

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra aplikované geoinformatiky a územního plánování



Dálkový průzkum Země jako nástroj pro hodnocení dopadů
větrných farem na teplotní podmínky okolí

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. David Moravec

Diplomant: Bc. Václava Setničková

2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Václava Setničková

Krajinné a pozemkové úpravy

Název práce

Dálkový průzkum Země jako nástroj pro hodnocení dopadů větrných farem na teplotní podmínky okolí.

Název anglicky

Remote Sensing as a Tool for Assessing the Impact of Wind Farms on the Local Temperature Conditions.

Cíle práce

Cílem práce je pomocí dálkového průzkumu Země, v tomto případě družicových snímků Landsat, zanalyzovat případné změny v teplotě blízkého okolí, které byly zapříčiněny výstavbou větrné farmy v k.ú. Horní Paseky v okrese Aš.

Metodika

V rešeršní části se práce bude zabývat širšími dopady větrných elektráren na životní prostředí s důrazem na případné dopady na teplotní podmínky.

V praktické části proběhne zpracování snímků družic Landsat 4-5 a Landsat 8 vybrané lokality v programu ENVI 5.4. Následná práce bude probíhat v programu ArcGIS resp. ArcMap 10.5.1, kde pomocí analytických nástrojů a mapové algebry budou získány hodnoty pro výslednou analýzu.

Doporučený rozsah práce

40

Klíčová slova

větrná energie, větrná farma, DPZ

Doporučené zdroje informací

- HARRIS, Ronald A., Liming ZHOU a Geng XIA, 2014. Satellite observations of wind farm impacts on nocturnal land surface temperature in Iowa. *Remote Sensing* [online]. 6(12), 12234–12246. ISSN 20724292. Dostupné z: doi:10.3390/rs61212234
- Pineda, I., & Wilkes, J. (2015). *Wind in Power: 2014, European Statistics*. Technical Report The European Energy Association, (February), 1–12.
- Porté-Agel, F., Wu, Y.-T., Lu, H., & Conzemius, R. J. (2011). Large-eddy simulation of atmospheric boundary layer flow through wind turbines and wind farms. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 99(4), 154–168.
- RAJEWSKI, Daniel Andrew, 2013. CWEX (Crop/Wind-Energy Experiment): Measurements of the interaction between crop agriculture and wind power. 182.
- Tabassum, A., Premalatha, M., Abbasi, T., & Abbasi, S. A. (2014). Wind energy: Increasing deployment, rising environmental concerns. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, 270–288.
- WANG, C. a R. G. PRINN, 2009. Potential climatic impacts and reliability of very large-scale wind farms. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions* [online]. 9(5), 19081–19102 [vid. 2014-01-29]. ISSN 16807324. Dostupné z: doi:10.5194/acpd-9-19081-2009
- XIA, Geng, Liming ZHOU, Jeffrey M. FREEDMAN, Somnath Baidya ROY, Ronald A. HARRIS a Matthew Charles CERVARICH, 2016. A case study of effects of atmospheric boundary layer turbulence, wind speed, and stability on wind farm induced temperature changes using observations from a field campaign. *Climate Dynamics* [online]. B.m.: Springer Berlin Heidelberg, 46(7–8), 2179–2196. ISSN 14320894. Dostupné z: doi:10.1007/s00382-015-2696-9
-

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. David Moravec

Garantující pracoviště

Katedra aplikované geoinformatiky a územního plánování

Elektronicky schváleno dne 27. 3. 2018

doc. Ing. Petra Šímová, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 27. 3. 2018

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 30. 03. 2018

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením Ing. Davida Moravce a že jsem uvedla všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala.

Prohlašuji, že tištěná verze se shoduje s verzí odevzdanou přes Univerzitní informační systém.

V Praze 18.4.2018

.....

Poděkování

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu práce Ing. Davidu Moravcovi za důvěru ve mně vloženou a za rady při zpracování této práce. Dále bych ráda poděkovala svojí rodině za pevné nervy a svým přátelům (T., K., M., P., I., V., K., O.) za jejich pomoc při výrobě.

Abstrakt

Světová energetika se stále více zaměřuje na zelenou energii. Využívá k tomu obnovitelné zdroje energie, do kterých mimo jiné řadíme větrnou energii. Větrná energetika v současné době zaznamenává vzrůstající trend. I přes nesporné pozitivní vlivy se objevují také názory, že větrné elektrárny mají negativní vliv na okolní prostředí (zvýšená mortalita ptáků, hluk atd.). Tato práce se zaměřila na možný dopad větrné farmy na teplotní podmínky okolí, jenž nebyl doposud dostatečně zkoumán. Pro analýzu využila tato práce metod dálkového průzkumu Země. Její výhodou je globální pokrytí, vysoká stabilita a opakované satelitní snímkování po velmi dlouhé období. Termální data byla získána z družic Landsat 5 a Landsat 8, a upraveny v programu ENVI a ArcGIS. Byly vytvořeny dvě zájmové plochy, jedna pracovala s blízkým okolím (437,5 m) a druhá s okolím širším (20 km). Práce porovnávala hodnoty před výstavbou a po výstavbě větrné farmy. Ze získaných termálních hodnot nebylo prokázáno, že větrná farma v katastrálním území Horní Paseky má vliv na teplotní podmínky okolí. Tento závěr práce je rozdílný od publikovaných prací, které upozorňovaly na změny teplot. K rozdílným výsledkům můžeme dojít proto, že parametry zájmové větrné farmy jsou jiné než farmy z již publikovaných prací, (liší se například množstvím větrníků ve farmě, hustotou výstavby větrníků, typem pokryvu v okolí farmy atd.). Poznatky získané z této práce nám pomohou více chápat vliv větrné elektrárny na teplotní podmínky okolí.

Klíčová slova

větrná energie, větrná farma, DPZ

Abstract

Global energy industry is increasingly focusing on green energy. They use renewable energy sources, including, among other things, wind energy. Wind energy is currently experiencing an increasing trend. Despite the undeniable positive effects, there are also opinions that wind power plants have also a negative impact on the environment (increased bird mortality, noise, etc.). This work has focused on the possible impact of the wind farm on the surrounding temperature conditions, which has not yet been sufficiently explored. For this analysis, the work utilised Earth Remote Sensing methods. Its advantage is global coverage, high stability and satellite re-imaging for a very long period of time. Thermal data was obtained from the satellites Landsat 5 and Landsat 8, and modified in the ENVI and ArcGIS program. Two interest areas were created, one working with the surrounding area (437.5 m) and the other with a wider environment (20 km). The work compared the values before and after the construction of the wind farm. From the obtained thermal values it was not proven that the wind farm in the cadastral area of Horní Paseky has an influence on the ambient temperature conditions. This conclusion is different from published works that highlight temperature changes. Different results can be due to the fact that the parameters of the interest-based wind farm are different from farms mentioned in already published works (for example, they vary by the amount of windmills, the density of windmills, the type of cover around the farm, etc.). The research findings obtained from this work will help us to understand the impact of the wind power plant on the ambient temperature conditions.

Key words

wind power, wind farm, remote sensing

Obsah

1. Úvod	10
2. Cíle práce.....	12
3. Literární rešerše	13
3.1 Větrné elektrárny	13
3.1.1 Konstrukce	13
3.1.2 Vývoj větrných elektráren.....	14
3.1.3 Rozmach obnovitelných zdrojů v ČR.....	15
3.1.4 Budoucnost větrné energie.....	16
3.1.5 Podmínky pro výstavu.....	16
3.1.6 Hodnocení dopadu větrných elektráren na okolní prostředí	17
4. Metodika	30
4.1 Volba větrné farmy	30
4.2 Získání snímků.....	30
4.3 Práce se snímky.....	31
4.3.1 Zpracování termálních hodnot.....	31
4.3.2 Zpracování v programu GIS.....	32
4.3.3 Statistická analýza	33
5. Charakteristika studijního území	34
5.1 Geologické, pedologické vlastnosti.....	34
5.2 Hydrologické vlastnosti	35
5.3 Klimatologické vlastnosti	35
5.4 Fauna a flóra oblasti.....	35
5.5 Socioekonomické podmínky	36
5.6 Větrná farma	37
5.6.1 Technické parametry:	38
6. Výsledky práce	40
6.1 Blízké okolí stavby	40
6.2 Širší okolí stavby.....	41
7. Diskuze	44
7.1 Klimatické změny	44
7.2 Družicové snímky	44
7.3 Větrná farma	45
7.4 Okolní krajina	46

8. Závěr a přínos práce.....	47
9. Přehled literatury a použitých zdrojů	48

1. Úvod

S rozrůstajícími potřebami současné společnosti je třeba pokrýt stále vyšší poptávku spotřebitelů po kapacitě energetického průmyslu. Společnost si ovšem začíná uvědomovat dopady těžkého průmyslu, který má největší zásluhu na narušování a destabilizaci životního prostředí a ke klimatickým změnám. Nejen proto je snaha o získávání různých nových alternativ v oblasti energetiky, které poptávku pokryjí a navíc jejich dopady na životní prostředí budou minimální. Také z tohoto důvodu schválil v prosinci 2008 Evropský parlament klimaticko-energetický balíček, ve kterém stanovuje zvýšení využití obnovitelných zdrojů energie do roku 2020 na 13 % pro Českou republiku a 20 % pro celou Evropskou unii. Česká státní energetická koncepce předpokládá, že do roku 2030 budou obnovitelné zdroje pokrývat 15 % a do roku 2050 30 % (Evropská Komise 2008; Gebauer 2008; Ryvolová, Zemplinerová 2010).

Větrná energie je v současnosti chápána jako doplňkový zdroj energie ke stávajícím primárním zdrojům. Řadíme ji do již zmiňovaných obnovitelných zdrojů energie. Výhodnou větrných elektráren je zpravidla nízký dopad na životní prostředí a minimální vznik odpadu. Větrná energie má do budoucnosti vysoký potenciál pro postupné zvyšování poptávky po celém světě. Avšak je opravdu možné brát větrné elektrárny jako energii čistou bez dopadů na životní prostředí a bez dalších negativních vlivů?

V roce 2017 bylo získáno díky větrné energii okolo 539.581 MW, což dokáže pokrýt asi 2 % spotřeby energie pro celý svět. Jako největší výrobce větrné energie můžeme označit Čínu s 188,232 MW, Spojené státy americké s 89,077, Německo s 56,132, Indii s 32,848, Španělsko s 23,170 a Velkou Británií s 18,872. Každým rokem se množství energie vyprodukované větrnou energií zvyšuje, a to převážně díky realizaci nových projektů s využitím modernějších technologií a materiálů pro samotnou výstavbu. V současnosti je velkým trendem tzv. offshore - mořské větrné elektrárny, které jsou stavěny na mořských mělčinách. Tento trend je patrných např. v Dánku nebo v Německu (Global Wind Energy Council 2018; Wetstone et al. 2016).

Od roku 1992 do roku 2014 bylo na našem území postaveno 174 větrných turbín, z toho 24 větrníků bylo postaveno jako solitéry a 150 turbín ve skupinách,

tedy v tzv. větrných farmách. V roce 2016 pokrývala obnovitelná energie v České republice asi 11 % z celkových zdrojů. Přesněji šlo o podíl sluneční energie 3%, bioplynu 3 %, biomasy 2,1 %, vodní energie 2 % a větrné energie přibližně 1 % (ERÚ 2015). V roce 2005 nabyl účinnosti zákon č.180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů). Tento zákon byl v roce 2012 nahrazen zákonem č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů, a to s účinností od 1. 1. 2013. Zde se Česká republika zavazuje ke zpracování Národního akčního plánu, který přispěje k naplnění závazných cílů v oblasti obnovitelných zdrojů.

Díky narůstajícímu počtu nových projektů je možné pozorovat hlasy, které se staví proti výstavbám větrných elektráren. Mezi hlavní důvody odporu jsou uváděny nejrůznější názory, jako je například narušování nebo zničení současného krajinného rázu, vznik hluku a vysoká mortalita ptáků a létajících savců. Kromě negativních ohlasů odborné společnosti je možné slyšet negativní stanoviska na stavbu také od místních obyvatel z okolí potenciální stavby.

Tato diplomová práce se zaměřuje na možný dopad větrné farmy na teplotní podmínky v okolí stavby a aplikuje ji na české podmínky. Pro danou práci je zvolena větrná farma v k. ú. Horní Paseky v okrese Aš. Názor na možné změny teplot v blízkosti větrné elektrárny díky změně pohybu větru, který je zapříčiněn rotujícími listy, byl zkoumán v roce 2012 doktorem L. Zhou z americké univerzity v Albany. Ten ve své práci s názvem *Vliv větrných farem na teplotu povrchu* uvádí, že teplota v řešeném území se při měření zvýšila o 0,72 °C pro jedno desetiletí (Walsh-Thomas et al 2012).

Jako nástroj pro získání dat byla zvolena metoda dálkového průzkumu Země, přesněji využití termálních snímků z družice Landsat. Tato metoda umožňuje pořizování leteckých a družicových snímků, zpracování a analýzu pro tvorbu topografických a jiných tematických map. Výhodou metody je využití jednoho snímku pro více účelů (ekologický, lesnický, historický, ochranný atd.). Snímky z družic jsou navíc pořizovány v pravidelných intervalech, a proto je možné jejich zpětné porovnávání a srovnávání v časovém horizontu (Dobrovolný 1998; Halounová, Pavelka 2008).

2. Cíle práce

Cílem této práce je zjistit, zda výstavba vybrané větrné farmy má vliv na teplotní podmínky okolí a také, zda a o kolik se zvedne, či klesne teplota v okolí větrné elektrárny.

Řešeným územím je plocha, která je ovlivňována změnou turbulence vzduchu díky pohybu rotorových listů samotných větrných elektráren. Pro práci je zvolena větrná farma v k. ú. Horní Paseky v okresu Aš s pěti větrnými elektrárnami.

Práce pro analýzu využívá data získaná pomocí nástroje dálkového průzkumu Země. Přesněji se jedná o satelitní snímky z družicových snímačů Landsat 5 a Landsat 8, které pořizují snímky v termálním spektru s prostorovým rozlišením 120 m, resp. 100 m.

Zpracování zmíněných snímků probíhá v prostředí programu ENVI 5.4, kde jsou využity vhodné nástroje. Poté je použit program ArcGIS resp. ArcMap 10.5.1, kde jsou zvoleny analytické nástroje a mapová algebra.

Cílem práce je vyhodnocení získaných hodnot a analýza, zda výstavby větrných farem mohou ovlivňovat teplotní podmínky v jejich okolí.

3. Literární rešerše

3.1 Větrné elektrárny

Větrná elektrárna souží jako zdroj energie pro výrobu elektřiny pomocí větru. Je označována jako doplňkový energetický zdroj nebo také čistý zdroj energie. Elektrárna převádí kinetickou energii na směrný proud, který je pomocí generátoru měněn na proud střídavý.

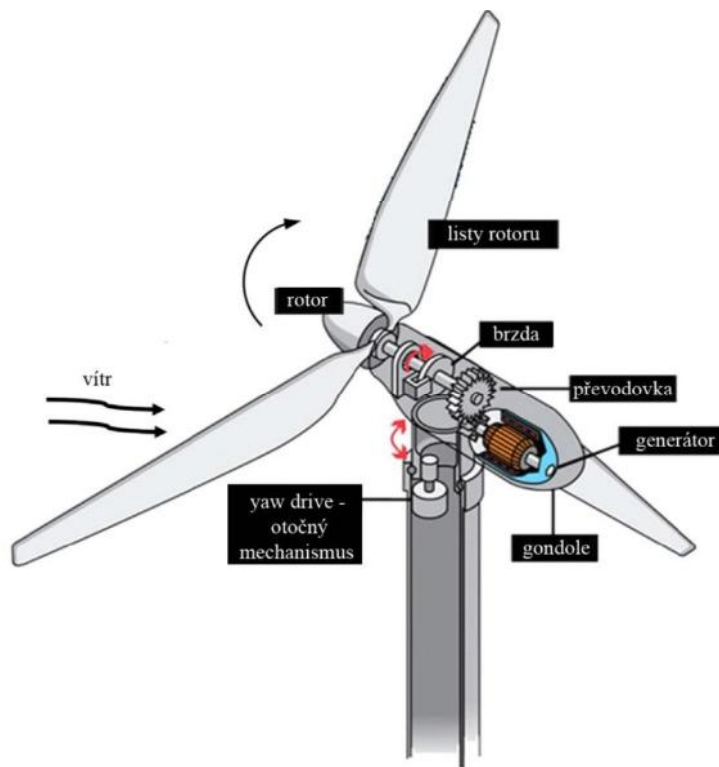
3.1.1 Konstrukce

Větrná elektrárna se skládá ze čtyř hlavních částí:

- Rotor – pohyblivá, otáčivá část elektrárny skládající se z větrných listů upevněných na rotorovou hlavu. Nejčastěji se využívají trojlísté vrtule s délkou od několika metrů do 90 m. Ty mohou být v určitých případech vyhřívány teplým vzduchem pomocí ventilátoru s topným tělesem. Lopatky jsou vyráběny z kompozitních materiálů. Pro zpevnění vnitřních částí nosníku jsou využívána kevlarová a uhlíková vlákna. Velikost listů je volena dle výchozích parametrů, kterými jsou síla větru a velikosti výkonu elektrárny (ČSVE 2018).

Princip otáčení listů spočívá v rozdílných tlacích v horní a spodní části konstrukce. Nad listem rotoru je podtlak a pod listem je přetlak. Díky tomuto efektu se na konci listů vytváří, tzv. okrajový vír, který vede ke vzniku tzv. indukovaného odporu. Ten má za následek vznik hluku, který lze ovšem pomocí úpravy koncové části listů (zaoblením nebo zašpičatěním) snížit (ČSVE 2018; Lapčík 2011).

- Gondole – část větrné elektrárny, která je umístěna za nebo před rotorovou částí dle typu elektrárny. Pomocí otáčivého mechanismu uvnitř gondole je větrná elektrárna směřována ve směru větru. Obsahuje strojové komponenty elektrárny, jako jsou převodovka, hřídel, generátor a další pomocná zařízení viz obr. 1 (ČSVE 2018; Dobrila Simić 2010).



Obr. 1: Popis části rotoru a gondole. Převzato (Kunz 2006) a upraveno.

- Stožár – stabilní část, která spojuje gondolu s povrchem země. Jsou tři typy stožárové konstrukce dle materiálu betonová, ocelová – tubusová a příhradová. V České republice se nejčastěji setkáme s ocelovým tubusem. V současné době je trend prodlužování stožárů na výšku až přes 120 m (ČSVE 2018; Lapčík 2009).

- Betonový základ – využívá se pro pevné uchycení stavby s povrchem. Nejčastěji čtvercového tvaru, odpovídající tloušťky a vyztužený pomocí armování (ČSVE 2018).

3.1.2 Vývoj větrných elektráren

První stavby, s obdobným charakterem současných větrných elektráren, vznikaly již před 3 000 lety v Číně. Stavby měly funkci ulehčovat práci s odvodňováním ploch, mletí obilí atd. V Praze stojí za zmínku mlýn vybudovaný ve 13. století, který je v blízkosti současného Břevnovského kláštera, obr. 2. První stavba se stejným charakterem jako současné větrné elektrárny byla postavena až díky Charlesovi F. Brushovi a Poulovi la Cour. Prvně zmiňovaný sestrojil v americkém Clevelandu v roce 1887 první větrnou elektrárnu.

Druhý zmiňovaný postavil v roce 1891 nezávisle na prvním takéž větrnou elektrárnu pro změnu v dánském Askově (Cetkovský, Frantál 2010; ČEZ 2018; ČSVE 2018; Ragheb 2013).



Obr. 2: Dřevěný větrný mlýn, Břevnovský Klášter (Větrník 2018).

Hlavně v Evropě byl do konce 19. a začátkem 20. století velký stavební rozmach výstav větrných elektráren (Dánsko, Německo a Holandsko). Větrné elektrárny se pozvolna stavěly i v českých zemích. Vyšší míra výstavby byla zapříčiněna horším přístupem k pohonným hmotám, které byly hlavně v době válek nedostatkové. V 60. letech 20. století byla vyprodukovaná energie z větrných elektráren výrazně dražší než energie z jiných zdrojů (ČEZ 2018; ČSVE 2018).

Opětovný nástup využívání větrné energie byl zapříčiněn ropnou krizí v 70. letech 20. století. Kromě vzrůstající ceny ropy a snižování jejich zásob, napomohla významná změna orientace společnosti na aktuální stav životní prostředí (ČEZ 2018; ČSVE 2018).

3.1.3 Rozmach obnovitelných zdrojů v ČR

V roce 2005 byl vydán zákon č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů), který zavedl státní podporu a dotační pravidla a garantované výkupní ceny pro energii z obnovitelných zdrojů.

Zákon garantoval výkupní cenu minimálně ve výši 95 % výše ceny výkupní za rok minulý.

Velký rozmach výstaveb, hlavně ze solární energie, nastal při snížení technologických nákladů pro výrobu fotovoltaických článků v letech 2008 až 2010. Snížení nákladů a trvalí podpora státních dotací zapříčinila vysoký rozmach budování solárních elektráren. Rozmach větrné elektřiny byl v letech 2007 až 2009 realizací projektů hlavně v pohraničních oblastech republiky (Brož 2017; Kopecký 2007).

Změna legislativy proběhla v roce 2012, kdy byl zákon č. 180/2005 Sb., nahrazen zákonem č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů. Zákon upravoval a snižoval množství dotací pro jednotlivé projekty a upravil výkup energie z obnovitelných zdrojů.

3.1.4 Budoucnost větrné energie

Pro 21. století jsou plánovány projekty velkého významu a plochy převážně v přímořských státech. Státy se chtějí zaměřit na výstavbu větrných elektráren v mořích tzv. offshore. Díky těmto výstavbám chtějí přímořské státy pokrýt až 4 % z celkové spotřeby energie větrnou energií. V České republice je nyní stagnující stav i přesto, že se Česká republika zavázala Evropské unii v podpoře obnovitelných zdrojů a do roku 2020 pokryje 13 % spotřeby. Ministerstvo životního prostředí pozastavilo výstavby a všechny naplánované stavby. Jedním z důvodů pro zastavení nových projektů je nesouhlas obcí resp. obyvatel a snížení výkupní ceny vyprodukované elektřiny (Brož 2017; Cetkovský, Frantál 2010; ČEZ 2018; ČSVE 2018).

Studie od Wang a Prinn (2010) upozorňuje na možný dopad při výstavbě velkého počtu větrných farem. Ve své práci tvrdí, že pokud se vyplní teze, že větrné elektrárny pokryjí do roku 2100 více jak 10 % z celkové spotřeby energie pro celý svět, může to mít za následek zvýšení teploty o 1 °C, při výstavbách větrných farem na souši. Pokud se farmy budou stavět v mořích, hrozí naopak ochlazení o 1 °C (Wang, Prinn 2010).

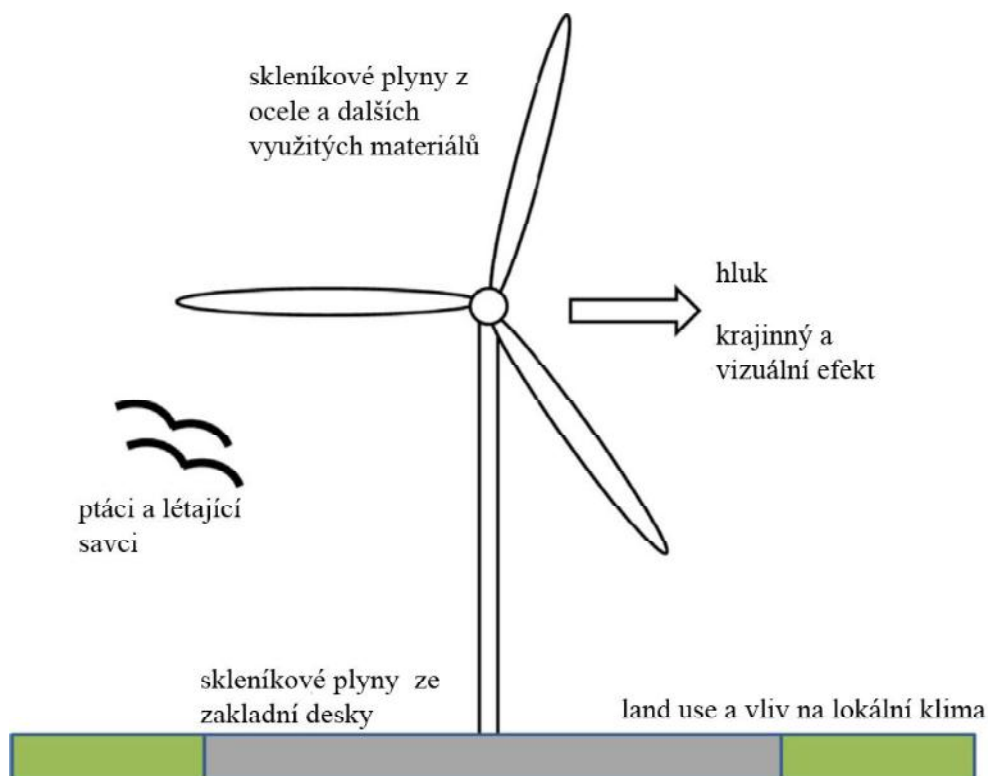
3.1.5 Podmínky pro výstavu

Pro výstavbu větrné elektrárny je nutné, aby území splňovalo přírodní, ekologické a technické podmínky. Hlavní parametrem je síla větru,

kdy průměrná rychlost větru by neměla být pod 5 m/s. Ministerstvo životního prostředí vydalo prostřednictvím informační agentury životního prostředí CENIA mapovou službu, ve které jsou znázorněna vhodná území pro celou Českou republiku (Cenia 2018). Vhodná je poloha v nadmořské výšce nad 500 m. n. m. Hygienická vzdálenost mezi větrnou elektrárnou a obytnou zónou je stanovena na 500 m. Dalším požadavkem je minimální nebo nulový výskyt vysokých staveb (budovy, stromy). Krom všech těchto požadavků, musí mít stavba schválené kladné stanovisko EIA (Vlivu stavby na životní prostředí) (Cenia 2018; ČSVE 2018).

3.1.6 Hodnocení dopadu větrných elektráren na okolní prostředí

V současnosti je větrná energie vnímána dvojím měřítkem. Jedna část společnosti vidí v elektrárnách řešení pro snížení závislosti na fosilních palivech a těžebním průmyslu. Druhá skupina vnímá větrné elektrárny jako negativní jevy v krajině, které narušují nejenom krajinných ráz, ale také mají negativní dopad na okolí viz obr. 3 (Wang, Wang 2015).

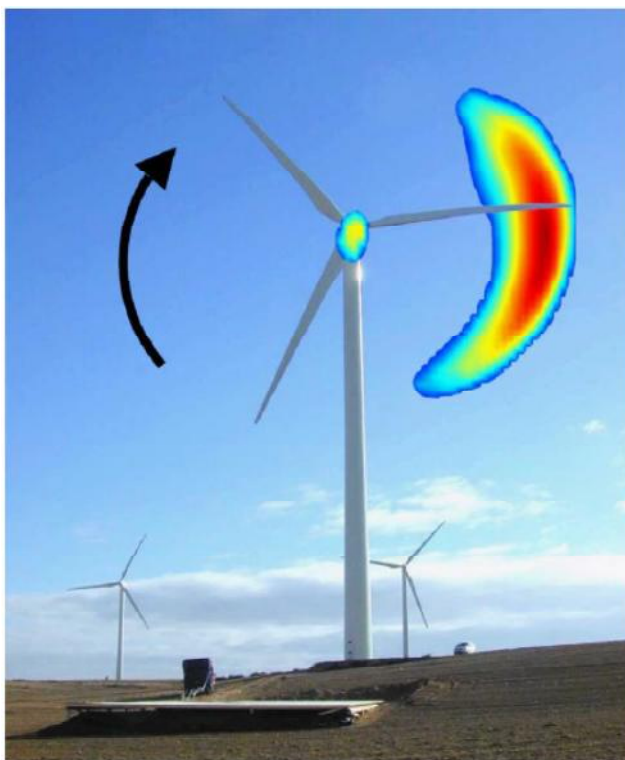


Obr. 3: Dopady větrné elektrárny na okolní prostředí. Převzato (Wang, Wang 2015) a upraveno.

Hluk

Hluk z větrné elektrárny je nevyhnutelný. Dělíme ho na mechanický a aerodynamický. Mechanický hluk je zapříčiněn mechanikou turbíny a elektrickými částmi elektrárny. Aerodynamický hluk vzniká díky interakci rotorových listů a vzduchu. Hluk vzniká při sestupné fázi rotorových listů viz obr. 4. Čím je vítr silnější, tím je detekován větší hluk. Hlukové znečištění z elektrárny je kombinací obou těchto zvuků. Pro snížení mechanického hluku se s vývojem technologií navrhují nové materiály a součástky, které již v současné době snižují mechanický zvuk takřka na minimum (Cetkovský, Frantál 2010; Sequens, Holub 2004; Štekl 1999).

Pro Českou republiku platí v porovnání s evropskými zeměmi přísné požadavky pro produkovatele hluku. V denních hodinách je limit hluku 50 dB. V nočních hodinách (22:00 – 6:00) je limit 40 dB, uvnitř budovy 30 dB, jak plyne z nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.



Obr. 4: Znárodnění pohybu listů s místem vzniku hluku. Převezato (Jianu 2012).

Míra hluku z větrné turbíny je ovlivněna okolními zvuky, jako je přilehlá silnice, železniční trať atd. Dle studií je často těžké určit hodnotu zvuků z moderních elektráren, pokud síla větru je okolo 8 m/s. V tomto stavu dochází k prolnutí hluku z turbíny a zvuku vytvářeným větrem a okolním prostředím. Pokud se síla větru pohybuje v rozmezí 4 – 6 m/s a listy elektrárny jsou v pohybu, je zvuk turbín více patrný (Cetkovský, Frantál 2010; V Petříček 2000; Sequens, Holub 2004; Štekl 1999).

Dle výzkumu (Kaldellis et al. 2012) je při síle větru 5.1 m/s ve výšce 10 m hluk turbíny 48.5 ± 1.6 dB, což je přibližně o 9 dB vyšší hodnota než zvuk přilehlého okolí (Wang, Wang 2015). Dalším výsledkům dospěl Jirásk (2009). Ten dle měření tvrdí, že hluk větrné elektrárny je od vzdálenosti 575 m totožný s prolínajícím zvukem okolí. K podobným, ne-li stejným, výsledkům dochází Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, která uvádí, že velikost naměřeného hluku z větrné elektrárny ve vzdálenosti 200 m odpovídá, se stejnou silou větru 6 – 7 m/s, hluku ze stejně vzdáleného lesa.

Kromě dvou již zmiňovaných hluků je u větrných elektráren detekován nízkofrekvenční hluk. Ten je způsoben výškovým profilem rychlosti větru a snížením rychlosti větru za stožárem elektrárny. Tento hluk je nebezpečný pro lidský organismus, protože při jeho výskytu lidé mohou trpět úzkostí, nespavostí, boláním hlavy atd. Snížením množství nízkofrekvenčního hluku lze docílit pomocí orientace rotorové části elektrárny na návětrnou stranu (Cetkovský, Frantál 2010; Tabassum et al. 2014).

Výzkumem, zabývajícím se dopady nechtěného nízkofrekvenčního hluku na člověka se zabývali Knopper a Ollson (Knopper, Ollson 2011). Podle jejich výzkumu, však nelze s jistotou spojit výskyt hluku s přítomností onemocnění obyvatel. Tvrdí, že lidé si tyto příznaky navozují sami, hlavně díky negativním postojům vůči stavbě celkové.

Dopady na faunu

Jeden z negativních vlivů větrné elektrárny je ohrožení výskytu či vyšší míra mortality fauny v okolí stavby. Prováděné výzkumy se zaměřovaly na obratlovce, ptáky a netopýry. Střety ptáků či netopýrů jsou závislé na snížené viditelnosti (mlha),

výšce elektrárny a umístění elektrárny v migračních zónách zvířat (Cetkovský, Frantál 2010; Tabassum et al. 2014).

Do dnešní doby se většina prací zaměřila na kolize větrných elektráren s ptáky nebo s netopýry. Jiné druhy prakticky nejsou ve studiích řešeny. Před několika lety výzkum prokázal, že výskyt a provoz větrné elektrárny má nulový dopad na savce (zajíc, srna, liška atd.) (Cetkovský, Frantál 2010). Dle výzkumu univerzitou v Hannoveru bylo dokázáno, že stav jedinců se nezměnil, dokonce se i navýšil (Sequens, Holub 2004). Výskyt savců v okolí staveb je pozorovatelný i v běžných podmínkách, kdy se v okolí větrné elektrárny volně pohybují např. zajíci, vysoká zvěř nebo skot.

Větším problémem může být nevhodně zvolené umístění elektrárny v krajině. Pokud se stavba vyskytuje v migračních koridorech ptáků, může mít tato skutečnost vliv na vyšší mortalitu v oblasti. Pokud se pták pohybuje v blízkém okolí stavby, hrozí mu kolize díky turbulentnímu proudění, která může zapříčinit poranění nebo smrt. Proto musí mít vždy každá ze staveb hodnocení EIA (Vorel et al. 2004). V předchozích letech mělo nevhodného umístění stavby za následek vysokou mortalitu ptáků.

Jednu z prvních prací, která se zaměřila na střety ptáků a elektráren v Evropě vytvořili Langston a Pullan (Langston, Pullan 2003). Práce obsahuje řadu postupů a doporučení, jak hodnotit vliv elektrárny na jednotlivé druhy ptáků a udává příklady dokumentovaných střetů různých druhů se samotnou stavbou. V roce 2006 vydala asociace Eurobats (Iucn, Bct 2006) studii zaměřenou pouze na netopýry. Podle studie je například nutné stavět větrné elektrárny alespoň 200 m od lesa, nebo že kolize netopýrů s elektrárnou mohou nastat i při vyšší rychlosti větru (nad 10 m/s). Tato studie se později stala základem metodických pokynů pro plánování staveb větrných elektráren (Rodrigues et al. 2014). Práce upozorňuje na vyšší střet a úmrtnost netopýrů v období mezi červencem a zářím.

Několik výzkumů se zaměřovalo pouze na hodnocení vztahu větrné elektrárny a netopýrů. U tohoto druhu je problém s nízkým rozmnožovacím potenciálem. Střety netopýrů s elektrárnou byly často zapříčiněny tím, že si zde savci hledali úkryt, anebo byli přilákáváni vyšší aktivitou hmyzu v chladnějších dnech (vyzařované teplo ze strojové části stavby láká hmyz). Domněnky, že netopýři jsou

přitahování ke stavbě díky zvuku, nebyly žádným výzkumem potvrzeny (Cetkovský, Frantál 2010).

Úmrtnost ptáků způsobená střetem s větrnou elektrárnou je dle výzkumů nižší v porovnání s kolizí s auty, jinými průmyslovými stavbami, s elektrickým vedením atd. Počet usmrcených jedinců větrnou elektrárnou je v globálním měřítku takřka zanedbatelný. Kromě již zmiňovaného předcházení výskytu staveb v migračních zónách, lze předejít vyšší mortalitě také umělým snížením rychlosti rotujících listů v migračním období (Erickson et al. 2001).

V současnosti jsou pro posouzení vlivu větrné elektrárny na okolní faunu významná stanoviska České společnosti ornitologické (ČSO) a České společnosti pro ochranu netopýrů (ČESON), které určují podmínky průzkumu, který by měl být proveden před každou výstavbou. Krom těchto stanovisek neexistuje v ČR jiný předpis nebo postup pro dopad staveb na okolí (Cetkovský, Frantál 2010; Langston, Pullan 2003).

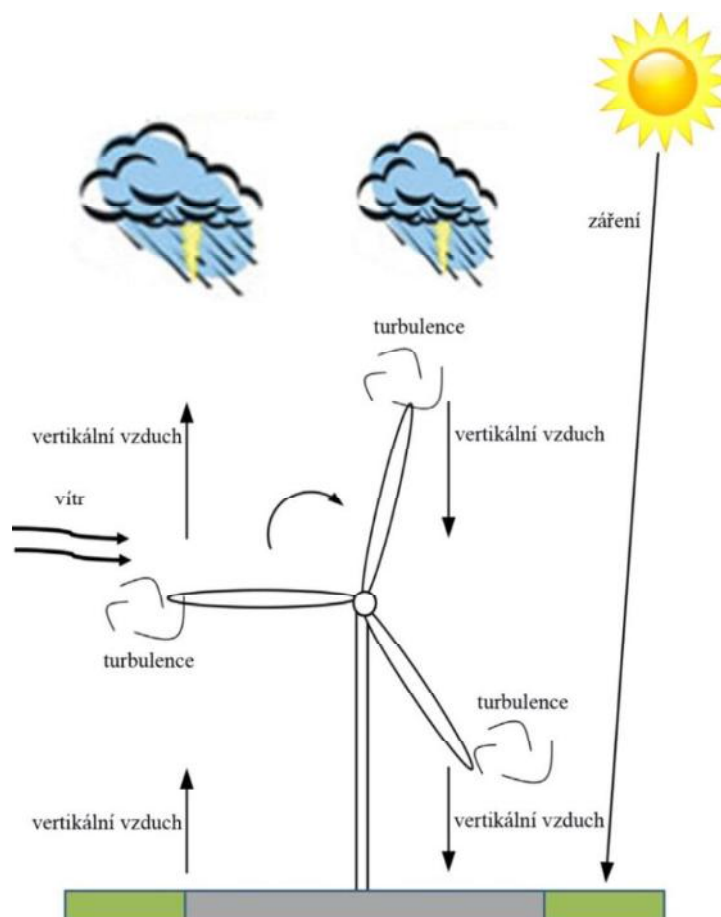
Dopady na flóru

Pro stavbu jedné větrné elektrárny je zapotřebí záboru o ploše přibližně 250 m². V porovnání s jinými stavbami, které je lidstvo schopno postavit, není v tomto případě zastavění, nebo omezení rostlin radikální. Pokud je ovšem plánovaná rozsáhlá větrná farma s hustou sítí elektráren vedle sebe, je třeba nejprve zjistit a ověřit výskyt vzácného biotopu (Kočvara 2010). Pro tyto účely slouží studie EIA. Nejčastěji se projekty umísťují na orné půdě nebo na pozemku s trvale travním porostem. Faktory, které mohou ovlivnit okolní flóru, jsou spíše spojené s teplotními změnami (viz kapitola: Vliv na klimatické podmínky).

Vliv na klimatické podmínky

V důsledku pohybu rotujících listů větrné elektrárny dochází v její blízkosti k promíchání vertikálních vrstev vzduchu. Vzduch z nízké vrstvy (od povrchu) je díky rotaci listů přenášen vzhůru, a naopak vzduch z vysokých pater (dle výšky větrníků a délce listů) se dostává pohybem dolu k zemskému povrchu. Tento princip je více patrný v noci, když je teplejší vzduch přenesen dolů a studený vzduch vzhůru. Přenos vrstev ve dne může předcházet vzniku lokálních srážek, viz obr. 5 (Wang, Wang 2015).

Pokud je větrná farma postavena na orné půdě nebo pastvině, může stavba ovlivnit místní podnebné klima, což může mít dopad na místní způsob zemědělství. Díky výstavbě farmy se můžou změnit poměry ve svislém teplém proudění, ve vlhkosti, množství CO₂ a právě i v rychlosti růstu pěstované plodiny (Rajewski 2013).



Obr. 5: Znárodnění fyzikálních procesů v okolí elektrárny. Převezato (Wang, Wang 2015) a upraveno.

Dlouhodobý výzkum, který se zaměřil na větrnou farmu v Texasu s několika stovkami větrníků, prokázal, že teplota řešeného území se v nočních hodinách za jedno desetiletí zvýšila od 0,5 °C do 0,72 °C s porovnáním mezi roky 2003- 2005 a 2009 - 2011. Výzkum využíval satelitní snímky MODIS s rozlišením 1 km, které byly zaznamenávány od roku 2003. Krom teplotních změn autoři také upozorňují na mírné zvýšení odrazivosti povrchu a snížení zastoupení vegetace ve vzniklých stínech větrné elektrárny (Wang, Wang 2015; Zhou et al. 2012).

Ke stejným závěrům jako práce od Zhou z roku 2012 dospěla i studie, která se zabývala vlivem pěti rozsáhlých větrných farem v americkém státě Iowa. Studie analyzovala data z období jedenácti let z družice MODIS a zkoumala vliv větrných farem na změnu teploty povrchu v jejich okolí. Práce potvrdila trend zvýšení teplot v nočních hodinách (včetně zimních měsíců – prosinec, leden a únor). Největší teplotní rozdíly byly zaznamenány v letních měsících (červen, červenec a srpen) v časech okolo 22:30 (Harris et al. 2014).

Další studie, využívající také satelitní snímky z družice MODIS pro pozorování teplotních změn v okolí větrné farmy, se zaměřila na větrnou farmu ve středozápadní části Texasu východně od města Colorado, v USA. Jde o stejné území, na které se zaměřila práce od Zhou (Zhou et al. 2012). Studie upozorňuje na již zmiňovaný trend zvýšení nočních teplot v okolí farmy v rozmezí mezi 0,31 °C až 0,70 °C a nezaznamenaný trend změn teplot přes den. Analyzované snímky byly pořízeny v prosinci 1999 a květnu 2002 (Xia et al. 2016).

Práce z roku 2015 pod vedením Slawsky (Slawsky et al. 2015) se zaměřila na rozsáhlou větrnou farmu v severním Illinois, v USA. Práce zkoumala rozdílné povrchové teploty v okolí farmy pomocí družicových snímků MODIS mezi roky 2003 – 2013. Zkoumané byly hodnoty před výstavbou a po výstavbě větrné farmy. Výsledné hodnoty značí zvýšení teploty povrchu v okolí farmy o 0,18 °C – 0,39 °C. Tyto změny byly pozorovány v noci. Největší rozdílné hodnoty byly zjištěny v nočních hodinách v měsících mezi prosincem a únorem a nejmenší změny v období od června do srpna. Vliv farmy na hodnoty v případě denního měření nebyly zaznamenány.

Walsh-Thomase (Walsh-Thomas et al. 2012) z Manské univerzity se zabýval výzkumem teplotních rozdílů pro větrnou elektrárnu v americké San Geronio v jižní Kalifornii v letech od roku 1982 do roku 2011. Studie využívala data z družic Landsat 5. Zájmová oblast byla v rozsahu 2 km na 2 km. Walsh-Thomase zkoumal rozdílné teploty, které se vytvoří podle natočení větrné elektrárny dle momentálního převládajícího směru větru. Studie konstatovala, že teploty na jižní a západní části, které jsou po větru, byly vyšší než severní a východní části, která je proti větru a to o 4 až 8 °C.

Výzkum ve Skotsku se zaměřil na možné změny v teplotě povrchu a ve změně absolutní vlhkosti prostředí v okolí větrné farmy, která je postavena v oblasti rašelinišť. Výzkum pod vedením Armstronga (Armstrong et al. 2016) využíval sensory rozestavěné v zájmové oblasti. Dle studie větrná farma zvýšila teplotu vzduchu až o 0,18 °C a absolutní vlhkost o 0,03 g/m³ během noci. Ve dne se hodnoty změnilo o 0,05 °C, nicméně dle měření vlhkost ovlivněna nebyla (Armstrong et al. 2016).

Skleníkový efekt

Vytváření energie pomocí větrných elektráren napomáhá ke snižování množství uvolněného CO₂ do ovzduší. Studie zaměřená na Irskou rozvodnou síť naměřila, že díky nahrazení fosilních paliv větrnou energií klesla hodnota CO₂ o 0,36 - 0,59 tun pro jeden MW/h (Wang, Wang 2015). Podle zprávy GWEC (Global Wind Energy Council) se díky využívání větrné energie snížilo množství uvolněného CO₂ do roku 2007 o 122 milionů tun pro každý rok (Global Wind Energy Council 2018). Tyto všechny změny by mohly napomoci ke snižování globálního oteplování. Opačný názor má ve své práci Ryvolová (Ryvolová, Zemplinerová 2010). Uvádí, že pokud zohledníme všechny náklady na výstavbu a provoz samotné větrné elektrárny a náklady převodu větrné energie do energetického průmyslu, je množství CO₂ stejné jako u využívání fosilních paliv.

Sociální dopady

V minulých letech docházelo k menším rozporům. I když stavba větrné elektrárny splňovala veškeré fyzicko-technické, klimatické, technologické ale i přírodní podmínky (např. kapacitu elektrické sítě, větrný potenciál, ochranu životního prostředí), nebyla kvůli odporům místních obyvatel nakonec postavena. Často se můžeme střetávat s rozdílnými myšlenkami a postoji ohledně výstavby větrné elektrárny, a to na úrovni komunální politiky. V této sféře se zapojují nejenom objektivní, ale i subjektivní názory na věc a upřednostňují se různé zájmové skupiny (Cetkovský, Frantál 2010).

Větrná energie je v současnosti otázkou politickou, ale i společenskou. Proto by se o umístění samotné stavby nemělo rozhodovat pouze z pohledu vědeckého, expertního nebo z politického nařízení. Měla by fungovat jakási

rovnováha při schvalovacím procesu s účastí veřejnosti, kdy se místní obyvatelé mohou veřejně vyjádřit a jejich názor bude mít patřičnou váhu (Horst 2009).

Syndrom NIMBY

Dle výzkumu (Devine-Wright 2005), který byl prováděn v zemích, kde jsou větrné elektrárny již hojně vybudovány a nové projekty se připravují, vyplývá, že většina obyvatel (60 – 70 %) podporuje představu o rozvoji využívání větrné energie pro budoucnost. Pokud se ovšem začne mluvit o konkrétní umístění dané stavby, podpora klesá na 50 – 60 %. Bell et al. (2005) nazývá tuto skutečnost jako sociální propast. Spolu s odporem lokálních politických subjektů vůči výstavbě se pro tento fakt využívá termín NIMBY syndrom.

Název NIMBY syndrom je odvozen z anglických slov Not In My Backyard, ne na mém dvorku. Znamená to, že lidé přestávají podporovat tyto stavby pouze, pokud se jich přímo týkají a jejich umístění je v jejich blízkosti. Tento syndrom se nemusí spojovat pouze s výstavbami větrných elektráren. Často se s ním můžeme setkat při jakýchkoliv větších projektech (letišťe, dálnice, věznice atd.) (Cetkovský, Frantál 2010; Stephens 2005).

Dopad na krajinný ráz

Česká republika je krajina malého měřítka. Když si uvědomíme, že výška stavby elektrárny v současnosti dosahuje okolo 100 m, je jasné, že ovlivní dosavadní krajinný ráz. Vorel (Vorel 2009) ve své práci uvádí, že větrná elektrárna může mít, v jistém typu krajiny, do určité míry pozitivní dopad, a to jako kladný estetický HI-TECH prvek. Nová větrná elektrárna tak může udávat charakteristiku území, které není pro svoji hodnotu chráněno jako základ kulturně historického dědictví (parky, oblasti, zóny) (Cetkovský, Frantál 2010; LÖW 2007).

V mnoha případech je výstavba konfliktní záležitostí. Bylo proto navrženo několik postupů a metod pro hodnocení vlivu stavby. Pro zhodnocení vlivu můžeme využít geografický informační program (GIS), který díky svým nástrojům umožňuje analyzovat viditelnost dané stavby, vytvoření fotomontáže, modelů terénu a multikriteriální analýzy. Metoda popisná analyzuje krajinné charakteristiky, vytváří ekologické modely a vytváří hodnocení estetických hodnot. Do metod vizuálních preferencí řadíme psychologické metody a fenomenologické

metody zaměřující se na pocity a očekávání jedince (Aspinall 1990; Cetkovský, Frantál 2010; Cetkovský 2008; Terry 1983).

Dopad na ceny pozemků

Hlasy, které kritizují výstavby větrných elektráren ve svém okolí, upozornují na možný pokles cen svých pozemků. Potenciální kupec může být odrazen od koupě pozemků kvůli narušení krajinného rázu stavbou a možným hlukem vyprodukovaným větrnou elektrárnou. Následně pak klesá tržní poptávka a tím může být i snížena cena pozemku nebo nemovitosti v dané oblasti (Cetkovský, Frantál 2010).

V sousedním Německu byl proveden výzkum společností Immobilien Scout 24, který poukázal na fakt, že ceny nemovitosti klesly až o jednu třetinu. V některých případech dokonce prodávající snížil cenu až na polovinu původní hodnoty, kterou měl pozemek před výstavbou větrných elektráren (Kopecký 2007).

3.2 Dálkový průzkum Země

Dálkový průzkum Země je metoda umožňující získávat data a informace o zemském povrchu a vodních plochách s využitím snímků pořízených z ptáčích perspektivy. Využívá se elektromagnetického záření, které je odráženo nebo emitováno ze zemského povrchu, v jednom nebo ve více intervalových spektrech (Campbell 1996). Objekty snímkování jsou sledovány pomocí elektromagnetických vln. Pořízená data jsou využívána v různých odvětvích např. v geodézii, kartografii, meteorologii, v zemědělství, hydrologii atd.

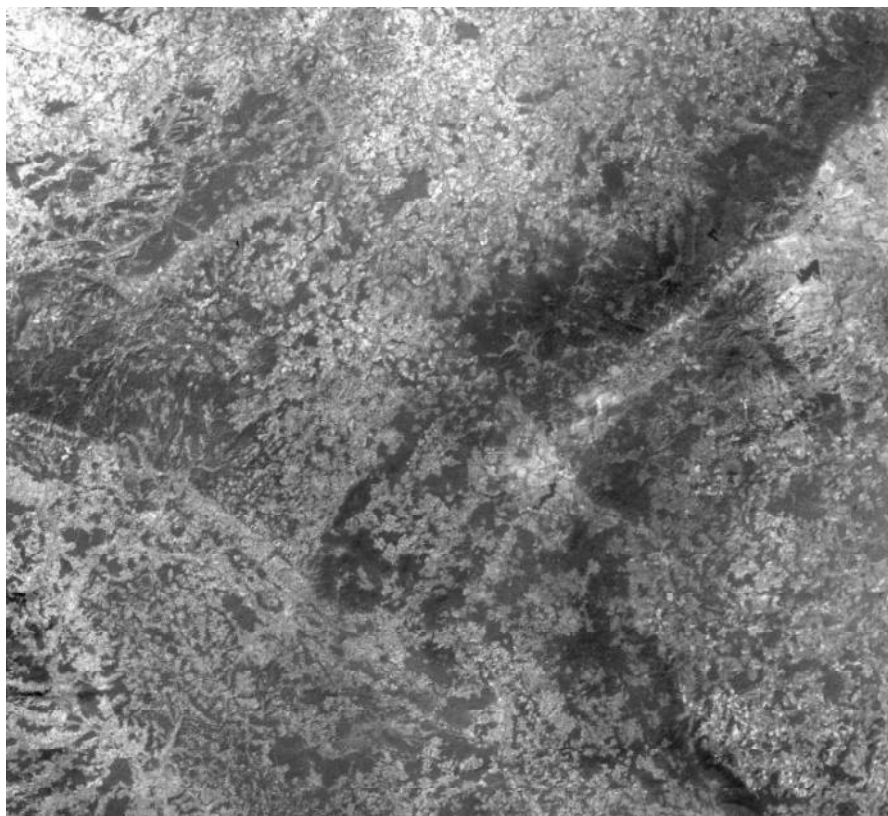
Jednou z variant, jak získat snímky kromě leteckého snímkování, jsou družicové systémy. Jejich výhodou je vysoká stabilita, globální pokrytí a opakované snímkování po velmi dlouhé období. Snímkování probíhá buď pasivními, nebo aktivními senzory. Pasivní senzor zaznamenává záření z přírodního zdroje (Slunce nebo Země). Pokud je záření ze zdroje umělého, označujeme senzor za aktivní např. lasery nebo radary (Halounová, Pavelka 2008).

3.2.1 Termální snímkování

Pro hodnocení teplotních změn a zemského povrchu lze v současnosti využívat nástroje dálkového průzkumu Země. Nejvhodnější je využívání termálního snímkování povrchu Země, které by jinak bylo možné nahradit např. časově

náročnějším postupným bodovým měřením. Termální snímkování funguje na principu snímání elektromagnetického o vlnové délce od 3 μm (Asrar 1989). Při vytváření snímků je pracováno se schopností vlastního vyzařování objektu, které je vyšší než odražené sluneční záření. Díky tomu je možné získat informace o radiační teplotě objektů ve snímaném území (Dobrovolný 1998).

Vyhotovený termální snímek je nejčastěji zobrazen v černobílém provedení viz obr. 6. Světlé odstíny barev reprezentují teplé povrchy a tmavé části chladné oblasti. (Dobrovolný 1998).



Obr. 6: Termální snímek z družice Landsat 5. Data USGS (2017) a autorem zpracováno.

Využití termálních snímků je široké. Pomocí hodnot získaných ze snímků můžeme určovat nejenom teplotu objektu, ale pokud využijeme snímky jdoucí po sobě v časovém intervalu, tak také teplotní vývoj v zájmovém území (pokles, či nárůst teploty). Snímky lze uplatnit v zemědělství, pedologii, klimatologii, geologii, vulkanologii, evapotranspiraci atd. (Dobrovolný 1998).

3.2.2 Družicové systémy

Termální snímkování lze v současnosti získat z několika zdrojů. V termálním spektru pracují všechny meteorologické družicové systémy METEOSAT, NOAA. Krom nich je možné získat snímky z družicových snímačů Landsat, Terra a dalších. Také lze získat snímky pomocí leteckého snímkování s využitím termovize (Dobrovolný 1998, 2002).

- METEOSAT – Meteorological Satellite. Západoevropská geostacionární meteorologická družice provozována mezivládní organizací EUMETSAT. Nejčastěji je využívána pro meteorologické účely. Umožňuje získávání termálních snímků v pásmu 10,5 – 12,5 μm . Prostorové rozlišení je 5 km. Pořizování snímků má frekvenci 30 minut. Hlavní využití je pro monitorování oblačnosti (ESA - earth 2018).

- NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration. Americká polární družice, jejíž součástí je termální senzor AVHRR (CHMI 2018).

- AVHRR - Advanced very-high-resolution radiometer umožňuje zachycení tepelného záření v pásmech 3B: 3,55 – 3,93 μm (spolu se slunečním zářením), v pásmu 4: 10,3 – 11,3 μm a v pásmu 5: 11,5 – 12,5 μm . Prostorové rozlišení snímků je 1,1 x 1,1 km. Frekvence snímkování je přibližně 100 minut (CHMI 2018).

- Landsat – Projekt zřízený společnostmi NASA a USGS. Nejdéle pracující projekt mapování zemského povrchu (od roku 1972). V současnosti jsou v provozu tři družice umožňující tepelné mapování. Landsat 5 v pásmu 10,4 – 12,5 μm s rozlišením 120 m. Landsat 7 v pásmu 10,4 – 12,5 μm s rozlišením 60 m. Landsat 8 s dvěma teplotními pásmy 10,3 – 11,3 μm , resp. 11,5 – 12,5 μm s rozlišením 100 m. Doba opětovného snímkování jednoho území je 16 dnů (ArcData 2018).

- Terra – družice spravovaná asociací NASA. Skládá se ze čtyř senzorů: ASTER, CERES, MISR, MODIS, MOPITT. Termální snímkování umožňují senzory ASTER a MODIS (GISAT 2018; NASA 2018b).

- MODIS – Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer. Součástí satelitů Terra a Aqua. Satelit Terra snímá povrch ze severu na jih přes rovník a satelit Aqua naopak mapuje povrch z jihu na sever. Termální snímky povrchu jsou vytvářeny pomocí šesti kanálů o hodnotách 3,660 – 3,840 μm , 3,929 – 3,989 μm , 4,020 – 4,080 μm , 10,780 – 11,280 μm , 11,778 – 12,270 μm . Rozlišení snímků 1 000 m. Frekvence mapování je mezi jedním a dvěma dny (NASA 2018b).
- ASTER – Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflectance Radiometer. Létá po solární oběžné dráze. Snímky jsou tvořeny v pěti kanálech 8,125 – 8,475 μm , 8,475 – 8,825 μm , 8,925 – 9,275 μm , 10,25 – 10,95 μm , 10,95 – 11,65 μm . Rozlišení termálních snímků je 90 m. Umožňuje 16 denní frekvenci mapování (Abrams, Hook 2002; Geoimage 2018; Satimagingcorp 2018).
- VIIRS - Visible Infrared Imaging Radiometer Suite. Sensor vytvořený od společnosti Raytheon pro satelit Suomi NPP - NOAA. Je využíván jako doplňkový senzor k MODIS a AVHRR. Obsahuje 22 frekvenčních pásem. Snímky mají rozlišení 750 m. Perioda snímání je jeden den (NASA 2018c; Raytheon 2018).
- AVIRIS - Airborne visible/infrared imaging spectrometer. Vytvořen JPL – Jet Propulsion Laboratory. Mapuje státy severní Ameriky, Evropy, část jižní Ameriky a Argentinu. Disponuje 224 kanály v různém spektru (NASA 2018a).
- Sentinel – Družice spravována Evropskou kosmickou agenturou. Pro svoji třetí generaci Sentinel-3 A byl uveden senzor SLSTR
 - SLSTR - Sea and Land Surface Temperature Radiometer. Sensor vytváří termální snímky, které disponují rozlišením 1 000 km. Cyklus pořízení snímků je přibližně ve sto minutových intervalech (Esa 2018; GISAT 2018; GOV 2018).

4. Metodika

4.1 Volba větrné farmy

Práce analyzuje případné klimatické změny v okolí větrné farmy v k. ú. Horní Paseky v okrese Aš. Tato lokalita, respektive větrná farma, byla vybrána ze seznamu aktuálních instalací na území České republiky (ČSVE 2018) při zohlednění následujících kritérií:

- počet větrných elektráren ve farmě
- umístění farmy
- rok výstavby
- výkon elektrárny

4.2 Získání snímků

Jako analytické podklady byly zvoleny satelitní snímky z programu Landsat. Program Landsat je zřizován USGS – United States Geological Survey a cílem organizace je trvalé mapování zemského povrchu pomocí oběžných družic, v současnosti Landsat 5, 7, 8. Doba oběhu družice je 16 dní a rozlišení jednotlivých snímků je 8, resp. 12 bitů.

Snímky byly získány pomocí internetového serveru EarthExplorer zřizovaného společností USGS. V prohlížeči byly navoleny hodnoty 50° 13' severní šířky a 12° 15' východní délky – souřadnice větrné farmy. Nejprve byly staženy snímky pořízené před výstavbou větrných elektráren, rok 2012, a poté snímky pořízené po výstavbě. Využity byly pouze snímky s absencí nebo s nízkým výskytem oblačnosti, včetně vysokých mraků typu cirrus. V záložce výběr dat byla zvolena kategorie Landsat, Landsat Collection 1 Level-2 (On Demand). Pro dobu před výstavbou byly využity snímky z družic Landsat 5 sada Landsat 4-5 TM C1 Level-2. Pro dobu po výstavbě byly využity snímky z družice Landsat 8 sada Landsat 8 OLI/TIRS C1 Level-2. Snímky z družice Landsat 7 nebyly využity pro závadu satelitu, kvůli které jsou snímky rozděleny rovnoběžnými černými pruhy.

4.3 Práce se snímky

4.3.1 Zpracování termálních hodnot

Stažené soubory byly přeneseny do softwaru ENVI 5.4 (64-bit), kde byly upraveny. Software byl vytvořen společností Exelis Visual Information Solutions. Program byl využit díky podpoře České zemědělské univerzity v Praze. Po nahrání metadat byl v Data Manager vybrán Thermal Infrared (tepelné infračervené záření), odpovídající hodnotám okolo 10.00, nebo soubor s nižší hodnotou. V Toolboxu byl zvolen v záložce Radiometric Correction nástroj Radiometric Calibration. Ve výběru byl jako vstupní soubor zvolen Thermal.

Parametry:

Calibration Typ: Radiance

Output Interleave: BSQ

Output Data Type: Float

Scale Factor: 1.00

Ve stejné záložce Radiometric Correction byl poté využit nástroj Thermal Atmospheric Correction, pro který byl využit snímek vzniklý v předchozím kroku. Tento nástroj atmosférických korekcí slouží k modelaci vlivu atmosféry a záření při samotném vzniku snímku.

Parametry:

Data Scale Factor (W/m²/um/sr): 1.0000

Gain/Offset Calculations Regression Pixels: All

Fitting Technique: Top of Bins

Jako poslední nástroj byl zvolen ve stejné záložce Emissivity Normalization s nahráním souboru, který vznikl v předchozím kroku. Vložena byla hodnota emisivity 0,96 odpovídající land cover pastviny, travnatá vegetace, plocha s křovinami.

Parametry:

Data Scale Factor (W/m²/um/sr): 1.0000

Wavelength Scale Factor (um): 1.0000

Assumed Emissivity Value: 0.9600

Output Temperature Image: Yes

Výsledný soubor byl uložen ve formátu TIFF pro lepší práci v nadcházejících krocích.

4.3.2 Zpracování v programu GIS

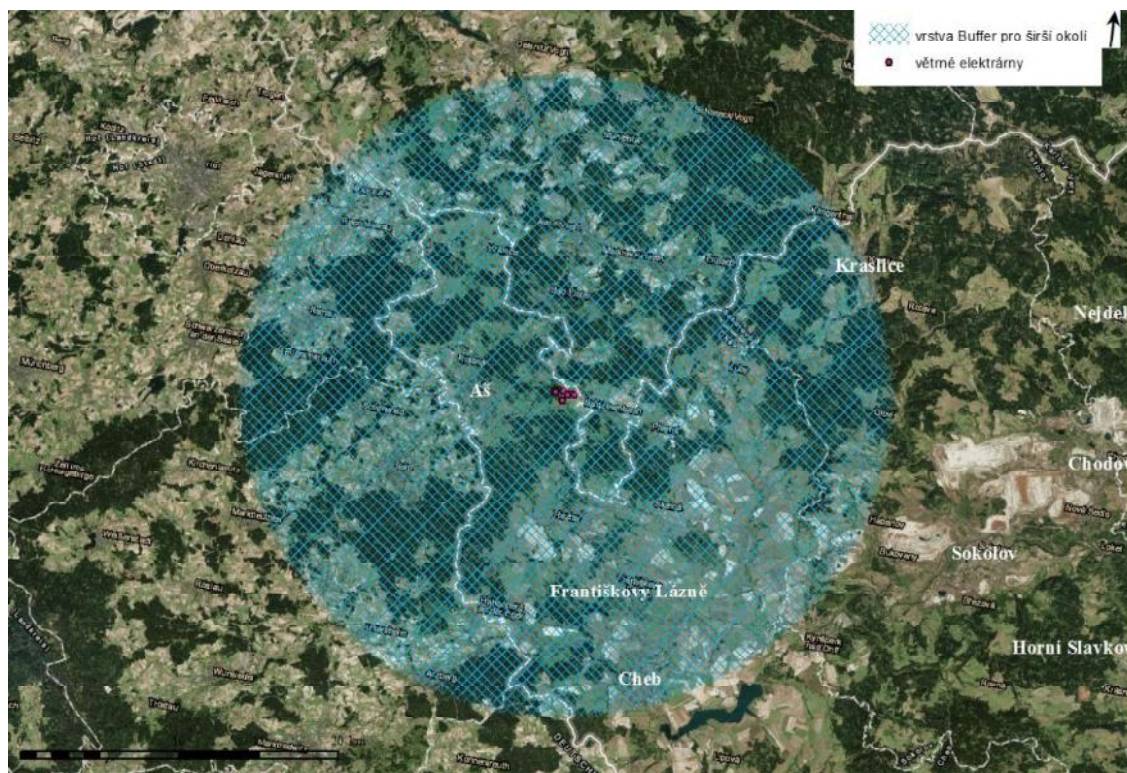
Snímky byly dále zpracovány v aplikaci ArcGIS program ArcMap 10.5.1 od společnosti Esri. Tento program bylo možné využít díky podpoře České zemědělské univerzity v Praze. Při práci bylo pracováno se souřadnicovým systémem World Geodetic System 84 (WGS 84).

Pro první analýzu bylo navázáno na design studie od Chamorro, Porté-Agel (Chamorro a Porté-Agel 2010). Bylo stanoveno území, které může být ovlivněno změnou pohybu rotujících listů větrné elektrárny na 4,75 násobek průměru rotoru elektrárny (rotor - 90 m). Zájmová plocha pro jednu elektrárnu má obsah 14,35 ha. Pro vytvoření vzdáleností okolo elektráren byla využita analytická funkce Buffer – vzdálenost 427,5 m. Poté byly jednotlivé plochy propojeny v editačním režimu nástrojem Merge, kdy vznikla jedna plocha, která je znázorněna na obr. 7.



Obr 7: Mapa znázorňující Buffer – blízké okolí větrné farmy.

Druhá analýza porovnává data z první analýzy s hodnotami z širšího okolí větrné farmy. Pro plochu reprezentující širší okolí byl vytvořen polygon pomocí funkce Buffer o vzdálenosti 20 km od větrné farmy. Pomocí nástroje Erase byla vyjmuta plocha, se kterou bylo pracováno v první analýze obr. 8.



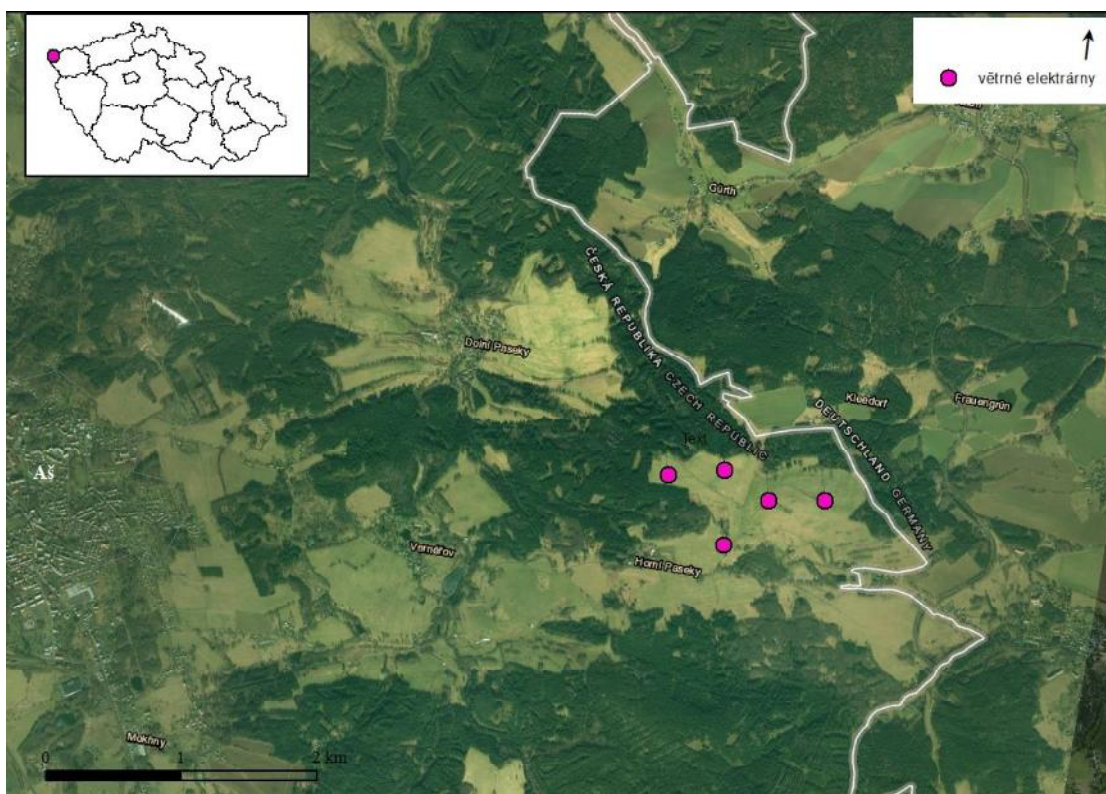
Obr. 8: Mapa znázorňující Buffer 20 km - širší okolí.

4.3.3 Statistická analýza

Pro porovnání teplotních rozdílů v daném území v rozdílných časových obdobích byl využit nástroj zonální mapové algebry Zonal Statistics in Table. Výsledkem byla tabulka odpovídajících hodnot pro každý zájmový rok. Data byla posléze přenesena do program Microsoft Exel MS Excel 2012, kde byly teplotní hodnoty z kelvinů K převedeny na stupně Celsia °C. Výsledky jsou prezentovány v kapitole 6. Výsledky práce.

5. Charakteristika studijního území

Práce studuje část území obce Horní Paseky nacházející se východně od města Aš v Ašském výběžku, v Karlovarském kraji, v západní části České republiky (viz obr. 9). Lokalita se nachází v nadmořské výšce 680 – 717 m n. m. Dle aplikace Nahlížení do katastru nemovitostí zřizované orgánem ČÚZK je plocha, kde se nachází zájmová farma, vedena jako druh pozemku: orná půda, způsob ochrany nemovitosti: zemědělský půdní fond (ČÚZK 2018).



Obr. 9: Umístění větrných elektráren v krajině v okrese Aš.

5.1 Geologické, pedologické vlastnosti

Území bylo formováno v období od starohor a nachází se zde geologické podloží: svor, kvadratický svor s přechody do kvarcitu, smíšené sedimenty kvartéru, písčito - hlinité až hlinito-písčité sedimenty, pararula, nefelinický bazanit či nivní sedimentové podloží. Geomorfologicky je oblast členěna do provincie Česká vysočina – subprovincie Krušnohorská soustava – Krušnohorská hornatina - oblast Smrčiny (Cenia 2018).

Půdní typy jsou zastoupeny v oblasti pomocí kambizemí subtypu dystická, která je pro tuto oblast typická. Dle LPIS je na řešeném území vedena kultura trvale travního porostu viz obr. 10. Půdy jsou převážně hluboké až středně hluboké, kromě centrální části zájmového území, kde je půda mělká. Sklonitost je vedena jako mírná až střední. BPEJ kódy pro zájmovou plochu: 8.37.16, 8.34.01, 8.34.31, 8.34.34, 8.34.24, 8.34.44. Základní cena pozemků se pohybuje od 1,31 do 5,08 Kč/m² (ČÚZK 2018; VÚMOP 2018).

5.2 Hydrologické vlastnosti

Oblast je zařazena do povodí řeky Ohře, do úmoří Severního moře. V blízkém okolí se nacházejí menší vodní toky, některé z nich pramení na zájmové louce. V severní oblasti je Doubravský potok, ve východní části Röthenbach, v jihovýchodní části Starý potok a nenazvaný přítok potoku Bílý Halštrov. Nejblíže významnou vodní plochou je rybník Verněřov ve stejnojmenné obci (VÚMOP 2018).

5.3 Klimatologické vlastnosti

Pro území České republiky je typické mírné podnebí, přechodové mezi kontinentálním a oceánským podnebím. Zájmová oblast je z klimatického pohledu oblastí mírně teplou. Podle klimatických podmínek dle Quitta je oblast na pomezí dvou regionů MT3 a MT5. To znamená, že v oblasti je zaznamenáno od 20 do 40 letních dnů, 130 – 140 mrazivých dnů, 40 – 50 ledových dnů a 120 – 160dnů s teplotou alespoň 10 °C. Průměrná teplota v měsíci lednu se pohybuje od -3 do -5°C, v dubnu 6 – 7 °C, v červenci 16 – 17 °C, a v měsíci říjnu 6 – 7°C. Počet dnů s úhrnem srážek alespoň 1 mm je 110 – 120. Ve vegetačním období je úhrn srážek okolo 350 – 450 mm, v zimním období 250 – 300 mm. Počet dnů se sněhovou pokrývkou je mezi 60 – 100. Počet jasných dnů je 120 – 150 a počet zatažených dnů 40 – 60 (Quitt 1971).

Povětrnostní podmínky v oblasti odpovídají středním hodnotám republiky, tedy průměrná rychlost věru za rok 4 – 5 m/s. Převládající směr větru je jihozápadní až západní (Tolasz 2007).

5.4 Fauna a flóra oblasti

Oblast odpovídá přírodně blízké vegetaci - biková bučina *Luzolo – Fagetum* (INSPIRE 2018). Z pohledu ochrany přírody je území zahrnuté v přírodním parku

Halštrov vyhlášeném roku 1984 Okresním národním výborem v Chebu. V blízkém okolí se nachází několik dalších chráněných oblastí např. přírodní park Smrčiny, přírodní památka U Cihelny, přírodní památka Goethova skalka. Území je zahrnuto v nadregionálním biokoridoru ID35. Pro oblast je typický chov skotu a koní.



Obr. 10: Větrná farma v k. ú. Horní Paseky. Fotografie vlastní.

5.5 Socioekonomické podmínky

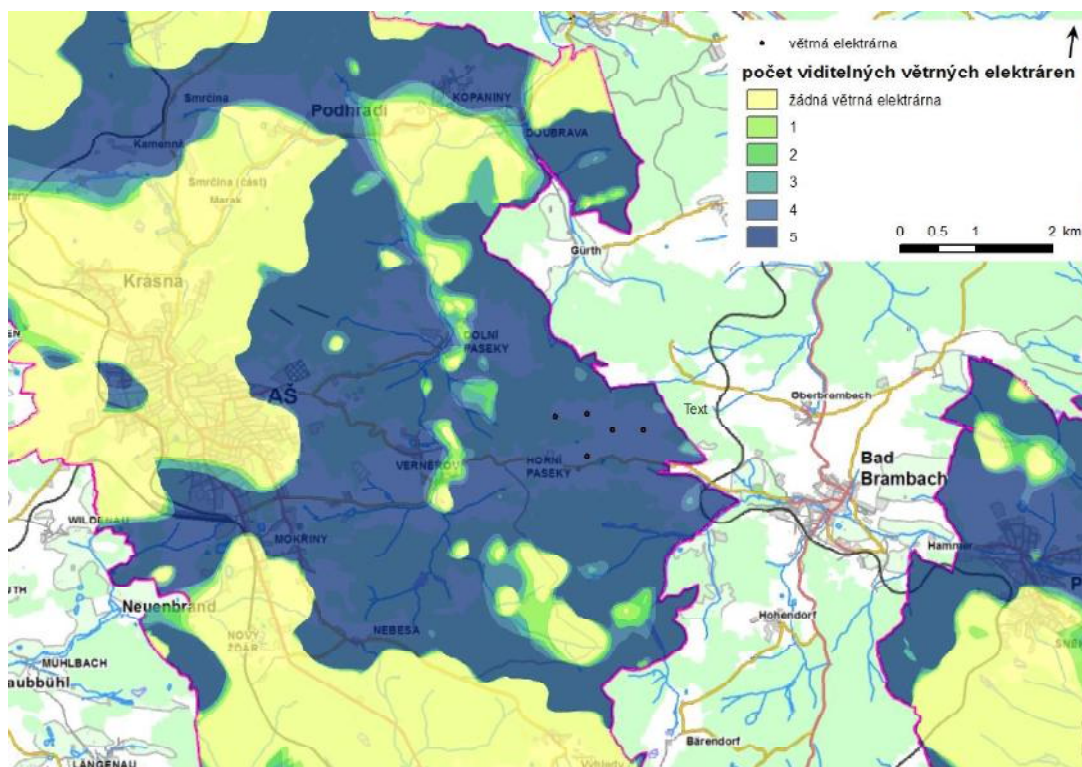
Obec Horní Paseky se nachází v pohraniční oblasti České republiky a má zajímavou, nicméně smutnou historii. První zmínka o obci spadá již do roku 1291. Poté bylo vlastnictví obce přenášeno na různé rody. V roce 1874 se obec oddělila od sousední obce Verněřovice. V té době žilo v obci kolem 350 obyvatel. Počet obyvatel výrazně klesl po 2. světové válce díky odsunu místních německých obyvatel z 350 postupně až na pouhých 48. Dalším negativním faktorem byl v roce 1957 velký požár, který zapříčinil vystěhování dalších rodin mimo obec. Posledním faktorem bylo zahrnutí Horních Pasek do zakázaného hraničního pásma, kdy byla většina dosavadních budov odstraněna. Ve vsi byla postavena kasárna pro pohraniční strážníky, která byla posléze využívána sovětskou armádou. Po revoluci v roce 1989 byla kasárna přestavěna na byty (Anonym 2008).

V současnosti je obec v osadním výboru spolu s Verněřovicemi a Dolními Paseky. Žije v ní okolo 50 obyvatel. Nachází se zde menší chatářská oblast a osm metrů vysoká rozhledna Stráž u Aše, což je přestavěná vojenská strážní věž. Zajímavostí je turistický přechod do německých lázní Bad Brambach (Anonym 2018).

5.6 Větrná farma

Větrná farma je tvořena pěti větrnými elektrárnami. Větrné elektrárny jsou typu VESTAS V90. Jejich výstavba byla schválena v roce 2010 zastupitelstvem obce Aš a výstavba začala v roce 2012 ve dvou etapách. V první etapě byly vybudovány 4 větrné elektrárny. V druhé etapě se řešila dostavba pátého větrníku. Provoz farmy začal ke konci roku 2012. Investorem stavby byla společnost ECO Finance Group, s.r.o. (Anonym 2018).

S využitím nástroje pro analýzu viditelnosti Viewshed v programu ArcGIS 10.5.1 byla vytvořena zjednodušená mapa zobrazující viditelnost zájmové větrné farmy v širším okolí pro území části Karlovarského kraje. Pro hodnotu OFFSETA byla zvolena výška větrné elektrárny 90 m, pro hodnotu OFFSETAB byla zvolena ilustrační výška člověka 1,8 m. Výsledná mapa je zobrazena v obrázku 11.



Obr. 11: Znárodnění viditelnost větrné farmy v okolí.

5.6.1 Technické parametry:

Větrné elektrárny VESTAS V90 (Vestas 2018):

Provozní údaje:

výkon	2,000 kW / 2,200 kW
rozběhová rychlost větru	4 m/s
maximální rychlost větru	25 m/s
hraniční rychlost větru	23 m/s
třída větru	IEC IIA; IEC S
rozsah provozních teplot standartní turbíny	-20 °C až 40 °C
rozsah provozních teplot nízko-teplotní turbíny	-30°C až 40 °C

Hlučnost

maximální	104 dB
-----------	--------

Rotor

průměr	90m
plocha	6,362 m ²
vzduchová brzda	plno-lopátková

Elektrické parametry

frekvence	50/60 Hz
typ generátoru	4 – pólový/6 – pólový

Převodovka

typ	vícestupňová
-----	--------------

Stožár

typ	ocelový stožár
výška k rotoru	105 m (IEC IIA)

Rozměry gondole

výška pro transport	4 m
---------------------	-----

instalovaná výška	5,4 m
délka	10,4 m
šířka	3,5 m
Rozměry rotoru	
maximální výška při transportu	3,4 m
maximální šířka při transportu	4 m
maximální délka při transportu	4,2 m
Rozměry listů	
délka	44 m
maximální šířka	3,9 m
maximální váha pro transport	70 tun

6. Výsledky práce

Podle postupu práce popsaného v kapitole 4. Metodika bylo pracováno s šesti satelitními snímky s termálním pásmem. Tři snímky odpovídají časovému období před výstavbou větrné elektrárny, tedy před rokem 2012. Zbylé tři snímky byly vytvořeny po výstavbě větrné farmy.

Snímky byly voleny dle ročního období. Snímky ze zimního období nebyly využívány kvůli možnosti výskytu sněhové pokrývky a tím pádem i možného znehodnocení výsledných dat.

6.1 Blízké okolí stavby

Dle již zmíněných programů a nástrojů byly zjištěny následující hodnoty k dané oblasti pro každý den zvlášť.

Výsledky před výstavbou větrné elektrárny:

- Dne 5. 9. 2005 byl snímek pořízen v čase 9:51 SEČ, UTC+2. Minimální naměřená teplota byla 18,6°C, maximální teplota 23,1 °C, rozdíl uvedených teplot (maximální – minimální) 4,57 °C, střední hodnota (medián) 20,19 °C, směrodatná odchylka 1,068.
- Dne 24. 9. 2006 byl snímek pořízen v čase 9:57 SEČ, UTC+2. Minimální naměřená teplota byla 16,7 °C, maximální teplota 23,6 °C, rozdíl uvedených teplot (maximální – minimální) 6,89 °C, střední hodnota (medián) 19,08 °C, směrodatná odchylka 1,564.
- Dne 31. 8. 2009 byl snímek pořízen v čase 9:52 SEČ, UTC+2. Minimální naměřená teplota byla 14,3 °C, maximální teplota 23,1 °C, rozdíl uvedených teplot (maximální – minimální) 8,83 °C, střední hodnota (medián) 17,53 °C, směrodatná odchylka 2,257.

Výsledky po výstavbě větrné elektrárny:

- Dne 25. 3. 2015 byl snímek pořízen v čase 10:02 SEČ, UTC+2. Minimální naměřená teplota byla 8,0 °C, maximální teplota 13,6 °C, rozdíl uvedených teplot (maximální – minimální) 5,66 °C, střední hodnota (medián) 10,55 °C, směrodatná odchylka 1,318.

- Dne 1. 9. 2015 byl snímek pořízen v čase 10:02 SEČ, UTC+2. Minimální naměřená teplota byla 23,7 °C, maximální teplota 29,4 °C, rozdíl uvedených teplot (maximální – minimální) 5,66°C, střední hodnota (medián) 25,54 °C, směrodatná odchylka 1,433.
- Dne 3. 10. 2015 byl snímek pořízen v čase 10:03 SEČ, UTC+2. Minimální naměřená teplota byla 12,7 °C, maximální teplota 19,5 °C, rozdíl uvedených teplot (maximální – minimální) 6,84 °C, střední hodnota (medián) 15,65 °C, směrodatná odchylka 1,638.

Pokud sečteme jednotlivé hodnoty směrodatných odchylek před výstavbou a po výstavbě, máme možnost porovnání kolísání teplot pro daná období:

Směrodatná odchylka před výstavbou: 4,889

Směrodatná odchylka po výstavbě: 4,390

6.2 Širší okolí stavby

Kromě hodnot využitých v první analýze pro blízké okolí stavby jsou využity hodnoty z prostoru 20 km okolo větrné farmy.

Výsledky před výstavbou větrné elektrárny:

- Dne 5. 9. 2005 - Minimální naměřená teplota byla 18,6 °C, maximální teplota 23,6 °C, rozdíl uvedených teplot (maximální – minimální) 5,02 °C, střední hodnota (medián) 20,36 °C, směrodatná odchylka 1,091.
- Dne 24. 9. 2006 - Minimální naměřená teplota byla 16,7 °C, maximální teplota 23,6 °C, rozdíl uvedených teplot (maximální – minimální) 6,89 °C, střední hodnota (medián) 18,94 °C, směrodatná odchylka 1,497.
- Dne 31. 8. 2009 - Minimální naměřená teplota byla 14,3 °C, maximální teplota 23,1 °C, rozdíl uvedených teplot (maximální – minimální) 8,83 °C, střední hodnota (medián) 17,45 °C, směrodatná odchylka 2,158.

Výsledky po výstavbě větrné elektrárny:

- Dne 25. 3. 2015 - Minimální naměřená teplota byla 8,0 °C, maximální teplota 13,6 °C, rozdíl uvedených teplot (maximální – minimální) 5,65 °C, střední hodnota (medián) 10,41 °C, směrodatná odchylka 1,337.
- Dne 1. 9. 2015 - Minimální naměřená teplota byla 23,76 °C, maximální teplota 28,9 °C, rozdíl uvedených teplot (maximální – minimální) 5,74°C, střední hodnota (medián) 25,41 °C, směrodatná odchylka 1,356.
- Dne 3. 10. 2015 - Minimální naměřená teplota byla 12,8 °C, maximální teplota 19,2 °C, rozdíl uvedených teplot (maximální – minimální) 6,84 °C, střední hodnota (medián) 15,28 °C, směrodatná odchylka 1,546.

Veškerá výše uvedené hodnoty jsou znázorněny níže v jednotlivých tabulkách obr. 12, 13, 14 a 15.

		Minimální naměřená hodnota	Maximální naměřená hodnota	Rozsah hodnot (max-min)	Střední hodnota	Směrodatná odchylka
05.09.2005	Blízké okolí - 427,5 m	18.58	23.15	4.57	20.19	1.07
	Širší okolí - 20 km	18.58	23.59	5.02	20.36	1.09
24.09.2006	Blízké okolí - 427,5 m	16.70	23.59	6.89	19.08	1.56
	Širší okolí - 20 km	16.70	23.59	6.89	18.94	1.50
31.08.2009	Blízké okolí - 427,5 m	14.31	23.15	8.83	17.53	2.26
	Širší okolí - 20 km	14.31	23.15	8.83	17.45	2.16

Obr. 12: Tabulka znázorňující veškeré hodnoty získané z obou analýz pro dobu před výstavbou větrné farmy.

Suma směrodatné odchylky před výstavbou	Blízké okolí - 427,5 m	4.89
	Širší okolí - 20 km	4.75

Obr. 13: Tabulka se sumami směrodatné odchylky před výstavbou větrné farmy.

		Minimální naměřená hodnota	Maximální naměřená hodnota	Rozsah hodnot (max-min)	Střední hodnota	Směrodatná odchylka
25.03.2015	Blízké okolí - 427,5 m	7.98	13.64	5.66	10.55	1.32
	Širší okolí - 20 km	8.05	13.56	5.65	10.41	1.34
01.09.2015	Blízké okolí - 427,5 m	23.70	29.36	5.66	25.54	1.43
	Širší okolí - 20 km	23.63	28.90	5.74	25.41	1.36
03.10.2015	Blízké okolí - 427,5 m	12.69	19.52	6.84	15.65	1.64
	Širší okolí - 20 km	12.79	19.23	6.84	15.28	1.55

Obr. 14: Tabulka znázorňující veškeré hodnoty získané z obou analýz pro dobu před výstavbou větrné farmy.

Suma směrodatné odchylky po výstavbě	Blízké okolí - 427,5 m	4.39
	Širší okolí - 20 km	4.24

Obr. 15: Tabulka se sumami směrodatné odchylky po výstavbě větrné farmy.

7. Diskuze

Práce se zaměřila na klimatické změny v okolí větrné elektrárny v k. ú. Horní Paseky. Dle získaných výsledných dat prezentovaných v kapitole 6. Výsledky práce, lze usoudit, že výstavba větrné farmy nemá vliv na klimatické změny. Tuto skutečnost můžeme tvrdit díky hodnotám směrodatných odchylek před výstavbou a po ní. Hodnota směrodatné odchylky je zde ukazatelem možných teplotních změn, protože znázorňuje naměřený rozsah hodnot, neboli škálu hodnot, které se v řešeném území nacházejí (jejich minimální a maximální hodnoty). Směrodatná odchylka před výstavbou v blízkém okolí byla 4,889, po výstavbě 4,390. Hodnota sice klesla, ale nikterak prudce. Proto lze soudit, že výstavba větrné farmy v tomto případě nemá vliv na okolí a jeho klimatické podmínky.

Pokud srovnáme hodnoty směrodatných odchylek z blízkého okolí s hodnotami z širšího okolí, vidíme, že ani tyto hodnoty si nejsou výrazně odlišné. To podporuje stejný závěr jako z první analýzy, že větrná farma nemá vliv na teplotní podmínky v okolí.

7.1 Klimatické změny

Výsledky této práce nekorrespondují s výsledky, kterých dosáhli odborníci ve svých vydaných pracech zaměřených na dopady větrných farem. Zhou (Zhou et al. 2012) ve své práci uvádí, že teplota povrchu v okolí stavby se změnila o 0,72 °C. Tyto rozdíly byly zaznamenány především v nočních hodinách. Práce od Zhou se zaměřila na čtvrtou největší větrnou farmu na světě v té době, která se nachází v americkém Texasu. Studie Walsh-Thomase (Walsh-Thomas, Jenell M. , Guido Cervone, Peggy Agouris 2012), která se zaměřila na větrnou elektrárnu v americké Kalifornii, konstatovala, že teploty na jižní a západní části, které jsou po větru, byly vyšší než severní a východní části, která je proti větru a to o 4 až 8 °C.

7.2 Družicové snímky

Tato práce pracovala se snímky vyhotovenými v dopoledních hodinách, dle možných prostředků družic Landsat. Družice tvoří snímky v šestnácti denních cyklech. Zahraniční práce využívaly data ze senzoru MODIS, který je schopný pořídit snímky jednou za dva dny. Díky takto vysoké frekvenci je možné využít vyšší množství dat, která jsou pro výzkum klíčová.

Snímky z termální družice Landsat mají v současnosti nejlepší možné rozlišení 100 m, resp. 120 m, snímky ze senzoru MODIS mají rozlišení pouze 1 000 m.

7.3 Větrná farma

Rozdílné výsledky této práce, oproti již zmíněným pracím může být zapříčiněno například tím, že zmíněné práce zkoumaly, jak již bylo řečeno, rozsáhlé větrné parky s několika desítkami větrných elektráren na jedné ploše a s tisíce násobnou kapacitou výkonu. Tato práce se zaměřila na farmu s 5 větrníky. Lze tedy předpokládat, že celkový počet větrných elektráren ve farmě je pro studii podstatný.

Kromě vyššího počtu větrníků na ploše je také rozdílná výška jejich stožáru. Americké větrné farmy se skládají z různých typů elektráren (např. GE Wind Energy - GE 1.5MW, Siemens- Siemens 2.3MW, Mitusbushi 1-MW) o výšce okolo 60 m, 80 m, 50 m, 69 m. Díky jejich menší velikosti je možné větrníky stavět ve větší hustotě viz obr. 13. I tento faktor může mít vliv na výsledné hodnoty výzkumu.



Obr. 16: Větrná farma San Gorgonio Pass v Kalifornii. Převzato (Jauréguiberry 2009).

7.4 Okolní krajina

Zájmová větrná farma se nachází ve výšce 700 m. n. m. v hornaté oblasti s vegetačním pokryvem luk a smíšených lesů. Lesy jsou známy svojí klimatickou funkcí, kdy jsou schopny si poměrně stabilně a dlouhodobě udržovat stálou teplotu na úkor okolního prostředí. Heterogenita krajiny se výrazně liší od takřka homogenní krajiny ve výzkumech zmiňovaných výše. Ve výzkumech jsou farmy nejčastěji vybudovány v suchých oblastech (pouště, stepi), kde je povrch pokryt nízkou vegetací, nebo dokonce vegetací žádnou.

8. Závěr a přínos práce

Tato diplomová práce zkoumala možný vliv větrné farmy v k. ú. Horní Paseky na teplotní podmínky v okolí stavby. Možné změny mohly být zapříčiněny změnou turbulentního proudění větru díky pohybu rotujících listů samotné větrné elektrárny. Práce využila poznatky ze studií, které se zaměřily na simulaci vlivu výstavby větrné elektrárny na vrstvy vzduchu v okolním prostředí (Chamorro a Porté-Agel 2010; Porté-Agel et al. 2011).

Pro práci byly vytvořeny dvě zájmové plochy. První plocha byla využita pro analýzu, ve které se pracovalo s plochou pro blízké okolí (vzdálenost 427,5 m od stavby). Při porovnání hodnot směrodatných odchylek před výstavbou a po výstavbě bylo možné dojít k závěru, že větrná farma nemá vliv na teplotní podmínky v okolí. Stejný výsledek potvrdila i druhá analýza, která zkoumala změny teplotních hodnot v porovnání s širším okolím (vzdálenost 20 km).

Proto lze díky výsledkům předpokládat, že farmy s nízkým počtem větrníků nemusejí mít vliv na teplotní podmínky v blízkém okolí. Tyto výsledky lze využít pro argumentaci při realizaci nových projektů na podporu obnovitelných zdrojů energie. V budoucnu by bylo zajímavé stanovit hraniční počet větrných elektráren na plochu, při které je již vliv stavby na teplotní podmínky okolí patrný.

9. Přehled literatury a použitých zdrojů

Odborné publikace

- Abrams, M. a S. Hook. 2002. „ASTER User Handbook Version 2". *Jet Propulsion* 2003(23/09/2003):135. Získáno (Abrams2002NASA.pdf).
- Armstrong, Alona et al. 2016. „Ground-level climate at a peatland wind farm in Scotland is affected by wind turbine operation". *Environmental Research Letters* 11(4).
- Aspinall, R. 1990. „An integrated approach to land evaluation: Grampian region." Získáno: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19920658207>.
- Asrar, G. 1989. *Theory and applications of optical remote sensing*.
- Bell, Derek, Tim Gray, a Claire Haggett. 2005. „The ‚social gap‘ in wind farm siting decisions: Explanations and policy responses". *Environmental Politics* 14(4):460–77.
- Campbell, James B. 1996. *Introduction to Remote Sensing*.
- Cetkovský, Frantál, Štekl. 2010. *Větrná energie v České republice*. Ústav geoniky Akademie věd ČR.
- Chamorro, Leonardo P. a Fernando Porté-Agel. 2010. „Effects of Thermal Stability and Incoming Boundary-Layer Flow Characteristics on Wind-Turbine Wakes: A Wind-Tunnel Study". *Boundary-Layer Meteorology* 136(3):515–33.
- Devine-Wright, Patrick. 2005. „Beyond NIMBYism: towards an integrated framework for understanding public perceptions of wind energy". *Wind Energy* 8(2):125–39. Získáno (<http://doi.wiley.com/10.1002/we.124>).
- Dobrila Simić. 2010. „Guidelines on the Environmental Impact Assessment". (June):68.
- Dobrovolný, Petr. 1998. „Dálkový průzkum Země, Digitální zpracování obrazu".
- Dobrovolný, Petr. 2002. „Vybrané kapitoly z DPZ III Petr Dobrovolný". 1–6.
- Erickson, Wallace P. et al. 2001. „Avian collisions with wind turbines: a summary of existing studies and comparisons to other sources of avian collision mortality in the United States". *National Wind Coordinating Committee, Western EcoSystems Technology Inc.* 62.
- Halounová, Lena a Karel Pavelka. 2008. „Dálkový průzkum země".

- Harris, Ronald A., Liming Zhou, a Geng Xia. 2014. „Satellite observations of wind farm impacts on nocturnal land surface temperature in Iowa". *Remote Sensing* 6(12):12234–46.
- Horst, D. VAN der. 2009. „Spatial planning of wind turbines and the limits of ‘objective’ science." *Moravian Geographical Reports*.
- Iucn, Hutson a Katie Parsons Bct. 2006. „11 th Meeting of the Advisory Committee Report of the Intersessional Working Group on Wind Turbines and Bat Populations". (May):8–10.
- Jauréguiberry, Xavier de. 2009. „No San Gorgonio Pass Wind Farm, Desert Hot Springs, CA". Získáno: <https://www.flickr.com/photos/25831000@N08/4342146132>.
- Jianu, Ofelia. 2012. „Noise Pollution Prevention in Wind Turbines: Status and Recent Advances". Získáno: <http://www.mdpi.com/2071-1050/4/6/1104/htm>.
- Jirásk, Aleš. 2009. „Hluková studie".
- Kaldellis, J. K., D. Zafirakis, V. Stavropoulou, a El. Kaldelli. 2012. „Optimum wind- and photovoltaic-based stand-alone systems on the basis of life cycle energy analysis". *Energy Policy* 50:345–57. Získáno 27. březem 2018 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421512006106>.
- Knopper, Loren D. a Christopher A. Ollson. 2011. „Health effects and wind turbines: A review of the literature". *Environmental Health: A Global Access Science Source* 10(1):78. Získáno <http://www.ehjournal.net/content/10/1/78>.
- Kočvara, Radim. 2010. „Přehled výsledků sledování mortality ptáků a netopýřů v souvislosti s provozem VTE na území ČR v letech 2006–2010". 256–62.
- Langston, Rowena H. W. a J. D. Pullan. 2003. „Windfarms and Birds: an analysis of the effects of windfarms on birds, and guidance on environmental assessment criteria and site selection issues". *Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats* 23rd meeti(September 2003):1–58.
- Lapčík, Vladimír. 2011. „Oceňování antropogenních vlivů na životní prostředí".
- Lapčík, Vladimír. 2009. *Průmyslové technologie a jejich vliv na životní*

prostředí. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Hornicko-geologická fakulta, Institut environmentálního inženýrství.

- LÖW, J. et al. 2007. „Větrné elektrárny Rozstání. Oznámení dle přílohy č.4 zákona č. 100/2001 Sb.“
- Petříček V., Macháčková K, 2000. „Posuzování záměru výstavby větrných elektráren v krajině“. *Metodické doporučení AOPK ČR*.
- Porté-Agel, Fernando, Yu-Ting Wu, Hao Lu, a Robert J. Conzemius. 2011. „Large-eddy simulation of atmospheric boundary layer flow through wind turbines and wind farms“. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 99(4):154–68. Získáno 28. březen 2018 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167610511000134>.
- Quitt, Evžen. 1971. *Klimatické oblasti Československa*.
- Ragheb, M. 2013. „Historical wind generators machines“. (Dc).
- Rajewski, Daniel Andrew. 2013. „CWEX (Crop/Wind-Energy Experiment): Measurements of the interaction between crop agriculture and wind power“. 182.
- Rodrigues, Luísa, Lothar Bach, Marie-Jo Dubourg-Savage, a Jane Goodwin. 2014. *Guidelines for consideration of bats in wind farm projects Revision 2014*.
- Ryvolová, Ivana a Alena Zemplerová. 2010. „Ekonomie obnovitelných zdrojů energie -- potenciál větrné energie v České republice“. *Politická ekonomie* (6):814–25.
- Sequens, Edvard a Petr Holub. 2004. „Větrné elektrárny: mýty a fakta“. 32.
- Slawsky, Lauren M. et al. 2015. „Observed thermal impacts of wind farms over northern Illinois“. *Sensors (Switzerland)* 15(7):14981–5.
- Stanislav Cetkovský, Eva Nováková. 2008. „Přístupy k hodnocení vlivu větrných elektráren na krajinný ráz s využitím nástrojů GIS a 3D.“ *ZO ČSOP Veronica*.
- Štekl, Josef. 1999. „Hluk emitovaný větrnými elektrárnami a jeho šíření“.
- Stephens, Ric. 2005. „From NIMBYs To DUDEs: The Wacky World Of Planners“. Získáno <https://www.planetizen.com/node/152>.
- Tabassum, A., M. Premalatha, Tasneem Abbasi, a S. A. Abbasi. 2014. „Wind energy: Increasing deployment, rising environmental concerns“. *Renewable*

and Sustainable Energy Reviews 31:270–88. Získáno <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2013.11.019>.

- Terry C. Daniel, Joanne Vining. 1983. „Methodological Issues in the Assessment of Landscape Quality“. Získáno 21. březen 2018 https://www.researchgate.net/publication/232546231_Methodological_Issues_in_the_Assessment_of_Landscape_Quality.
- Vorel, I., R. Bukáček, P. Matějka, M. Culek, a Sklenička P. 2004. „Metodický postup posouzení vlivu navrhované stavby, činnosti nebo změny využití území na krajinný ráz“.
- Vorel, Ivan. 2009. „VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY A CHARAKTER , RÁZ A IDENTITA“.
- Walsh-Thomas, Jenell M. , Guido Cervone, Peggy Agouris, Germana Manca. 2012. „Further evidence of impacts of large-scale wind farms on land surface temperature“. *Nature Climate Change*.
- Wang, C. a R. G. Prinn. 2010. „Potential climatic impacts and reliability of very large-scale wind farms“. *Atmospheric Chemistry and Physics* 10(4):2053–61.
- Wang, Shifeng a Sicong Wang. 2015. „Impacts of wind energy on environment: A review“. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 49(2015):437–43.
- Wetstone, Greg et al. 2016. *Renewables 2016 global status report 2016*.
- Xia, Geng et al. 2016. „A case study of effects of atmospheric boundary layer turbulence, wind speed, and stability on wind farm induced temperature changes using observations from a field campaign“. *Climate Dynamics* 46(7–8):2179–96.
- Zhou, Liming et al. 2012. „Impacts of wind farms on land surface temperature“. *Nature Climate Change* 2(7):539–43.

Legislativní zdroje

- Nařízení vlády 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, v platném znění

- Vyhláška 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů, v platném znění
- Zákon 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů), v platném znění

Internetové zdroje

- Anonym. 2018. „Město Aš". Získáno 11. únor 2018 <http://www.muas.cz/>.
- Anonym. 2008. „Obce Ašska v proměnách času". Získáno 11.2.2018.
- ArcData. 2018. „Landsat". Získáno 21. březen 2018 <https://www.arcdata.cz/produkty/geograficka-data/druzicova-data/landsat>.
- Brož, Jan. 2017. „Vzniká na dlouhou dobu poslední větrný park. Firma chce využít výjimky." www.idnes.cz. Získáno 21. březen 2018 https://ekonomika.idnes.cz/zacala-stavba-vetrne-elektrarny-vaclavice-fj0-/ekonomika.aspx?c=A170615_104500_ekonomika_ozr.
- ČEZ. 2018. „Historie". Získáno <http://www.pro-vetrniky.cz/cs/otazky-a-odpovedi.html>.
- CHMI. 2018. „NOAA". Získáno 18. únor 2018 <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/sat/info/NOAA.html>.
- ČSVE. 2018. „Česká společnost pro větrnou energii". Získáno <http://www.csve.cz/>.
- ČÚZK. 2018. „CUZK". Získáno <http://www.cuzk.cz/>.
- Esa. 2018. „Sentinel - 3". Získáno 21. březen 2018 http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-3.
- ESA - earth. 2018. „METEOSAT". Získáno 21. březen 2018 <https://earth.esa.int/web/guest/esaumetsat/msg>.
- Evropská Komise. 2008. „Nařízení". Získáno <https://www.vlada.cz/scripts/detail.php?id=30226>.
- Gebauer, Pavel. 2008. „Role větrné energetiky v ČR: Plnění cílů vs. přínos pro energetickou bilanci." Získáno http://www.stop-vetrnikum.webz.cz/download/vetrne_elektrarny.mpo.pdf.

- Geoimage. 2018. „Aster“. Získáno 21. březen 2018 <https://www.geoimage.com.au/satellite/aster>.
- GISAT. 2018. „No Title“. Získáno <http://gisat.cz/content/cz/dpz/prehled-druzicovych-systemu>.
- GOV. 2018. „Družice Sentinel“. Získáno 21. březen 2018 <http://copernicus.gov.cz/druzice-sentinel>.
- Kopecný, Milan. 2007. „Větrné elektrárny a ceny nemovitostí“. Získáno 21. únor 2018 http://www.rozhlas.cz/radiozurnal/publ_izurnal/_zprava/392762.
- NASA. 2018a. „AVIRIS“. Získáno <https://aviris.jpl.nasa.gov/index.html>.
- NASA. 2018b. „MODIS“. Získáno 21. březen 2018 <https://modis.gsfc.nasa.gov/>.
- NASA. 2018c. „VIIRS“. Získáno 21. březen 2018 www.jointmission.gsfc.nasa.gov/viirs.
- Raytheon. 2018. „VIIRS“. Získáno <https://www.raytheon.com/capabilities/products/viirs/>.
- Satimagingcorp. 2018. „ASTER“. Získáno 21. březen 2018 <https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/other-satellite-sensors/aster/>.
- USGS. 2017. „EarthExplorer“. Získáno <https://earthexplorer.usgs.gov/>.
- Vestas. 2018. „VESTAS V90“. Získáno 14. březen 2018 https://www.vestas.com/en/products/turbines/v90-2_0_mw#!technical-specifications.
- Větrník, Pension. 2018. „Historie - fotografie“. Získáno http://www.restauracevetrnik.cz/foto_old.htm.

Ostatní zdroje

- Cenia. 2018. „Mapový podklad“. Získáno 12. únor 2018 <http://www1.cenia.cz/www/>.
- ERÚ. 2015. „Roční zpráva o provozu ES ČR 2014“. 31. Získáno http://www.eru.cz/documents/10540/462820/Rocni_zprava_provoz_ES_2014.pdf/933fc41a-ad79-4282-8d0f-01eb25a63812.
- Global Wind Energy Council. 2018. „GLOBAL WIND STATISTICS 2017 Global Wind Energy Council“. Získáno <http://gwec.net/wp->

content/uploads/vip/GWEC_PRstats2017_EN-003_FINAL.pdf.

- INSPIRE. 2018. „Národní geoportál INSPIRE - Mapový podklad". Získáno <https://geoportal.gov.cz/web/guest/map>.
- Tolasz, Radim. 2007. *Atlas podnebí Česka*.
- VÚMOP. 2018. „VUMOP". Získáno 13. únor 2018 (<https://mapy.vumop.cz>).