuové jsou tvořeny dvěma potrubími, mezi kterými je vytvořené vakuum, a díky tomu se teplo z vody neuvolňuje z potrubí (Devabhaktuni et al., 2013; Bhatia, 2014)

## **5.2.2 Vodní energie**

Výroba elektrické energie pomocí vody spočívá v jednoduchém procesu, kdy proud vody uvádí pomocí mechanické energie turbínu do pohybu. Tato mechanická energie je následně přeměňována v generátoru na elektrickou energii (Egré and Milewski, 2002).

Vodní elektrárny jsou vysoce účinné a dají se rozdělit podle více kritérií, a to například podle provozu či velikosti. Rozdělení podle provozu elektrárny spočívá ve způsobu využití vody. V zásadě jsou 3 typy, a to průtočné, přečerpávací a akumuláční. Průtočná vodní elektrárna využívá pouze samotnou energii vodního toku, zatímco přečerpávací využívá dvou nádrží, z nichž se střídavě přečerpává voda v závislosti na denní špičce. Posledním typem je akumuláční vodní elektrárna, která je složena z nádrže zadržující vodu a přehradu, ke které je napojena elektrárna (Egré and Milewski, 2002; Vobořil, 2016).

Podle velikosti se elektrárny rozdělují na velké, malé a mikro. Přičemž velké elektrárny mají výkon více jak 30 MW, malé se mohou lišit v závislosti na kontinentu, v Evropě se rozmezí výkonu pohybuje mezi 100 kW a 10 MW, zatímco ve zbytku



světa je horní hranice až 30 MW. Mikro elektrárny mají výkon méně jak 100 kW (Egré and Milewski, 2002; Nelson, 2011).

V České republice jsou zastoupeny všechny zmíněné typy vodních elektráren. Nejvýkonnější přečerpávací vodní elektrárnou jsou Dlouhé stráně s výkonem 650 MW, zatímco nejvýkonnější akumulární elektrárnou je Orlický náhon s výkonem 364 MW a průtočnou Střekov s 19,5 MW (Egré and Milewski, 2002). Největší a nejvýkonnější vodní elektrárnou světa jsou Tři soutěsky nacházející se na řece Yangtze v Číně s výkonem 22,5 GW (Nelson, 2011).

### **5.2.3 Bioenergie**

Hlavním zdrojem biomasy lze považovat produkty zemědělské činnosti, jako jsou plodiny a zemědělské zbytky. Samozřejmě se využívá pro výrobu biomasy i dřevo a jiný organický odpadní materiál. I přes velké množství materiálu, který se může použít pro výrobu energie, je procento výroby právě z biomasy velmi malé a pro jeho zvýšení by musela proběhnout inovace již stávajících technologií (Cheng, 2017).

Velkou výhodou biomasy je mnoho možností jejího využití. Může se používat jak ve své tuhé formě, a to spalováním pro výrobu tepla a elektrické energie nebo způsoby, jako jsou zkapalnění a zplynění biomasy. Plyn z biomasy se získává z tzv. vyhnívacích nádrží, ve kterých se organická hmota rozkládá a produkuje hořlavý plyn, který se následně použije k pohonu plynových turbín nebo se samotný plyn spálí pro výrobu elektřiny (Demirbas, 2007).

Zkapalnění biomasy se provádí tepelnými procesy, extrakcemi a fermentacemi, z čehož vzniká kapalina zvaná bio-olej. Bio-olej se dále používá pro výrobu například bionafty, která se dále může vyrábět z palmového oleje či z oleje rostlin rodu dávivec (*Jatropha*). V evropské spotřebě nafty je bionafta zastoupena 10 %, přičemž se nejvíce bionafty vyrábí v Německu (Demirbas, 2007; Nelson, 2011).

### **5.2.4 Geotermální energie**

Původ geotermální energie se nachází v jádru Země, ze kterého se uvolňuje směrem k povrchu. Teplota od povrchu k jádru roste, a to průměrně 30 °C za každý kilometr.

Díky jádru, které toto teplo vyzařuje nepřetržitě, se geotermální energie řadí mezi obnovitelné zdroje. Negativní vlastností je výskyt a zadržování tepla v zemské kůře, neboť se vyskytuje ve větších hloubkách, než je lidstvo schopno využívat. Avšak pod povrchem Země se nachází oblasti, kde se teplota zvyšuje podstatně více, než je již zmíněných 30 °C/km. Tento jev je způsoben ochlazováním tekutého magmatu, který se nachází nízko pod povrchem, čímž se uvolňuje větší množství tepla. Nejčastěji se takovéto oblasti vyskytují nedaleko spojů na hranicích tektonických desek a je s nimi spojena sopečná a seismická aktivita (Barbier, 2002; Manzella, 2017).

Proces získávání geotermálního tepla začíná u dešťových kapek, kdy se spadené srážky po vsaku do půdy ohřívají a následně dopravují pod povrchem do podzemních zásobníků, které jsou tvořeny chladnějšími horninami. Pokud se tyto zásobníky nachází v dostupné hloubce maximálně 10 kilometrů pod povrchem je nad místem akumulace horké vody možno provést vrt, kterým se za pomoci čerpadel přivádí voda na povrch. Tato přivedená horká voda se nejčastěji používá pro účely vytápění budov a výrobu elektrické energie, přičemž se již takto využitá voda v 95 % uměle vrací zpět do podzemního zásobníku a celý proces se opakuje (Barbier, 2002; Manzella, 2017).

## 6. Větrné elektrárny

Konstrukce větrných elektráren se skládá ze tří základních částí, kterými jsou tubus, gondola a rotor (Wagner, 2017).

- **Tubus** nesoucí gondolu s rotorem je vyroben z ocelových částí, které jsou nejčastěji přemístovány na místo výstavby ve třech sekcích. Součástí je i schodiště vedoucí do gondoly, které je umístěno uvnitř tubusu (Rubio-Avila et al. 2008; ENERGY.GOV ©2023). Výška tubusu má také svá pravidla. Jedním z těchto pravidel je, že výška tubusu odpovídá průměru kruhu, který je tvořen točícími se lopatkami (Crosby Airpes ©2023).
- **Gondola** je stěžejní částí větrné elektrárny, která má za úkol převádět kinetickou energii z větru na energii elektrickou. Tento proces se odehrává v generátoru umístěného v zadní části gondoly. Generátor je s turbínou propojen vysokorychlostní a nízkorychlostní hřídelí. V gondole se nachází další příslušenství sloužící pro chod celé elektrárny. Jedním z nejdůležitějších je

elektronický ovladač, který má za úkol chránit větrnou elektrárnu před poškozením. Při velkých rychlostech větru, okolo 90 km/h, ovladač vyše signál k zastavení turbíny, aby se předešlo velkému poškození elektrárny. Neméně důležitou částí je brzda, která se sepne při vypnutí elektrárny a zabráňuje samovolnému otáčení turbíny (ENERGY.GOV ©2023).

- **Rotor** větrné elektrárny je jediná pohyblivá část konstrukce a skládá se ze dvou částí, a to hlavice a lopatek. Hlavice má za úkol nést lopatky rotoru, na které působí větrné síly, čímž se celá turbína začne otáčet (Crosby Airpes ©2023). Lopatky jsou duté a konstruované z lehkých a pevných materiálů, jako jsou uhlíková vlákna, kevlar či polyester. V dnešní době jsou ve výzkumu i udržitelnější materiály na bázi dřeva. Nejpoužívanější turbínou je třílopatkový rotor. Ačkoli se používají i více lopatkové rotory, tento vede k maximalizování účinnosti elektrárny (IBERDROLA ©2023).

Větrné elektrárny mají své základní dělení, a to podle principu jejich funkce nebo podle osy otáčení (SVĚT ENERGIE ©2020). Toto však není jediný způsob rozdělení, jelikož se dále mohou rozdělovat podle výkonu a samotného umístění větrných elektráren, kde mohou vznikat větrné farmy s rozlohou až několika km<sup>2</sup>, na kterých mohou být vystavěny velké počty větrných elektráren (Wagner, 2017; REPSOL ©2023).

## 6.1 Vztlakový a odporový princip funkce turbín

Větrné elektrárny se dají rozlišit podle funkce na vztlakové a odporové. Prvním typem je turbína vztlaková, která funguje na principu vztlakové síly. To znamená, že vítr působí kolmo na plochu lopatek a následně je obtéká, čímž roztáčí turbínu. Tvar lopatek by se dal přirovnat k tvaru používaném na křídlech moderních letadel, která nejsou přímá, ale spíše mírně zaoblená. Díky kolmému nárazu vzduchu na lopatky se turbína může otáčet větší rychlostí, než je rychlost větru. Tyto vztlakové turbíny dokáží vyvinout velkou účinnost, která dosahuje až 59 % (Vobořil, 2015; Martens, 2017).

Druhým typem je odporová turbína, která byla vyvinuta o mnoho dříve než již zmíněná turbína vztlaková. Odporová funguje rovnoběžně se směrem větru, a proto nemůže turbína dosáhnout větší rychlosti, než je rychlost samotného větru. Z toho důvodu mají

o mnoho nižší účinnost než turbíny vztlakové, a to až 4krát. Další nevýhodou je množství použitého materiálu. Kvůli principu odporu musí být plochy turbíny co největší, kdežto u vztlakových turbín zabírají lopatky jen malou část rotoru. Účinnost odporové turbíny je závislá na tvaru a natočení lopatek. Typickým tvarem lopatek odporové turbíny je tvar misky. Tento tvar umožní, že se do jedné misky vítr opře a misku, která se pohybuje proti směru větru, jen obteče. Tento princip zajišťuje, že na misku s vypouklou stranou působí síla větru méně než na misku otevřenou, a tím se turbína začne otáčet (Vobořil, 2015; Martens, 2017).

## **6.2 Osy otáčení rotoru**

### **6.2.1 Vertikální osa**

Vertikální osa je název pro svislou osu, kolem které se otáčí turbína s lopatkami. Tyto turbíny využívají oba principy funkce turbín, a to vztlakovou nebo odporovou. Ve vzácných případech se využívá kombinace těchto dvou principů (Johari et al., 2018).

Velkou výhodou vertikálních turbín je, že lopatky nemusí být ve stejném směru ze kterého vane vítr. Další výhodou je možnost vystavět takovéto elektrárny nízko nad zemí, a to z důvodu, že k roztočení stačí malý proud větru. Díky tomuto umístění je údržba o takovéto elektrárny mnohem snazší. Avšak turbíny s vertikální osou mají i mnoho nevýhod. Mezi ty největší patří menší účinnost, jelikož vítr, který roztáčí turbínu působí jak na plochu, kterou chceme roztáčet, tak i na plochu která se v protisměru větru vrací. Vertikální turbíny se mohou dělit podle návrhu, a to na Darrieus a Savonius (Johari et al., 2018). První jmenovaná turbína Darrieus pracuje na vztlakovém principu a její lopatky jsou podlouhlé a jejich tvar v řezu připomíná ležící kapku. Druhá turbína Savonius je založena na principu odporu a připomíná tvar misky. Darrieus je v porovnání s konceptem Savonius více výkonný a používanější po celém světě (Jin et al., 2015).

## 6.2.2 Horizontální osa

Turbíny s horizontální osou otáčení využívají pouze principu vztlaku, čímž i jejich lopatky jsou stejné, jakožto u vztlakových principů. Tento typ turbín je nejběžnější, protože dosahuje vyšší účinnosti, a to až 60 %. Další výhodou, která z horizontálních turbín vytvořila nejpoužívanější typ je využití větru proudící kolmo na lopatky, čímž se maximalizuje účinnost celého rotoru. Ovšem podmínkou pro maximální účinnost je umístění turbín v oblasti a výšce s konzistentním větrem. S tím se pojí potřeba natočit rotor proti směru větru, jelikož takto stavěná turbína nemůže fungovat rovnoběžně s větrem. Z důvodu dlouhodobého používání stejného konceptu je velkou výhodou jejich jednoduchá instalace, ale bohužel náročná doprava (Saad and Asmuin, 2014; Johari et al., 2018).

## 6.3 Větrné elektrárny podle výkonu

Větrné elektrárny jsou podle jejich výkonu výroby elektrické energie rozděleny do následujících skupin: mikro, malé, střední a velké (Nobel, 2008). Rozsah výkonu, který je vyjadřován v kW nebo případně MW není přesně definován, proto je jejich rozsah pouze odhadován (Marvuglia, 2011).

**Mikroelektrárny** jsou nejmenšími větrnými elektrárnami pro výrobu elektrické energie. Používají se nejvíce pro lokální výrobu elektřiny a mají spíše doplňkový význam, mohou například nabíjet baterie v budovách. Výhodou těchto elektráren je možnost upevnění na jakýkoli povrch, kterým například mohou být vnější stěny staveb, a díky tomuto upevnění nenarušují krajinný ráz. Nevýhodou je nemožnost regulace točivého momentu a výkonu elektrárny. Pro tento problém existují emulátory pro nastavení těchto parametrů, ale problémem je, že se nedodávají zároveň s konstrukcí větrné elektrárny a klient si je musí dokupovat (Marvuglia, 2011; Wagner, 2017). Výkon mikroelektráren se pohybuje mezi 50 Watty až 2 kilowatty a průměr celého rotoru dosahuje maximálně 3 metry (Nobel, 2008).

**Malé větrné elektrárny** jsou nejvíce využívány jako zdroj energie v odlehlých místech, kde není možnost připojení k síti, ale samozřejmě je jejich připojení k síti možné, jelikož nevyžadují silnou energetickou infrastrukturu. Taktéž jejich doprava ani instalace není náročná z důvodu malých komponentů v jejich konstrukci, a díky

tomu potřebují jen maloplošné základy (Zhang and Qi, 2011; Wagner, 2017). Výkon těchto elektráren se pohybuje mezi 2 kW až 40 kW a průměr celého rotoru je v rozmezí 3-12 m (Nobel, 2008).

**Střední větrné elektrárny** mají velmi malé uplatnění. Mohou se využít jako zdroj elektrické energie například k zemědělským budovám a plochám nebo k menším administrativním budovám. Ve světě se mohou využívat jako doplněk k ostatním zdrojům, a to především na odlehlých místech, kterými mohou být například mořské ostrovy. Střední elektrárny je možné použít pro silné a nekonzistentní větry, naopak při slabých větrech jsou málo účinné (Wagner, 2017; EKOÚSPORA ©2022). Jejich výkon se pohybuje mezi 40 kW až 999 kW a průměr rotoru činí 12-45 metrů (Nobel, 2008).

**Velké větrné elektrárny** jsou v dnešní době nejpoužívanějším a zároveň nejznámějším konceptem po celém světě. V drtivé většině případů se velké větrné elektrárny skládají ze tří lopatek, které pohání horizontální turbínu. Z důvodu vysoké výšky elektráren jsou konstrukce nabarvené na bílo, pro jejich lepší viditelnost (Sadrehaghghi, 2022). Nejvíce jsou využívány pro velkovýrobu elektrické energie energetickými společnostmi, které poté vyrobenou elektřinu distribuují k odběratelům. Aby se maximalizovala výroba elektrické energie, jsou velké větrné elektrárny stavěny na velkých plochách s více turbínami, které poté jsou schopny poskytovat elektrickou energii pro desítky tisíc odběratelů (Wood, 2014). Velké větrné elektrárny mají výkon vyšší než 1 MW a průměr jejich celého rotoru přesahuje 46 metrů (Nobel, 2008).

## **6.4 Umístění větrných elektráren**

Umístění větrných elektráren je nejčastěji na místech, kde panují příznivé meteorologické podmínky pro funkci těchto elektráren. Takovými místy mohou být venkovské prostory nebo jiná odlehlá místa, která jsou daleko od spotřebišť (Haces-Fernandez et al., 2022). Větrné elektrárny mohou být umístěny jak na pevnině, tak na moři (Wagner, 2017).

### **6.4.1 Na pevnině**

Větrné elektrárny umístěné na pevnině jsou stavěny tak, aby využívaly potenciál větrů, které vanou nad pevninou. Tyto větrné elektrárny mohou tvořit shluky, které často bývají tvořeny až několika stovkami větrných turbín. Tyto turbíny musí být vystavěny s rozestupy, aby se mezi nimi nerušily větrné brázdy (Haces-Fernandez et al., 2022). Výběr vhodných a atraktivních lokalit je stále těžší, jelikož se na těchto místech již nacházejí větrné elektrárny, které byly vystavěny dříve a mohou dosahovat konce své životnosti. Konec projektové životnosti, která činí 20 let, je jeden z velkých problémů stávajících elektráren. Tento problém je potřeba urychleně začít řešit, protože počet stárnoucích elektráren se prudce zvyšuje. Příkladem může být srovnání roku 2016 a 2020, kdy v roce 2016 bylo v Evropě 12 % všech větrných elektráren starších 15 let, zatímco se v roce 2020 hodnota vyšplhala až na 28 %. Aby se předešlo velkým úbytkům větrné energie, musí se stávající elektrárny inovovat nebo úplně vyřadit z provozu a vystavět elektrárny zcela nové. Obě řešení jsou finančně i technicky náročná, ovšem díky inovacím by se dal ekonomický dopad výrazně snížit (Ziegler et al., 2018).

### **6.4.2 Na pobřeží**

Větrné elektrárny stavěné blízko pobřeží jsou hybridním řešením pro využití větrné energie. Větrné turbíny se nejčastěji umísťují do mělkých vod kontinentálního šelfu. Díky svému umístění v pobřežních vodách jejich základy a samotná konstrukce trpí kvůli agresivnímu prostředí, z důvodu odlivů a přílivů. Při odlivu je celá konstrukce obnažena a základ je ve vodě ponořen pouze z části. Zatímco při přílivu voda svou silou narazí do obou konstrukcí a základ zcela zakryje. Zakládání konstrukcí je náročnější než u výše jmenovaných pevninských elektráren (Carril, 2021).

Nejčastějším řešením je systém zvaný monopiles. Ten spočívá v zavedení ocelové trubky do dna moře, na kterou bude následně nasazen tubus větrné turbíny. Tato technika je ve světovém měřítku nejpoužívanější a nejlevnější (Sayigh, 2012). Dalším řešením je takzvaná základní pilota s vyvýšeným krytem, která je složena z betonových či ocelových pilot. Tyto piloty jsou seřazeny do kruhu a následně jsou spojeny betonovým uzávěrem. Jejich údržba je snadná a není potřeba použití lodí,

jelikož bývají piloty propojeny například chodníky s pobřežím a často i mezi sebou. Posledním řešením je výstavba tzv. kofferdamů, které slouží k vytvoření suchého prostředí pro realizaci projektu. V tomto případě se jedná o takzvané ostrůvky kruhového tvaru, ze kterých je odčerpána voda a následně je v nich vytvořen základ pomocí pilotu. Tento způsob řešení je převzat ze staveb, kdy se na řece nebo jezeru provádí stavba nosného pilíře (Carril, 2021; Dam-It-Dams ©2023).

### **6.4.3 Na moři**

Větrné elektrárny na moři jsou vystavěny tak, aby byl plně využit vítr, který převládá nad oceánem. V dřívějších dobách se větrné elektrárny na moře umísťovaly maximálně 10 kilometrů od břehu a základy se budovaly v hloubce pár desítek metrů. Postupem času však tyto lokality začaly být nedostupné z důvodu dříve vystavěných větrníků, a tak se dnes větrné elektrárny umísťují desítky až stovky kilometrů od pevniny. První větrnou elektrárnou umístěnou dále od pobřeží byla větrná elektrárna Bard ležící v Severním moři, konkrétně 100 km od německého pobřeží, která byla napojena na síť v roce 2013. Aktuálně nejvzdálenější elektrárna se nachází ve Spojeném království, a to ve vzdálenosti 260 km od pobřeží. Velkou výhodou tak velkých vzdáleností od pevniny je vyšší účinnost elektrárny, u které obecně platí, že čím dále od pevniny větrník je, tím jeho účinnost a finanční návratnost roste (Rock and Parsons, 2010; Ng and Ran, 2016).

V závislosti na hloubce, ve které jsou umístěny, se rozdělují jejich samotné základy. Pro hloubku dosahující 30 metrů se vystaví monopilotní základna, která je složena ze sloupu o průměru 6 metrů. Dalším typem základny je tzv. trojnožka, která by se dala vzhledem přirovnat ke stativu. Tato základna je využívána pro hloubku od 20-80 metrů, avšak pro tuto hloubku je možné využití i příhradové základny (Rock and Parsons, 2010). Konstrukce tzv. trojnožky spočívá v ocelovém sloupu který je upevněn na 3 diagonální prvky směřující ke dnu moře. Na tyto prvky dále navazují piloty, které jsou umístěny ve dně pro ukotvení a zamezení pohybu nosné trojnožky. Tyto konstrukce využívají kombinaci výhod jak monopilotních tak příhradových základen. Mezi výhody patří velká pevnost základu a schopnost menší rezonance s vlnami narážejících do konstrukce. Pokud jde o finanční náročnost konstrukce, jedná se o nejlevnější řešení. Oproti příhradové konstrukci je trojnožková konstrukce levnější až



o 50 % (Plodpradit et al., 2019). Větrné elektrárny mohou být umístěny i v mnohem větších hloubkách, a proto různé společnosti vyvíjejí a testují plovoucí základny, které by mohly být až v hloubce 700 metrů (Rock and Parsons, 2010).

Náklady u větrných elektráren na moři jsou mnohem vyšší, než je tomu u ostatních umístění. Je potřeba brát v úvahu, že vybudování vedení od elektrárny až k síti může být kvůli vzdálenosti velmi nákladné a dále je nutné speciální vybavení a samotná infrastruktura, která je přizpůsobena podmínkám panujícím v oceánu (Hutt, 2022).

Z hlediska transportu a instalace jsou mořské větrné elektrárny nejnáročnější z již zmíněných typů větrných elektráren. Prvním krokem k dosažení cíle umístit na moře větrné elektrárny je samozřejmě výroba a doprava vyrobených kusů na dané místo. Těmito kusy je myšlen tubus, gondola, rotor, lopatky a základ. Patrný rozdíl je v transportu základů oproti ostatním komponentům, které se dopravují do přístavu za pomoci vysokokapacitních nákladních automobilů. Základy se dopravují přímo na místo budoucí stavby elektrárny pomocí plavidel (Ng and Ran, 2016).

Dalším krokem je instalace prvků dodaných do přístavu. Kvůli omezeným prostorům se však v přístavech neinstaluje celá konstrukce elektrárny, nýbrž existují základní instalační postupy. Mezi tyto postupy patří instalace dvou nebo tří lopatek k motoru a následně k samotné gondole. Takové řešení je problematické, jelikož takto instalované komponenty zabírají velkou plochu v transportních plavidlech a každý takto složený komponent musí být přemístěn vlastním plavidlem. Nejvýhodnějším řešením je montáž tubusu, který je do přístavu dopraven v 3-4 menších kusech, které se následně smontují a vznikne několik desítek metrů dlouhý tubus. Tubus se následně připevní na transportní loď, na kterou se poté naloží i další zbývající komponenty a společně jsou dopraveny na místo výstavby. V minulosti se žádné takové koncepty nevyužívaly a všechny kusy byly na místo výstavby dopraveny samostatně, a až zde byly instalovány. Tento postup je však velmi neefektivní při instalaci velkého množství větrníků ve větrné farmě (Ng and Ran, 2016).

Třetím krokem potřebným pro vystavění větrných elektráren je doprava na místo výstavby, kterou zajišťují transportní plavidla. Největším rozhodujícím faktorem pro transport je počasí, a proto musí být přesně dán čas, kdy se transport smí uskutečnit. Po dopravení všech komponentů na místo začíná závěrečný krok, a to celková instalace, která je prováděna na moři. Základem instalace je vytvoření základny, na

kteře se následně namontují všechny části větrníku. Důležitou součástí vzdálených elektráren jsou elektrické rozvody, které musí být vystavěny zároveň s větrníky. V poslední řadě musí být propojeny elektrické kabely s mořskými a pobřežními rozvodnami (Ng and Ran, 2016).

## **7. Historie větrných elektráren**

Ještě před samotnými větrnými elektrárnami se síla větru využívala k mechanické práci, a to pomocí větrných mlýnů či větrných čerpadel (Koč, 2005). První zmínky o využívání energie větru pocházejí už z 5. tisíciletí před naším letopočtem v Číně. Tyto větrné mlýny měly svislou osu a používaly se jak pro čerpání vody, tak i pro mletí obilí. O vývoj prvních větrných mlýnů s horizontální osou se zasloužili obyvatelé Asie v 11. století našeho letopočtu. Z Asie se tyto horizontální větrné mlýny rozšířily i do Evropy, a to už ve druhé polovině 12. století a od této doby se počet a výkon větrných mlýnů neustále zvyšoval (Şahin, 2004).

Historicky první větrná elektrárna, která byla využita pro výrobu elektrické energie byla postavena v americkém Clevelandu v roce 1888 s výkonem 12 kW. Později v roce 1891 byla postavena první větrná elektrárna v Evropě, a to v Dánsku konkrétně v obci Askov. Tato elektrárna nebyla výkonnější ani technologicky dokonalejší než již zmíněná Clevelandská větrná elektrárna, přesto byla brána jako největší průkopník v technologii větrných elektráren. V průběhu let se neustále měnil vzhled a výkon turbín pohánějící elektrárny. Po druhé světové válce Johannes Juul ve městě Gedser v Dánsku povznesl design větrných elektráren opět o úroveň výše a během let 1956 – 1967 vyrobila přes 2 miliony kWh. Ve stejném časovém období německý inženýr Ulrich Hütter navrhl v té době nejvýkonnější větrnou turbínu. Bohužel z důvodu většího využívání ropy pro výrobu elektrické energie, začala sláva větrných elektráren ubývat. To zastavila ropná krize v 70. letech minulého století a vlády po celém světě začaly finančně podporovat další vývoj větrných elektráren. Na konci 80. let 19. století měly turbíny výkon pouhých 300 kW, ale v roce 2001 se tento výkon zosminásobil, a to až na hodnotu 2,5 MW. Od začátku 21. století výkon větrných elektráren roste a dnes hodnoty výkonu dosahují až 5 MW (Şahin, 2004; Koč, 2005).

Podobně jako tomu bylo v případě světového využití větru, i Česko začalo větrnou energii nejprve využívat pro mletí obilí pomocí postavených větrných mlýnů. První větrný mlýn na území Čech byl vystavěn v roce 1277 ve Strahovském klášteře v Praze. Největší rozkvět však zažívala větrné energie a výstavba mlýnů na konci první poloviny 19. století (ČSVE ©2021). První zmínky o využívání větru pro výrobu elektrické energie pocházejí ze začátku 20. století, konkrétněji z roku 1910, kdy byla postavena první větrná elektrárna na území tehdejšího Rakouska-Uherska, konkrétně v Lipnici nad Sázavou. Další větrnou elektrárnou dochovanou pouze ze záznamů byla větrná elektrárna nedaleko Brna. Tato stavba ovšem nebyla větrnou elektrárnou od začátku, vlastník ji nejprve využíval jako větrný mlýn a po první světové válce mlýn přestavěl na elektrárnu. Místo mlýnského kola připevnil na mlýn Halladayovu turbínu s třemi lopatkami. Nejvíce podrobně popsanou elektrárnou je větrná elektrárna poblíž hory Sněžky u hotelu Slezský dům. Tato větrná elektrárna měla projektovaný výkon stanovený na 37-44 kW a vyráběla měsíčně okolo 1000 kWh, avšak podle odborných odhadů nemohla dosáhnout takového výkonu. Odhadovaný výkon odborníků byl stanoven na pouhých 10 kW. Rok výstavby této elektrárny není zachován, je ovšem známo, že vysoké výkyvy teplot, silné větry a také mrazy ukončily její životnost velmi brzy a celá elektrárna se zřítla (Koč, 2015). Velký rozvoj a modernizaci v ČR začaly větrné elektrárny zažívat na konci 80. let minulého století, ovšem během začátku let 90. došlo k úbytku těchto moderních větrných elektráren z důvodu nevyhovujících podmínek a špatné technologie (ČSVE ©2021).

## **8. Větrné elektrárny ve světě a České republice**

### **8.1 Svět**

Větrné elektrárny pokrývají 27 % kapacity všech obnovitelných zdrojů, a to konkrétně 824 GW a tato kapacita je produkována více než 350 000 turbínami. Celková kapacita se dá dále rozdělit mezi elektrárny na souši a na moři. Suchozemské turbíny mají obrovské zastoupení, a to více jak 93 %, oproti mořským (IRENA ©2022; RENERGY ©2022).

Do roku 2050 je Mezivládním panelem pro klimatickou změnu (Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC) odhadováno, že bude alespoň 20% světové poptávky

po elektřině pokryto právě větrnou energií. Tato poptávka ale může dosahovat právě do již zmíněného roku 2050 až 8 500 GW. Což by znamenalo, že pro dosažení 20 % pokrytí větrnou energií bude potřeba až padesátinásobná výroba elektrické energie pomocí větrných elektráren, než jakou jsou schopny vyrobit v dnešní době (Premalatha et al., 2014).

Největší plánovanou větrnou farmou na světě je Jiuqan Wind Base nacházející se v Číně. Její plánovaná kapacita se má pohybovat až kolem 20 GW a měla by být složena až ze 7 000 turbín. Toto je však jediná větrná farma na území Číny, která je zařazena mezi 10 největších větrných elektráren na světě. Další zemí, která má na svém území dokonce dvě větrné farmy, jež jsou zařazeny do tohoto žebříčku, je Indie. Větrná farma Jaisalmer se se svojí kapacitou 1,6 GW se umístila na 2.místě, dále se jedná o farmu Muppandal s kapacitou 1,5 GW. Tuto větrnou farmu však kapacitou předčila farma Alta Wind Energy Center nacházející se v USA, a její kapacita je vyšší o pouhých 0,048 GW. Spojené státy americké však mají v tomto žebříčku další větrné farmy, které obsadily 5.-7. místo. Jedná se o větrnou farmu Shapherds Flat Winds, Roscoe Wind farm, Horse Hollow Wind Power Center a Capricorn Ridge. Posledními dvěma větrnými farmami jsou Walney Extension Offshore a London Array Offshore, které svojí kapacitou nepřesahují 659 MW (RONERGY ©2022).

Stejný vzestupný trend mají také větrné elektrárny umístěné na moři. Od počátku 90. let minulého století, kdy se v Dánsku vystavěla první větrná elektrárna na moři, se rapidně rozrůstá počet mořských větrných elektráren. Pro srovnání, od roku 1991 po rok 2000 vzrostla kapacita větrných elektráren z nuly na pouhých 0,6 GW. Od počátku 21. století do roku 2018 kapacita vzrostla třicetinásobně na hodnotu 18 GW a za pouhé dva roky kapacita již dosahovala 36 GW. V roce 2021 se opět světová kapacita zvyšovala a zastavila se na hodnotě 58 GW. Ovšem tento vzestupný trend se podle odhadů nezastaví, naopak se kapacita bude nadále vysokým tempem zvyšovat a podle predikcí by v roce 2030 mohla výroba elektrické energie na moři přesahovat 150 GW (Díaz and Soares, 2020).

Mezi státy s nejvyšší výrobní kapacitou větrných elektráren na moři ve světě se řadí Spojené království s více jak 7 000 MW za nímž následuje Německo s hodnotou přesahující 5 300 MW, dále Čína s 4 700 MW za Čínou následuje Dánsko a Nizozemsko s kapacitou přesahující 1 000 MW. Dalšími státy využívající mořské

větrné proudy jsou Belgie, Švédsko, Finsko či Asijské státy jako například Jižní Korea nebo Vietnam (Díaz and Soares, 2020).

Ačkoli mají Spojené státy velmi dobrý přístup k moři, jejich kapacita větrných elektráren fungujících na moři nepřesahuje ani 50 MW. Spojené státy mají ve svých vodách pouze jednu funkční větrnou farmu, ale do roku 2027 mají ambice zprovoznit dalších 5 větrných farem na moři a do roku 2030 navýšit svoji kapacitu na 30 GW (Terra, 2022).

## 8.2 Česká republika

Pro stavbu větrných elektráren jsou nejvhodnější konzistentní rychlosti větru. Tuto podmínku Česká republika nesplňuje, neboť se v průběhu sezón rychlost větru výrazně mění. I přes špatné podmínky jsou i na našem území vystavěné větrné turbíny, podporující šetrnější výrobu elektrické energie (Thonnová, 2013). Už po několik let si Česká republika drží svůj stagnující trend, a to ten, že větrné elektrárny vyrábí jen 1 % z veškeré elektrické energie. Tato situace je zapříčiněna hlavně tím, že za posledních 10 let se vystavělo jen malé množství nových větrných elektráren. Česko má ovšem ambice do roku 2040 vyrábět až 10 % elektrické energie pomocí větrných elektráren. V dnešní době s pouhým jedním procentem jsme velmi vzdáleni od hodnoty Evropské unie, neboť ta vyrábí o 17 % více elektrické energie z větru, oproti Česku (Evropa v datech ©2022).

Pokud porovnáme celkový výkon všech větrných elektráren na území České republiky, zjistíme, že Česko za posledních 13 let zvyšuje výkon opravdu jen málo, oproti ostatním Evropským či světovým státům. V roce 2008 výkon větrných turbín činil necelých 150 MW, který mělo na starosti 111 turbín. O 5 let později výkon vzrostl o více jak 100 MW, přesněji na 268 MW a počet turbín se zvýšil na 177, které vyrobily elektrickou energii pro více než 130 000 domácností (Thonnová, 2013; Felcman, 2014). Meziroční nárůst výkonů větrných elektráren v Česku je velmi malý, například mezi rokem 2015–2016 se zvedl pouze o jediný megawatt. Větší nárůst zaznamenal přelom roku 2018 a 2019, kdy se výkon zvýšil z 316 MW na 339 MW. Od tohoto roku počet i výkon elektráren stagnuje a zaujímá 54. místo na světovém žebříčku (IRENA ©2022).

Pokud se podíváme na větrné elektrárny podrobněji, konkrétně na počet vystavěných větrníků, tak zjistíme, že nejvíce se jich nachází v severozápadní části České republiky a také v Olomouckém kraji. Nejvyšší podíl na výrobě elektrické energie za pomoci větru má Ústecký kraj, ve kterém se také nachází největší větrná farma u nás. Touto farmou jsou Kryštofovy hamry s 21 větrníky a výkonem 42 MW. Dohromady se dnes na území Česka nachází 205 větrníků. Nejvíce přispívá již zmíněný Ústecký kraj dále Karlovarský, Olomoucký, Liberecký a v neposlední řadě Pardubický kraj. Naopak kraj Jihočeský a Hlavní město Praha nemají ani jeden větrník (Evropa v datech ©2022).

Přestože se zdá, že větrné elektrárny jsou na pohled jednoduché stroje, jejich realizace je poněkud zdlouhavá, a ne vždy přehledná. Pokud chce subjekt realizovat větrnou farmu či jen samostatnou turbínu, musí projekt předat k posouzení vlivů na životní prostředí. Při procesu posuzování se hodnotí vliv jak na přírodu, tak i na obyvatele, které obtěžuje především hluk. Závěr tohoto procesu vyplývá ze zákona č. 100/2001 Sb. o posuzování vlivů na životní prostředí. Druhou fází je určení konkrétních ploch, kde se bude elektrárna nacházet. Tato fáze musí projít územně plánovacím procesem a pro stavbu se musí vyžádat stavební povolení v souladu se stavebním zákonem (Felcman, 2014).

## **9. Vliv větrných elektráren na životní prostředí**

Větrné elektrárny nemají obecně negativní vliv na životní prostředí a přírodu. Existují však negativní účinky turbín na krajinu a lidské zdraví. Mezi tyto negativa můžeme zařadit narušení krajinného rázu, vliv na divokou zvěř a ptactvo, změnu klimatu, stroboskopický efekt, hluk, zvuky s nízkou frekvencí či takzvaný syndrom větrné elektrárny (Simos et al., 2019).

Vnímání větrných elektráren se v průběhu let radikálně mění. V 80. letech 20. století lidé považovali větrné elektrárny za takzvaný čistý zdroj elektrické energie bez jakéhokoli dopadu na životní prostředí. Tento názor se ovšem změnil v závislosti na jejich umístění a stále zvětšujícím se rozměrům větrných turbín. Proto lidé v dnešní době na větrnou energii již nenahlízejí jako na úplně čistý zdroj energie (Premalatha et al., 2014).

## 9.1 Klima

Ačkoli se zdá, že větrné elektrárny nemají žádný negativní vliv na klima, opak je však pravdou. Možným negativním dopadem větrných elektráren jsou změny počasí. Ty mohou být zapříčiněny turbulencemi, které promíchávají chladný a teplý vzduch. Ve dne se teplý vzduch od země promíchá s chladným vzduchem nad zemí, v noci je tento jev naopak. Toto promíchání může ovlivňovat tvorbu oblačnosti a četnost dešťů v lokalitě. Tento problém ovšem platí pouze pro velké větrné farmy a podle studií je možné, že se noční teplota zvedne o 0,72 °C za 10 let, oproti oblastem bez větrných elektráren (Zhou et al., 2012; Wang and Wang, 2015).

Ve výzkumu jsou však už šetrnější větrné elektrárny, respektive šetrnější řešení, pro minimalizování dopadů na klima a změnu počasí. Prvním řešením by mohla být inovace samotných rotorů, které budou vytvářet menší a slabší turbulence za elektrárnou. Tato inovace by byla však velmi finančně i časově náročná, ale snížila by dopad na klima v dané lokalitě. Alternativní řešení by spočívalo ve vhodném umístění větrných elektráren. Konkrétně by se jednalo o lokality, kde se již vlivem přírodních sil vyskytují silné turbulence. Ovšem i toto řešení má svá rizika, jelikož stávající konstrukční řešení rotorů není přizpůsobeno na silné turbulence a postupem času by mohlo dojít k poškození konstrukce (Abbasi et al., 2016).

Změny počasí a klimatu mohou negativně ovlivňovat i divokou zvěř, která bude hledat útočiště ve stabilnějších a jim vyhovujících podmínkách. Větrné elektrárny mají ovšem i pozitivní vliv na počasí, podle některých studií pomáhají zmírnit písečné bouře. Teorie naznačují, že pokud bychom vedli další výzkumy v oblasti větrných elektráren a jejich vlivu na počasí, mohli bychom jimi odvracet přírodní katastrofy, jako jsou tropické cyklóny či tornáda. Pozitivum je, že negativní dopady větrných elektráren na klima se dají potlačit. Například zlepšením konstrukce lopatek a rotoru či lepším rozmístěním větrníků se dají snížit turbulence a tím zpomalit změnu počasí (Abbasi et al., 2016; Letcher, 2017).

## 9.2 Krajina

Lidé vnímají vliv větrných elektráren na krajinu velmi odlišně, někteří na tyto průmyslové stavby pohlížejí jako na umění v krajině, jiní je vnímají jako něco, co do

krajiny nepatří a označují je za průmyslová monstra. Většina souhlasí s obnovitelnými zdroji energie, avšak nesouhlasí s místem, kde by se výstavba měla provádět, a to právě kvůli vizuálním dopadům a změnám v krajině. Ne vždy jsou změny v krajině výrazné, ale některé větrné elektrárny mohou dosahovat výšky až 200 metrů. Takovéto větrné elektrárny mohou být pouhým okem viditelné až na vzdálenost 60 km, samozřejmě za splnění určitých podmínek v krajině a viditelnosti (Letcher, 2017).

Negativní vizuální účinky mohou být rozlišovány na 3 kategorie. První kategorií, která určuje vizuální dopad, je výška větrníků. V průběhu let se výška s modernizací zvyšovala a čím větší byla, tím větší dopad na krajinný ráz elektrárny měly. Je to hlavně z důvodu, že žádné přírodní krajinné prvky nedosahují takových výšek, jako elektrárny. Kdysi, když větrníky dosahovaly pár desítek metrů a byly tudíž vysoké jako stromy v krajině, nebyl problém s vizuálním dopadem. Dalším faktorem je rozmístění. Kdy pro lidské oko je příjemnější pozorovat pravidelné a předvídatelné tvary než náhodně rozmístěné turbíny v krajině. Třetím faktorem ovlivňující krajinný ráz je rotace lopatek a otáčení turbíny, přičemž tento faktor upoutá jako první lidský zrak na vzdálenou větrnou elektrárnu (Letcher, 2017).

Vizuální dopad se dále může dělit do čtyř zón, a to podle vzdálenosti od pozorovatele. První zóna je zóna, kdy turbíny výrazně dominují krajině a mají největší vizuální vliv a její průměr jsou maximálně 2 kilometry. Druhou zónou jsou větrníky ve vzdálenosti do 4,5 kilometrů a jsou vnímány jako vizuálně rušivé, ale ne dominantní. Třetí zóna se nazývá nápadná, a její vzdálenost je do 8 kilometrů. Větrné elektrárny v tomto okruhu tolik pohled na krajinu neruší. Poslední čtvrtou zónou je zóna, kdy jsou větrníky vnímány jako krajinný prvek a nejsou znát ani pohyby lopatek. Vzdálenost této zóny přesahuje 7-8 kilometrů (European Wind Energy Association et al., 2009).

Větrné elektrárny ovšem nejvíce mění krajinu právě tím, že mění samotné využití půdy, která může čelit silné erozi právě z důvodů výstavby, při které může být zničen nebo úplně odstraněn porost chránící půdu. Lesy bývají částečně či úplně vykáceny a v případě znovu vysázených stromů jsou stromy pokáceny dříve, než začnou zasahovat do turbíny. K samotným větrným elektrárnám je potřeba i výstavba komunikací nebo dalších objektů, bez kterých větrné elektrárny nemohou fungovat, a i tyto zásahy často ovlivňují krajinu a ekologickou rovnováhu, která se může obnovovat delší dobu (Dai et al., 2015; Letcher, 2017).



### 9.3 Zvěř a ptactvo

Riziko srážky větrné elektrárny s ptactvem ovlivňuje mnoho faktorů. Těmi mohou být například druhy a počty ptáků, lokalita elektrárny, povětrnostní podmínky nebo denní doba. Nejvíce jsou srážkami postiženi velcí ptáci s horšími manévrovacími schopnostmi. Mohou to být kachny, labutě, husy, ale také dravci jako supi či orli. Srážky ptactva s lopatkami, rotorem nebo tubusem nejsou jediným nebezpečím, jelikož ptáci mohou být vtaženi větrným vírem za elektrárnou a tím utrpět velká zranění (Drewitt and Langston, 2006).

Větším problémem jsou ovšem větrné farmy vystavěné na moři. Jedním z nejvíce problematických míst je Severní a Baltské moře. Tyto moře mají zásadní význam pro ptactvo a poskytují dobré podmínky pro přezimování a hnízdění. Dále jsou velkými migračními koridory pro miliony ptáků. Kvůli již zmíněným důvodům jsou evropské země povinné dodržovat směrnice stanovené Evropskou unií a řídit se úmluvami. Úmluvy chránící ptactvo mohou být například Ramsarská či Bonnská úmluva, nebo také AEWA. Přísnější předpisy se využívají v Německu, kde vládní úřady mohou zakázat výstavbu větrných farem, které by mohly narušit migraci ptáků. Nejvíce se kolize odehrávají za špatných meteorologických podmínek, kdy mají ptáci tendenci létat níže, než je jejich obvyklá letová výška (Exo et al., 2003).

Úmrtnost ptáků se podstatně liší v závislosti na lokalitě. Ve Spojeném království se počet uhynulých ptáků pohybuje od 10 tisíc po 100 tisíc jedinců (Asher, 2022). Zatímco v USA je číslo podstatně vyšší a počet mrtvých letců přesahuje 1 milion, ovšem je to pouze 0,016 % všech žijících ptáků na území Spojených států. Pro srovnání počet sražených ptáků automobily činí 60 milionů a kočky zabijí dokonce až 365 milionů ptáků ročně (Ferris, 2022). Riziko kolizí ptáků s větrnými turbínami je obecně velmi malé. Ve světě se ovšem nachází pár míst, kde je riziko vyšší. Tato místa se nachází v USA, přesněji průsmyk Altamont v Kalifornii, kde je migrační koridor velmi úzký, dalším příkladem je město Tarifa ve Španělsku (Exo et al., 2003).

Pro ptáky nejsou větrné elektrárny nebezpečím jen z pohledu srážek s nimi, velkým problémem je rušení jejich hnízdění a migrace. Podle studií se snižuje hustota ptáků až v okruhu 800 metrů okolo turbíny. S vystavěnými elektrárnami souvisí i takzvaný bariérový efekt, kdy ptáci musí letět delší vzdálenost, aby se vyhnuli všem turbínám a

tím musejí vydat více energie, než doletí do svého hnízda (Drewitt and Langston, 2006).

Většina výzkumů na téma divoké zvěře je v této problematice věnována především ptactvu a netopýrům, i přesto větrné elektrárny mohou negativně ovlivňovat i jiné živočichy. Samotný hluk větrných elektráren může mít negativní dopad na divokou zvěř, u které může být snížena schopnost přežití. U některých druhů divoké zvěře může dojít k zvýšení hladiny stresového hormonu kortizolu nebo může dojít k poškození sluchu. Toto poškození následně může vést až k úplnému ohluchnutí. Hluk také negativně ovlivňuje vnímání blízcího se predátora nebo kořisti, nebo snad dokonce v samotném zvířeti může evokovat hrozbu před kterou se má skrýt či úplně opustit oblast. V případě, že zvěř vnímá hluk jako hrozbu může také dojít k velkému zvýšení takzvaného antipredačního chování (Teff-Seker et al., 2022). U větrných turbín, které jsou umístěny na moři se objevují negativní ale i pozitivní dopady na život pod vodou. Mezi negativní dopady může například patřit poškození bentické flóry a fauny, zakalení vody olejem, který je využíván při samotné montáži nebo následné údržbě elektrárny. Do negativ dále může spadat i omezení slunečního svitu prostupujícího do vody, nebo také hluk a elektromagnetické pole, které může ovlivňovat mořské živočichy. Pozitivem však může být zvyšování biologické rozmanitosti a populace ryb v důsledku usazování potravy přímo na konstrukci větrné elektrárny (Dai et al., 2015).

## 9.4 Člověk

Větrné elektrárny vytvářejí dvě odlišné formy hluku, kterými jsou hluk mechanický a aerodynamický. Rozdíl mezi nimi je právě v původu hluku, jelikož mechanický hluk je vytvářen jednotlivými součástkami turbíny, kterými mohou být převodovka nebo samotný generátor. Jedná se o hluk obsahující různé tóny a jeho frekvence se pohybují do 1000 Hz. U aerodynamického hluku se jedná o hluk, který je způsobován otáčejícími se lopatkami turbíny a větrem. Při porovnání, který z těchto dvou hluků je závažnější je jasné, že se bude jednat o hluk aerodynamický. Mechanický hluk je možno omezit pomocí modernizace součástí uvnitř turbíny, zatímco s rostoucí velikostí větrných turbín je zvyšován i hluk aerodynamický (Premalatha et al., 2014).

Vnímání hluku z turbín je individuální a na každého člověka působí jinak. Hluk, který turbína vydává se mění v závislosti na vzdálenosti pozorovatele či obyvatele. Pokud vzdálenost překročí 400 metrů, hluk z turbíny je maximálně 40 decibelů, což odpovídá hluku ledničky v provozu. Pokud jsme od turbíny vzdáleni 200 metrů, hluk se zvýší na 50 decibelů. Při vzdálenosti 50 metrů hluk dosahuje již 80 decibelů, což může odpovídat například zvuku vysavače. Pokud by se člověk dostal na úplný vrchol neboli kdyby byl v bezprostřední blízkosti rotujících lopatek, vnímal by hluk hlasitý více jak 100 decibelů, který odpovídá motorové sekačce na trávu (Damesmaeker, 2018).

Lidé, kteří vnímají hluk právě z větrných elektráren jsou vystaveni otravnému zvuku, který může po určité době způsobovat mrzutost, poruchy spánku a následně s tím spojené psychické problémy. Bylo zjištěno, že míra, jakou jsou lidé ovlivňováni je způsobena i tím, zda z větrných elektráren mají nějaký prospěch nebo také zda větrnou elektrárnu vidí. Více negativních účinků je sledováno právě u lidí, kteří z větrných elektráren nemají žádný prospěch nebo mohou větrnou elektrárnu pozorovat, zatímco u lidí, kteří z fungující větrné elektrárny čerpají, do jisté míry hluk nevnímají a je pro lidi přijatelnější (Premalatha et al., 2014).

## **9.5 Televizní a rádiový signál**

Elektromagnetické rušení rádiových i televizních přijímačů je v případě větrných elektráren velmi ojedinělé a většinou zanedbatelné. Existují však situace, kdy byl špatný přenos vln zapříčiněn právě turbínami. Na radiokomunikační vlny mohou turbíny působit různými způsoby, například generátory mohou vydávat své vlastní elektromagnetické vlny, které následně přeruší již zmíněné radiokomunikační vlny. Na tyto vlny však negativně působí i aerodynamika lopatek, která může vlny lámat. V dnešní době je rušení telekomunikačních vln ojedinělé, neboť listy rotoru jsou vytvořené z takových syntetických materiálů, které tyto vlny nelámou. Velmi dobře izolována je i gondola, ve které se nachází motor, generátor a další součástky. (European Wind Energy Association et al., 2009).

Pokud je ovšem větrná elektrárna vystavěna příliš blízko obytných budov, není 100 % vyloučeno rušení televizí či rádií. Pokud se tak stane, jsou možnosti, jak se s tímto problémem vypořádat, ale bohužel tyto problémy musí uživatel vyřešit sám.

Nejlevnější variantou je zkusit anténu přemístit a namířit na jiný blízký vysílač. V případě, že tento krok nepomůže, musí uživatel investovat do zesilovače či dokonce pořídit kabelovou nebo satelitní televizi (European Wind Energy Association et al., 2009).

## **10. Výhody větrných elektráren**

I přes několik negativních vlivů na krajinu převládají u větrných elektráren výhody, které z nich činí o mnoho lepší zdroj elektrické energie, než je tomu u fosilních paliv či dokonce u ostatních obnovitelných zdrojů. Hlavní výhodou je přítomnost větru téměř všude ve všech koutech světa. Je pravda, že vítr není konzistentní a nemá všude stejnou rychlost, ovšem dnešní doba dokáže velmi dobře a s přesností stanovit nejčastější směry odkud vítr vane. Díky tomu jsou podrobné informace, kde a kdy větrnou elektrárnu postavit, aby měla nejvyšší možný výkon (Enel Spa ©2023).

Další velkou výhodou je účinnost větrných elektráren, ačkoli oproti vodním elektrárnám mají účinnost nižší, předčí jiné elektrárny. Účinnost větrných elektráren se pohybuje okolo 50 %, kdežto elektrárny využívající pro výrobu elektrické energie uhlí, mají účinnost pouhých 33 % (Enel Spa ©2023; Office of fossil energy and carbon management ©2023).

Přestože větrné elektrárny mohou mít negativní vliv na krajinu či živočichy, jedná se doposud o nejšetrnější zdroj elektrické energie a na možnostech, jak dopad na životní prostředí ještě více eliminovat se stále víc a víc pracuje. Výstavbu větrných elektráren doprovází i povinné certifikace, které zajišťují že dopady samotné elektrárny na krajinu a zvěř budou minimalizovány (Enel Spa ©2023).

Ekonomický aspekt je při výstavbě a provozu větrných elektráren také velmi důležitý. I přes velkou počáteční investici jsou větrné elektrárny nejlevnějším zdrojem elektřiny a zároveň s nejvyšší návratností. Nenáročná údržba, a ne tak vysoká investiční cena zapříčiňuje, že elektrická energie z větrných elektráren je nejlevnějším velkým zdrojem světa. S ekonomickým růstem souvisí i velká nabídka pracovních příležitostí, ať už se jedná o výrobce součástí, čepelí či samotné techniky. Práce, která je spjata s větrnými turbínami je v USA nejrychleji rostoucím zaměstnáním za posledních 10 let. (Enel Spa ©2023; Office of energy efficiency & renewable energy ©2023).

Pokud jde o pozemky, které jsou dotčeny výstavbou, tak i zde mají větrné elektrárny velké výhody. Nezabírají totiž tak velký prostor a pokud jsou turbíny vystavěné na louce či na orné půdě, zemědělci mohou své zemědělské plochy dále využívat i pod turbínami. Pokud však životnost větrné elektrárny dosáhne svého konce, je možné turbínu rozebrat a pozemek velice snadno vrátit do původního stavu a pokračovat v jeho užívání (Enel Spa ©2023).

Ne vždy se ovšem jedná o velké a několik desítek metrů vysoké turbíny. Obyvatelé si mohou přilepšit i menšími verzemi větrných elektráren, kterými mohou být mikro a malé větrné elektrárny. Ty se ovšem nejčastěji využívají jako doplňkový zdroj energie například se solárními panely (Enel Spa ©2023).

## **11. Dotazníkové šetření**

Dotazník vytvořený pro tuto bakalářskou práci sloužil pro zjištění postojů a názorů obyvatel České republiky na větrné elektrárny a obsahoval celkem devět uzavřených otázek, u kterých bylo možné vybrat pouze jednu z nabízených možností. Otázky byly směřovány především na subjektivní názory respondentů ohledně větrných elektráren a jejich vlivu na krajinu či na respondenty samotné.

V dotazníku se také objevila otázka, která byla směřována především na informovanost respondentů o využívání větrných elektráren v České republice. Pro lepší klasifikaci a následné porovnání odpovědí byla součástí dotazníku i otázka na věk respondenta.

### **Otázky a odpovědi:**

1. Jaký je Váš věk?

<18 / 18-26 / 27-40 / 41-60 / 60+

2. Zajímáte se o obnovitelné zdroje energie?

Ano / Částečně / Vůbec

3. Mají podle Vás větrné elektrárny pozitivní vliv na zlepšení životního prostředí (celosvětově)?

Ano / Ne

4. Věříte, že mají větrné elektrárny potenciál společně s ostatními obnovitelnými zdroji plně nahradit fosilní paliva?

Ano / Ne, nelze plně nahradit fosilní paliva / Nejsem si jistý/-á

5. Jaký si myslíte, že mají větrné elektrárny procentuální podíl v pokrytí spotřeby elektrické energie v ČR?

1 % / 21 % / 47 %

6. Myslíte si, že větrné elektrárny výrazně narušují krajinný ráz?

Ano, velmi / Částečně, záleží na počtu větrníků / Ne

7. Myslíte si, že větrné elektrárny ovlivňují zvěř a ptactvo v jejich blízkosti?

Ano, výrazně / Ano, v určité míře / Vůbec

8. Vadila by Vám výstavba větrné elektrárny v blízkosti obce, ve které žijete?

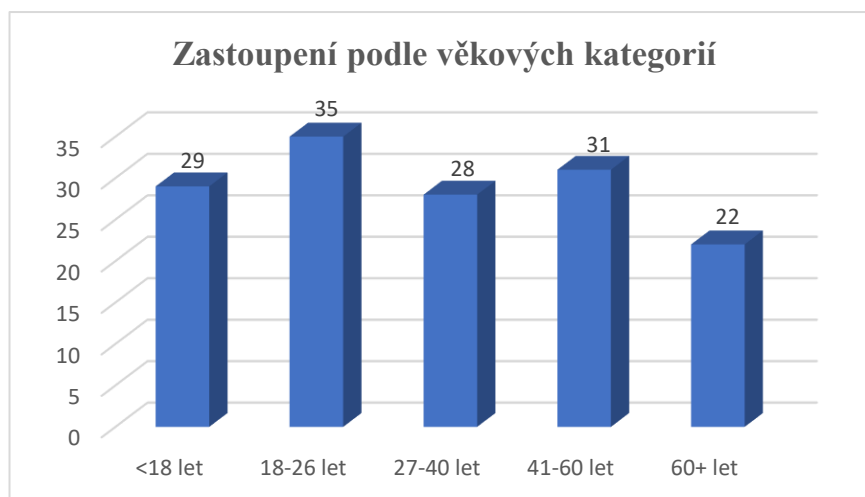
Ano / Ne

9. Pokud žijete v blízkosti větrné elektrárny, vadí Vám jejich hluk?

Ano / Ne / Nežiji v jejich blízkosti

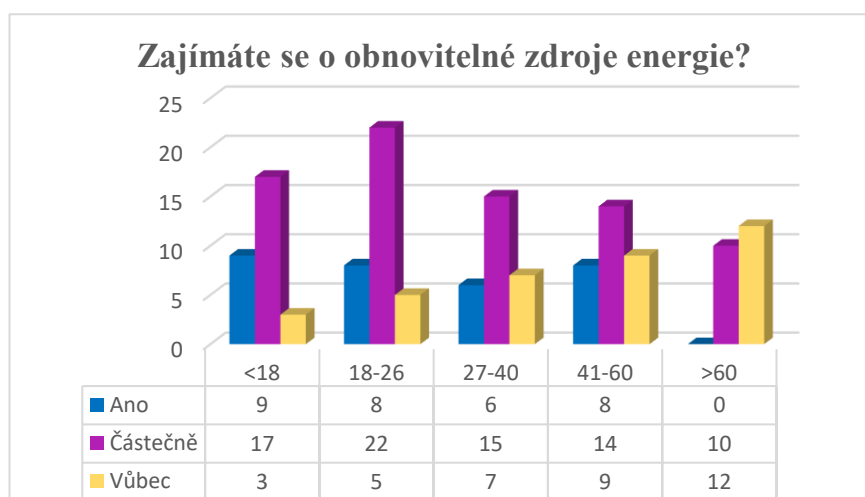
## 11.1 Výsledky dotazníkového šetření

Celkem se do výzkumu zapojilo 145 respondentů různých věkových kategorií. Nejvíce zúčastněných je ve věkové kategorii 18-26 let s počtem 35 osob, což činí 24,1 % ze všech zúčastněných. Věkové kategorie pod 18, 27-40 a 41-60 let jsou zastoupeny ve velmi podobném počtu osob. Zastoupení osob nad 60 let je o něco nižší, což je nejspíše dáno formou dotazování prostřednictvím internetového dotazníku.



Obrázek č.1: Graf zastoupení respondentů podle věkových kategorií

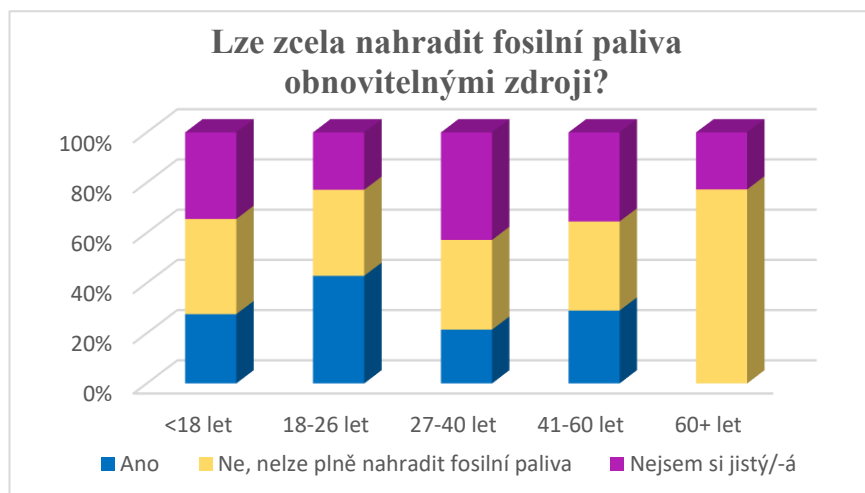
Další hlavní otázkou bylo, zda se obyvatelé České republiky vůbec zajímají o obnovitelné zdroje energie a případně v jaké míře o tomto tématu mají přehled. Jak je patrné z obrázku č.2, tak nejnižší zájem o obnovitelné zdroje vykazují respondenti ve věku 60+. Až 54 % (12 os.) dotázaných v této kategorii odpovědělo, že se vůbec nezajímají o toto téma a zbylých 46 % (10 os.) uvedlo alespoň částečný zájem. S věkem respondentů roste celkový zájem o obnovitelné zdroje. Téměř 90 % (26 os.) respondentů pod 18 let uvedlo, že jejich zájem je buď vysoký či alespoň částečný, což může být zapříčiněno rostoucí environmentální edukací. Ovšem v další otázce, která byla směřována konkrétně na větrné elektrárny a jejich pokrytí spotřeby elektrické energie se ukázalo, že i přes velký zájem nejsou dostatečně seznámeni s reálným pokrytím elektrické energie. Z celkového počtu respondentů jen 49 % (72 os.) dotázaných odpovědělo, že větrné elektrárny pokryjí pouze 1 % spotřeby, což byla správná odpověď. Zbylých 51 % (73 os.) si myslí, že pokrytí spotřeby elektřiny větrnými elektrárnami je buďto 21 % nebo 47 %.



Obrázek č.2: Graf 2. otázka: Zajímáte se o obnovitelné zdroje energie?

Respondenti byli dotázáni také na názor, zda mají obnovitelné zdroje potenciál nahradit veškerou výrobu elektrické energie z fosilních paliv. Důvěra v obnovitelné energie je mezi respondenty poměrně nízká, a to pouhých 26,2 % (38 os.). Přesně tito lidé si myslí, že je možné zcela nahradit fosilní paliva a nejvíc zástupců tohoto názoru je ve věku 18-26 let. Ovšem drtivá většina nevěří právě v tento potenciál a jejich odpověď zněla „Ne, nelze plně nahradit fosilní paliva“. Těchto osob bylo přibližně 42 % (61 os.) z celkového počtu respondentů. Pokud se zaměříme v obrázku č.3 na tuto odpověď, je na první pohled patrná její vyrovnanost napříč věkovými kategoriemi.

Výjimkou je věková kategorie 60+, u které tato odpověď viditelně převažovala a tvořila 77 % (17 os.) odpovědí v této kategorii a zbytek si není jist.

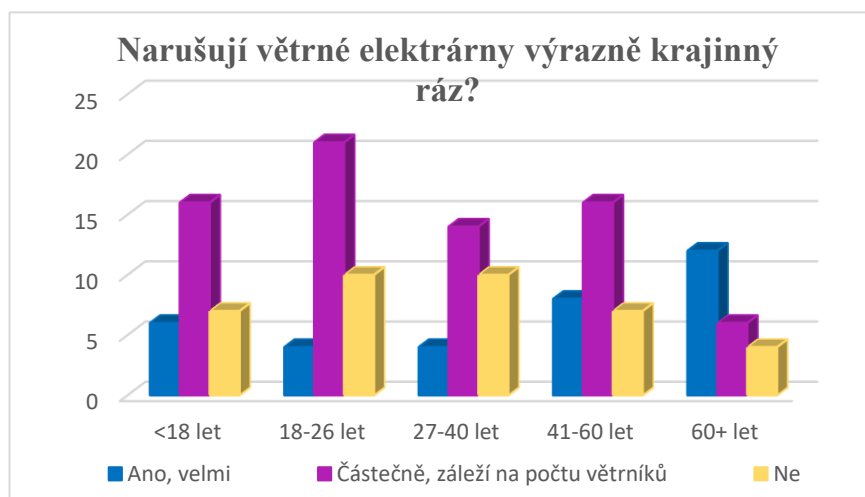


Obrázek č.3: Graf 4. otázka: Věříte, že mají větrné elektrárny potenciál společně s ostatními obnovitelnými zdroji plně nahradit fosilní paliva?

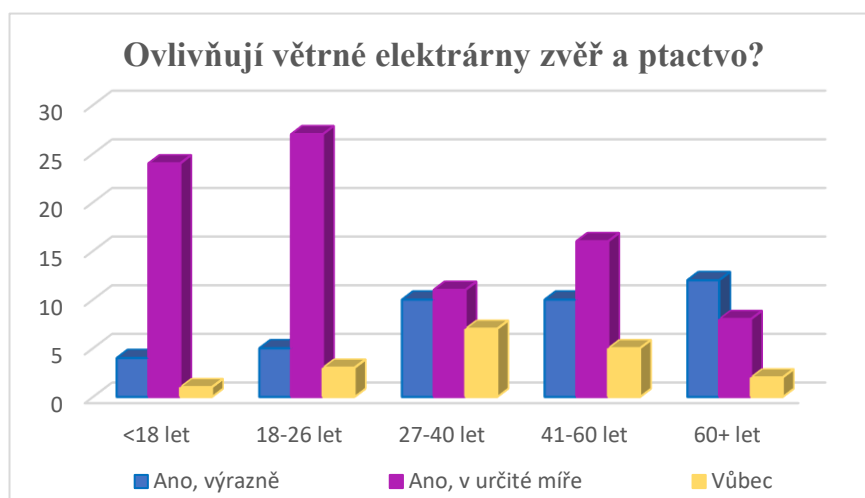
Obrázek č.4 a 5 zobrazuje odpovědi na otázky, které byly směřovány na názor o vlivu na krajinný ráz zvíř a ptactvo. Můžeme vidět, že respondenti více vnímají negativní vliv na zdraví zvíře a ptactva v okolí větrných elektráren než na krajinný ráz. U krajinného rázu jsou názory velmi odlišné oproti ostatním věkovým kategoriím, a to hlavně v kategorii 60+. Více jak polovina dotázaných v této kategorii odpověděla, že větrné elektrárny dle jejich subjektivního názoru velmi narušují krajinný ráz. Naopak mladší generace vnímá především počet vystavěných větrníků a s jejich rostoucím počtem vnímají narušování krajinného rázu více. Přesněji 60 % (21 os.) dotázaných ve věku 18-26 let vybralo právě tuto možnost. Dále je patrné, že s rostoucím věkem respondentů je více vnímáno narušení krajinného rázu bez ohledu na počet větrníků. U zvíře a ptactva je tento vzestupný trend patrný již od nejmladších respondentů. Bez ohledu na věkové kategorie si myslí pouze 12,4 % (18 os.) respondentů, že větrné elektrárny nijak neohrožují ani neomezují zvíř a ptactvo. Nejvíce vyrovnané odpovědi se nacházely ve věkové kategorii 27-40 let. V této kategorii 35,7 % (10 os.) dotázaných odpovědělo, že větrné elektrárny výrazně ovlivňují faunu a dalších 39,3 % (11 os.) si myslí, že je fauna ovlivňována pouze v určité míře. Zbýlých 25 % (7 os.) nevidí žádnou hrozbu.



Závěrem k těmto grafům lze říci, že lidé napříč generacemi kromě osob nad 60 let, ve většině případů vnímají pouze částečný negativní vliv na krajinu, zvěř a ptactvo. U již zmíněných osob nad 60 let převažují u obou otázek odpovědi, které jasně ukazují negativní postoj vůči technologii větrných elektráren.



Obrázek č.4: Graf 6. otázka: Myslíte si, že větrné elektrárny výrazně narušují krajinný ráz?

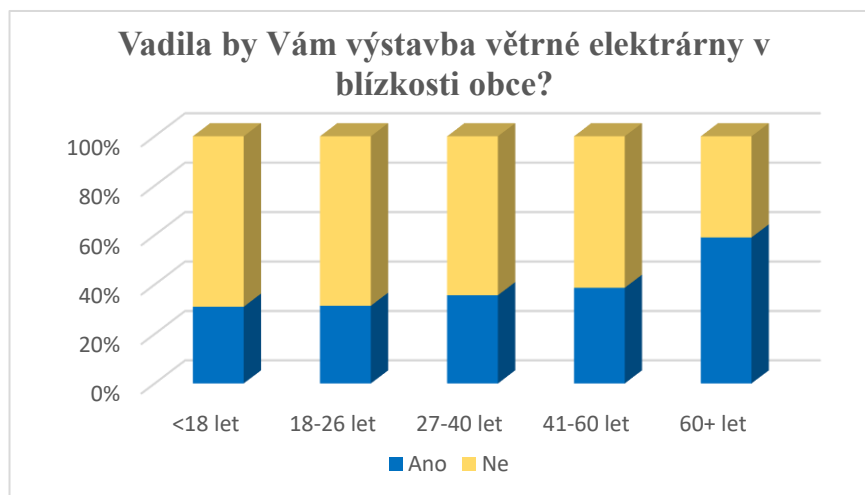


Obrázek č.5: Graf 7. otázka: Myslíte si, že větrné elektrárny ovlivňují zvěř a ptactvo v jejich blízkosti?

Poslední dvě otázky měly za cíl zjistit názor respondentů na výstavbu větrných elektráren v blízkosti bydliště a v případě, že již žijí poblíž větrné elektrárny, tak zda jim vadí právě hluk, který je zapříčiněn jejich provozem. Obrázek č. 7 ukazuje, že by výstavba nové větrné elektrárny nejvíce vadila osobám starších 60 let, jelikož 59 % (13 os.) z 22 osob by bylo proti výstavbě v blízkosti obce, ve které žijí. V ostatních kategoriích je stejného názoru průměrně 11 osob v každé z nich. Zbytek respondentů

by nebyl proti výstavbě nových větrných turbín. Celkem by výstavba nevadila 62 % (90 os.) respondentů.

Z celkového počtu dotázaných žije v blízkosti větrné elektrárny pouze 29,7 % (43 os.) z toho 39,5 % (17 os.) vadí hluk, který je produkován samotným fungováním větrných elektráren.



Obrázek č.7: Graf 8. otázky: Vadila by Vám výstavba nové větrné elektrárny v blízkosti obce, ve které žijete?

## 12. Diskuse

Obnovitelná energie je jeden z nejdůležitějších faktorů, pro zvýšení nezávislosti na fosilních či jaderných palivech. Zároveň je využití těchto zdrojů méně nákladné a velice přívětivé pro životní prostředí, neboť obnovitelné zdroje elektrické energie nevypouští žádné či vypouští jen minimální množství emisí do ovzduší.

Větrná energie byla již v dávné minulosti využívána ve prospěch lidí po celém světě, ať už se jednalo o mletí obilí či čerpání vody. Nyní je tato energie využívána k výrobě elektrické energie prostřednictvím větrných elektráren, které mají své vážené místo v oblasti obnovitelných zdrojů. Mají vysokou návratnost a jejich pozitiva výstavby velmi převažují nad jejich negativy. Větrným elektrárnám nejde upřít možný negativní vliv na změnu klimatu či rušení rádiových signálů. Ovšem odborníci se v těchto hlediscích plně neshodují o výši jejich vlivu, či dokonce jestli vůbec nějaký negativní vliv mají. Co je ovšem dokázané, je ohrožení populací ptáků a jiných zvířat díky vystavěným turbínám. Avšak úmrtnost zvěře v důsledku srážky s turbínou či jen

samotnou přítomností větrné elektrárny, je v porovnání s úmrtností při získávání například uhlí či ropy dle mého názoru o mnoho nižší. I přes některá negativa, která se však ani nepřibližují negativům neobnovitelných zdrojů, je větrná energie velmi šetrná k životnímu prostředí, zejména ke krajině.

Přestože jsou v České republice poměrně dobré podmínky pro výrobu elektrické energie pomocí větrných turbín, je na našem území celkem malé množství větrných farem. Problém nedostatečného využívání větrné energie není pouze v ČR. Plocha moří je na planetě o mnoho větší, než je plocha samotné pevniny, avšak ne všechny mořské plochy jsou vhodné pro výstavbu větrné elektrárny. Pokud chce svět využívat více zelené energie, bylo by vhodné se zaměřit na výstavbu větrných elektráren právě na moři, kde je samozřejmě silnější vítr a díky tomu by větrné elektrárny mohly pokrýt ještě více spotřeby, než je tomu doposud.

Součástí této bakalářské práce byl i kvalitativní výzkum vedený formou internetového dotazníku. Lidé z celé republiky měli možnost se zapojit v tomto výzkumu a odpovědět celkem na devět otázek, které se zabíraly právě obnovitelnou energií a větrnými elektrárnami. Má představa o počtu zapojených osob byla o něco vyšší, ale i tento počet dle mého dostatečně nastínil vztah a názory obyvatel.

Z výsledků tohoto výzkumu je patrné, že starší generace je více skeptická k novým technologiím, kterými mohou být právě větrné elektrárny, ale také k obnovitelným zdrojům elektrické energie obecně. Jejich skepse není jediný faktor, který ovlivňuje jejich názor, neboť starší generace je obecně méně informována o moderních technologiích a nerada přistupuje k novým věcem. Na druhou stranu dle mého názoru se není čemu divit, vyrůstali za jiných podmínek a bez možnosti rychlého získávání nových informací. Zatímco u mladší a střední generace je vidět možnost získávání informací pomocí internetu. Mladší generace má v tomto ohledu velkou výhodu, kterou může být získávání detailnějších informací prostřednictvím školní výuky. Jejich odpovědi byly více pozitivní vůči obnovitelným zdrojům a samotným větrným elektrárnám. Zájem u střední generace dle mého může být podporován právě prostřednictvím dětí, které o toto téma projevují stále větší zájem.

Pozitivním výsledkem tohoto výzkumu je poměrně velký zájem, i když je třeba částečný, o obnovitelnou energii napříč generacemi. V budoucnu by mohl být zájem o

zelené energie stále vyšší, a to díky lepší informovanosti obyvatel. Zároveň by mohlo pomoci zařazení obnovitelných zdrojů do školních osnov.

### **13. Závěr a přínos práce**

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo vytvoření uceleného textu na téma větrných elektráren. Dílčími cíli bylo popsat jejich dopad na životní prostředí, zastoupení větrných farem jak v České republice, tak ve světě a v neposlední řadě zpracovat informace o rozdílných technologiích, které se využívají pro výrobu elektrické energie prostřednictvím větru. Posledním cílem práce bylo zpracování a vyhodnocení kvalitativního výzkumu, který probíhal prostřednictvím internetového dotazníku.

Rešerše byla zpracována pomocí více než 50 zahraničních odborných zdrojů, ať už se jedná o knihy či odborné články a poskytla ucelený přehled o problematice větrných elektráren. Text byl doplněn relevantními informacemi přibližně z 30 internetových zdrojů.

Výsledkem rešerše je zjištění, že ačkoli větrné elektrárny mají mnoho environmentálních, ale i sociálních negativních vlivů, tak jejich výhody předčí téměř všechna popsaná negativa. Jedním z nejvíce řešených problémů v rámci provozu větrných elektráren je negativní dopad na zvěř a ptactvo. Tato společenstva jsou nejvíce ohrožená v těsné blízkosti elektráren, ovšem v porovnání s jinými aspekty ohrožující život ptáků a zvěře jsou větrné elektrárny stále mnohem bezpečnější než například automobilová doprava a šance srážky ptactva s turbínou je mnohem nižší.

Kvalitativní výzkum i přes menší počet respondentů poskytl poměrně zajímavé výsledky, podle kterých lze jasně říci, že zájem i informovanost je velmi rozdílná mezi jednotlivými věkovými kategoriemi. I přes tyto rozdílné názory se obyvatelé České republiky shodují na názoru, že větrné elektrárny alespoň částečně narušují krajinný ráz i život zvěře a ptactva. Pozitivním zjištěním je, že více jak polovina dotázaných by souhlasila s výstavbou nových větrných elektráren i v případě, že by se měla nacházet v blízkosti jejich bydliště a podpořila tak rozvoj výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů v České republice.

Vyšší zájem i informovanost by mohlo zajistit rozšíření školních osnov právě o témata zabývající se obnovitelnými zdroji elektrické energie.

## Seznam literatury a použitých zdrojů

1. Abas N., Kalair A and Khan N., 2015: Review of fossil fuels and future energy technologies. *Futures*, 69:31–49.
2. Abbasi S. A., Abbasi T. et al., 2016: Impact of wind-energy generation on climate: A rising spectre. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59:1591–1598.
3. Ali S., Anwar S. and Nasreen S., 2017: Renewable and non-renewable energy and its impact on environmental quality in south asian countries. *Forman Journal of Economic Studies*, 13.
4. Asher C., 2022: How many birds are killed by wind turbines in the UK? (online) [cit.2023.01.31], dostupné z <<https://www.sciencefocus.com/science/how-many-birds-are-killed-by-wind-turbines-in-the-uk/>>.
5. Barbier E., 2002: Geothermal energy technology and current status: an overview. *Renewable and sustainable energy reviews*, 6(1-2):3–65.
6. Bhatia S. C., 2014: *Advanced renewable energy systems*, (Part 1 and 2). CRC Press.
7. Carril J. R., 2021: Nearshore wind turbines foundations (online) [cit.2023.01.19], dostupné z <<https://www.windfarmbop.com/nearshore-foundation/>>.
8. Crosby Airpes, ©2023: What are the five principal wind turbine parts (online) [cit.2023.01.16], dostupné z <<https://www.airpes.com/wind-turbine-parts/>>.
9. ČSVE, ©2021: Z historie využívání energie větru v českých zemích (online) [cit.2023.03.02], dostupné z <<https://csve.cz/clanky/z-historie-vyuzivani-energie-vetru-v-ceskych-zemich/36>>.
10. Dai K., Bergot A., Liang C., Xiang WN. and Huang Z., 2015: Environmental issues associated with wind energy—a review. *Renewable energy*, 75:911–921.

11. Damesmaecker F., 2018: Not in my backyard! How annoying is wind turbine noise? (online) [cit.2023.02.28], dostupné z <<https://blogs.sw.siemens.com/simcenter/not-in-my-backyard-how-annoying-is-wind-turbine-noise/>>.
12. Dam-It-Dams, ©2023: What is a Cofferdam (online) [cit.2023.19.01], dostupné z <<https://damitdams.com/cofferdam/>>.
13. Demirbas A., 2007: Modernization of biomass energy conversion facilities. *Energy Sources, Part B*, 2(3):227–235.
14. Demiroren A. and Yilmaz U., 2010: Analysis of change in electric energy cost with using renewable energy sources in gökceada, turkey: An island example. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(1):323–333.
15. Deshmukh M. K. G., Sameeroddin M., Abdul D. and Sattar M. A., 2021: Renewable energy in the 21st century: a review. *Materials Today: Proceedings*.
16. Devabhaktuni V., Alam M., Depuru S. S. S. R., Green II R. C., Nims D. and Near C., 2013: Solar energy: Trends and enabling technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 19: 555–564.
17. Díaz H. and Soares C. G., 2020: Review of the current status, technology and future trends of offshore wind farms. *Ocean Engineering*, 209:107381.
18. Diesendorf M., 2007: Is nuclear energy a possible solution to global warming?:[paper in: *The nuclear debate re-visited*. eddy, elizabeth (ed.)]. *Social Alternatives*, 26(2):8–11.
19. Drewitt A. L. and Rowena H. W., 2006: Langston. Assessing the impacts of wind farms on birds. *Ibis*, 148:29–42.
20. Egré D. and Milewski J. C., 2002: The diversity of hydropower projects. *Energy policy*, 30(14):1225–1230.
21. EIA, ©2022: Nuclear explained: Nuclear power plants (online) [cit. 2022.11.01], dostupné z <<https://www.eia.gov/energyexplained/nuclear/nuclear-power-plants.php>>.

22. EKOÚSPORA ©2022: Větrné elektrárny a příslušenství (online) [cit. 2023.15.01], dostupné z <<http://www.ekouspora.cz/vetrne-elektrarny>>.
23. Ellabban O., Abu-Rub H. and Blaabjerg F., 2014: Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology. *Renewable and sustainable energy reviews*, 39:748–764.
24. Enel Spa, ©2023: All the benefits of wind power (online) [cit.2023.03.03], dostupné z <<https://www.enelgreenpower.com/learning-hub/renewable-energies/wind-energy/advantages-wind-energy>>.
25. ENERGY.GOV, ©2023: Office of ENERGY EFFICIENCY & RENEWABLE ENERGY: How a Wind Turbine Works - Text Version (online) [cit.2023.01.16], dostupné z <<https://www.energy.gov/eere/wind/how-wind-turbine-works-text-version>>.
26. EPET., ©2022: Co jsou fosilní paliva? Původ, druhy a rizika (online) [cit. 2022.10.29.], dostupné z <<https://www.epet.cz/co-jsou-fosilni-paliva-puvod-druhy-a-rizika/>>.
27. European Wind Energy Association et al., 2009: Wind energy-the facts: a guide to the technology, economics and future of wind power. Routledge.
28. Evropa v datech, ©2022: Větrné elektrárny v ČR (online) [cit.2023.02.08], dostupné z <<https://www.evropavdatech.cz/clanek/87-vetrne-elektrarny-v-cr/#article-content>>.
29. Exo KM., Huppopp O. and Garthe S., 2003: Birds and offshore wind farms: a hot topic in marine ecology. *Bulletin-Wader Study Group*, 100: 50–53.
30. Fawthrop A., 2020: Profiling the top five countries with the biggest coal reserves (online) [cit. 2022.10.29.], dostupné z <<https://www.nsenergybusiness.com/features/countries-largest-coal-reserves/>>.
31. Fawthrop A., 2021: Profiling the top five countries with the biggest natural gas reserves (online) [cit. 2022.10.29.], dostupné z <<https://www.nsenergybusiness.com/features/biggest-natural-gas-reserves-countries/>>.

32. Felcman J., 2014: Construction of wind power plants in the czech republic: Howto optimize the approval processes? pages 1–9.
33. Ferris N., 2022: Weekly data: How many birds are really killed by wind turbines? (online) [cit.2023.01.31], dostupné z <<https://www.energymonitor.ai/tech/renewables/weekly-data-how-many-birds-are-really-killed-by-wind-turbines/>>.
34. Frantál B. and Malý J., 2017: Close or renew? factors affecting local community support for rebuilding nuclear power plants in the czech republic. *Energy Policy*, 104:134–143.
35. Gomez-Exposito A., Conejo A. J. and Cãnizares C., 2018: *Electric energy systems: analysis and operation*. CRC press.
36. Haces-Fernandez F., Cruz-Mendoza M. and Li H., 2022: Onshore wind farm development: Technologies and layouts. *Energies*, 15(7):2381.
37. Hutt N., 2022: Onshore vs Offshore Wind: Which is Better? (online) [cit.2023.01.24], dostupné z <<https://renewablesystems.org/onshore-vs-offshore-wind-which-is-better/>>.
38. Cheng J., 2017: *Biomass to renewable energy processes*. CRC press.
39. IBERDROLA, ©2023: WIND TURBINES: What is a wind turbine and how does it work? (online) [cit.2023.01.16], dostupné z <<https://www.iberdrola.com/sustainability/wind-turbines-blades>>.
40. IRENA, ©2022: *Renewable Energy Statistics 2022* (online) [cit.2023.02.07], dostupné z <[https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Apr/IRENA\\_RE\\_Capacity\\_Statistics\\_2022.pdf?rev=460f190dea15442eba8373d9625341ae](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Apr/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2022.pdf?rev=460f190dea15442eba8373d9625341ae)>.
41. Jin X., Zhao G., Gao K. and Ju W., 2015: Darrieus vertical axis wind turbine: Basic research methods. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42:212–225.
42. Johari M. K., Jalil M. and Shariff M. F. M., 2018: Comparison of horizontal axis wind turbine (hawt) and vertical axis wind turbine (vawt). *International Journal of Engineering and Technology*, 7(4.13):74–80.



43. Kalogirou S. A., 2009: Solar energy engineering: processes and systems. Academic press.
44. Keleş S., 2011: Fossil energy sources, climate change, and alternative solutions. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 33(12):1184–1195.
45. Koč B., 2005: Z historie větrných elektráren. ELEKTRO 12/2005. 34-38.
46. Koč B., 2015: Větrné elektrárny I. - Historie do roku 1975 (online) [cit.2023.03.02], dostupné z <<https://oze.tzb-info.cz/vetrna-energie/13452-vetrne-elektrarny-i-historie-do-roku-1975>>.
47. Koh DY., Kang H., Lee JW., Park Y., Kim SJ., Lee J., Lee Y. J. and Lee H., 2016: Energy-efficient natural gas hydrate production using gas exchange. Applied Energy, 162:114–130.
48. Latake P. T., Pawar P. and Ranveer A. C., 2015: The greenhouse effect and its impacts on environment. Int. J. Innov. Res. Creat. Technol, 1(3):333–337.
49. Letcher T. M., 2017: Wind energy engineering: A handbook for onshore and off-shore wind turbines. Academic Press.
50. Manzella A., 2017: Geothermal energy. In EPJ Web of conferences, volume 148, page 00012. EDP Sciences.
51. Martens S., 2017: The difference between a lift and drag wind turbine explained (online) [cit. 2023.01.12], dostupné z <<https://www.energy-xprt.com/articles/the-difference-between-a-lift-and-drag-wind-turbine-explained-999699>>.
52. Marvuglia A., 2011: Special issue on “micro wind-power applications”. The Open Renewable Energy Journal, 4(1):1–2.
53. Menyah K. and Wolde-Rufael Y., 2010: Co2 emissions, nuclear energy, renew-able energy and economic growth in the us. Energy policy, 38(6):2911–2915.
54. Mideksa T. K. and Kallbekken S., 2010: The impact of climate change on the electricity market: A review. Energy policy, 38(7):3579–3585.
55. Nelson V. C., 2011: Introduction to renewable energy. CRC press.

56. Ng C. and Ran L., 2016: Offshore wind farms: Technologies, design and operation. Woodhead Publishing.
57. Nobel N., 2008: Wind for Electricity Generation (online) [cit. 2023.01.15], dostupné z <<https://answers.practicalaction.org/our-resources/item/wind-for-electricity-generation/>>.
58. Office of energy efficiency & renewable energy, ©2023: Advantages and Challenges of Wind Energy (online) [cit.2023.03.03], dostupné z <<https://www.energy.gov/eere/wind/advantages-and-challenges-wind-energy>>.
59. Office of fossil energy and carbon management: ©2023: Transformative Power Systems (online) [cit.2023.03.03], dostupné z <<https://www.energy.gov/fecm/transformative-power-systems>>.
60. Plodpradit P., Dinh V. N. and Kim KD., 2019: Tripod-supported offshore wind turbines: Modal and coupled analysis and a parametric study using x-sea and fast. Journal of Marine Science and Engineering, 7(6):181.
61. Premalatha M., Abbasi T., Abbasi S. A. et al., 2014: Wind energy: Increasing deployment, rising environmental concerns. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 31:270–288.
62. Quaschnig V. V., 2019: Renewable energy and climate change. John Wiley & Sons.
63. REPSOL, ©2023: How do we harness wind energy? (online) [cit. 2023.01.12], dostupné z <<https://www.repsol.com/en/energy-and-innovation/energy-and-the-future/energy-transition/wind-farms/index.cshtml>>.
64. Rock M. and Parsons L., 2010: Offshore wind energy. EESI Fact Sheet, Washington.
65. RENERGY, ©2022: Top 10 largest wind farms in the world (online) [cit.2023.02.07], dostupné z <<https://ronergy.com/en/top-10-largest-wind-farms-in-the-world/>>.

66. Rubio-Avila J. D. J., Ferreyra-Ramírez A., Santillanes-Posada F. B., Salazar-Pereyra M. and Deloera-Flores G., 2008: Topics related with the wind turbine. WSEAS Transactions on Computers, 7(8): 1169–1178.
67. Saad M. M. M. and Asmuin N., 2014: Comparison of horizontal axis wind turbines and vertical axis wind turbines. IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN), 4(08):27–30.
68. Sadrehighi I., 2022: Horizontal Axis Wind Turbines(HAWT) with Case Studies. CFD Open Series.
69. Şahin A. D., 2004: Progress and recent trends in wind energy. Progress in energy and combustion science, 30(5):501–543.
70. Sayigh A., 2012: Comprehensive Renewable Energy. Elsevier.
71. Simos J., Cantoreggi N., Christie D. and Forbat J., 2019: Wind turbines and health: a review with suggested recommendations. Environnement, Risques & Santé, 18(2):149–159.
72. Speight J. G., 2006: The chemistry and technology of petroleum. CRC press.
73. SVĚT ENERGIE, ©2020: VÍTR A JEHO VYUŽITÍ (online) [cit. 2023.01.12], dostupné z <<https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/obnovitelne-zdroje-energie/vetrne-elektrany-podrobne/vitr-a-jeho-vyuziti/vyklad>>.
74. Teff-Seker Y., Berger-Tal O., Lehnardt Y. and Teschner N., 2022: Noise pollution from wind turbines and its effects on wildlife: A cross-national analysis of current policies and planning regulations. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 168:112801.
75. Terra N., 2022: 5 US offshore wind projects and skills needed for the ‘Green New Deal’ (online) [cit.2023.02.07], dostupné z <<https://www.airswift.com/blog/offshore-wind-energy-projects-usa>>.
76. Thonnová P., 2013: South moravian countryside and the wind energy. Proceedings of International PhD Students Conference, 1:510–515.

77. UNION OF CONCERNED SCIENTISTS, ©2016: The Hidden Costs of Fossil Fuels (online) [cit. 2022.10.29], dostupné z <<https://www.ucsusa.org/resources/hidden-costs-fossil-fuels#1>>.
78. Van der Zwaan B., 2008: Prospects for nuclear energy in europe. *International Journal of Global Energy Issues*, 30(1-4):102–121.
79. Vobořil D., 2015: Větrné elektrárny - princip, rozdělení, elektrárny v ČR (online) [cit.2023.01.12], dostupné z <<https://oenergetice.cz/elektrina/vetrne-elektrarny-princip-cinnosti-zakladni-rozdeleni#comments>>.
80. Vobořil D., 2016: Vodní elektrárny - princip, rozdělení, elektrárny v ČR (online) [cit. 2022.11.04], dostupné z <<https://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje-energie/vodni-elektrarny-princip-a-rozdeleni>>.
81. Wagner V., 2017: Větrné elektrárny včera, dnes a zítra (díl 1.) (online) [cit. 2023.01.12], dostupné z <<https://oenergetice.cz/vetrne-elektrarny/vetrne-elektrarny-vcera-dnes-zitra-dil-1>>.
82. Wang S. and Wang S., 2015: Impacts of wind energy on environment: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49:437–443.
83. Wood D., 2014: How a Wind Turbine Works (online) [cit.2023.01.16], dostupné z <<https://www.energy.gov/articles/how-wind-turbine-works>>.
84. Zhang S. and Qi J., 2011: Small wind power in china: Current status and future potentials. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(5):2457–2460.
85. Zhou L., Tian Y., Roy S. B., Thorncroft C., Bosart L. F. and Hu Y., 2012: Impacts of wind farms on land surface temperature. *Nature Climate Change*, 2(7):539–543.
86. Ziegler L., Gonzalez E., Rubert T., Smolka U, and Melero J. J., 2018: Lifetime extension of onshore wind turbines: A review covering germany, spain, denmark, and the uk. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82: 1261–1271.