



Regionální centrum EIA s.r.o.
Environmental Impact Assessment

Chelčického 4, 702 00 Ostrava, Česká republika, tel., fax: +420 596 114 440, tel.: 596 114 469
e-mail: rimmel@rceia.cz, <http://www.rceia.cz>

Název zakázky: Větrné elektrárny Dívčí Hrad
Číslo zakázky: 21403
Objednatel: OSTWIND CZ, s.r.o.

Posouzení flicker efektu
Větrné elektrárny Dívčí Hrad

Zpracovala: **Ing. Petra Bestová**

Kontroloval a schválil: **Ing. Vladimír Rimmel**

osvědčení odborné způsobilosti MŽP ČR č.j. 3108/479/opv/93
prodlouženo rozhodnutím MŽP ČR č.j. 2586/ENV/11 z 23.2. 2011

Ostrava, duben 2014

Výtisk č.

OBSAH

1. ÚVOD	4
2. DEFINICE TERMÍNU	4
2.1 Stroboskopický efekt	4
2.2 Flicker efekt	4
3. PŮSOBENÍ NA ČLOVĚKA	5
3.1 Fotosenzitivní epilepsie	5
3.2 Další vlivy na člověka	6
4. METODICKÝ POSTUP	7
5. POSUZOVANÝ ZÁMĚR	8
5.1 Typy větrných elektráren	8
6. PŘEDPOKLADY VÝPOČTU SHADOW FLICKERU	9
6.1 Výpočtové receptory – kontrolní místa	9
6.2 Předpoklady výpočtu	10
6.3 Kumulace záměrů	11
7. VYHODNOCENÍ EFEKTU NA POSUZOVANÉ LOKALITĚ	12
7.1 Rozsah a intenzita stínů	12
7.2 Frekvence stínů	13
7.3 Časové působení flickeru	14
7.4 Kontrolní místa - slovní hodnocení	16
8. CELKOVÉ VYHODNOCENÍ A ZÁVĚR	18
9. INFORMAČNÍ ZDROJE	20
10. PŘÍLOHY	20

SEZNAM OBRÁZKŮ

OBRÁZEK 1: SHADOW FLICKER EFEKT	5
OBRÁZEK 2: ZOBRAZENÍ RECEPTORŮ	9
OBRÁZEK 3: MAPA EFEKTU PRO TYP VESTAS V126	12
OBRÁZEK 4: ZOBRAZENÍ KONTROLNÍCH MÍST B A C NA FOTOSNÍMKU	16
OBRÁZEK 5: DETAIL LOKALITY B - SÁDEK Č.P. 31	17
OBRÁZEK 6: DETAIL LOKALITY C - SÁDEK Č.P. 30	17

SEZNAM TABULEK

TABULKA 1: SOUŘADNICE VĚTRNÝCH ELEKTRÁREN	8
TABULKA 2: SOUŘADNICE RECEPTORŮ NA KONTROLNÍCH MÍSTECH	9
TABULKA 3: VÝPOČTOVÁ VZDÁLENOST PRO JEDNOTLIVÉ TYPY VĚTRNÝCH ELEKTRÁREN	10
TABULKA 4: FREKVENCE STÍNŮ PRO JEDNOTLIVÉ TYPY VTE	13
TABULKA 5: HLAVNÍ VÝSLEDKY VÝPOČTU	15
TABULKA 6: VÝSKYT STÍNŮ V ROCE	15

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA 1: VRH STÍNU (ČÁST PROGRAMOVÉHO MANUÁLU WINDPRO – MODUL SHADOW)

VÝSTUPY Z VÝPOČTŮ PRO JEDNOTLIVÉ TYPY VĚTRNÝCH ELEKTRÁREN (HLAVNÍ VÝSLEDEK, KALENDÁŘ RECEPTORY, GRAFICKÝ KALENDÁŘ RECEPTORY, KALENDÁŘ VTE, GRAFICKÝ KALENDÁŘ VTE, MAPA)

PŘÍLOHA 2: VESTAS V112/3.0 MW

PŘÍLOHA 3: VESTAS V126/3.3 MW

PŘÍLOHA 4: VENSYS V120/3.0 MW

PŘÍLOHA 5: NORDEX N117/3 MW

PŘÍLOHA 6: NORDEX N131/3 MW

1. ÚVOD

Předmětná studie je vypracována na základě smlouvy o dílo č. 21403 pro společnost OSTWIND CZ, s.r.o. a je koncipována jako součást dokumentace záměru „Větrné elektrárny Dívčí Hrad“ ve smyslu § 8 zákona č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí.

Cílem práce je posouzení možného flicker efektu dvou plánovaných větrných elektráren v blízkosti obce Dívčí Hrad na Osoblažsku na okolní populaci a faktor pohody.

2. DEFINICE TERMÍNU

Flicker efekt nebo dříve užívaný pojem stroboskopický efekt (jev) je označení objevující se v české terminologii v souvislosti s větrnými elektrárnami.

2.1 STROBOSKOPICKÝ EFEKT

Podle bývalé ČSN 360000 „Světelné technické názvosloví“ je stroboskopickým efektem míněn optický klam, při němž pravidelně se pohybující předmět se pohybuje zdánlivě jinou rychlostí než skutečnou a případně se zastaví.

Podle ČSN EN 12665 „Světlo a osvětlení – Základní termíny a kritéria pro stanovení požadavků na osvětlení“ je uvedeno, že stroboskopickým jevem je zdánlivá změna pohybu nebo vzhledu pohybujícího se objektu při jeho osvětlení světlem proměnné intenzity. Tento jev však pohybující se rotor větrné elektrárny, případně stíny dopadající na okolní krajinu **neprodukuje**.

2.2 FLICKER EFEKT

Z českých norem (ČSN) jsou použitelné následující termíny:

Flicker podle ČSN IEC 50 (845) je subjektivní dojem nestálosti vjemu způsobený světelným podnětem, jehož jas nebo spektrální složení kolísá.

Míhání světla (flicker) podle ČSN EN 12665 „Světlo a osvětlení – Základní termíny a kritéria pro stanovení požadavků na osvětlení“ je subjektivní dojem nestálosti zrakového vjemu způsobený světelným podnětem, jehož jas nebo spektrální složení kolísá.

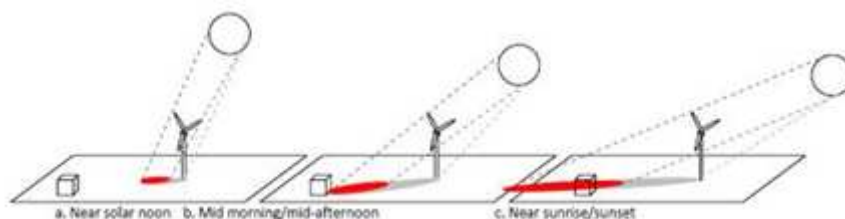
Podle uvedených definic je zřejmé, že název stroboskopický efekt v souvislosti s větrnými elektrárnami není zcela přesný a měl by se užívat termín míhání světla (stínů) neboli (shadow) flicker efekt, který je používán v zahraniční literatuře, a proto bude používán i v této práci.

Ve vztahu k větrným elektrárnám lze ho specifikovat jako optický jev, který vzniká při průniku slunečního záření přes otáčející se listy rotoru směrem k pozorovateli. Tohoto optického efektu může být dosaženo pouze při určitých meteorologických podmínkách – čelní nebo úhlové natočení rotoru směrem k pozorovateli, nestíněném slunečním svitu.

V německé literatuře se také v této souvislosti objevuje termín **discoefekt**, kterým je tak občas označován i jev, vyvolávaný odlesky a záblesky slunečního světla na plochách listů rotoru při určitém úhlu jejich nasvícení. U současných elektráren je tento efekt téměř beze

zbytku eliminován jejich povrchovou úpravou (matně šedý nátěr) a je prakticky nevnímátný a jeho hodnocení je tudíž irrelevantní.

Obrázek 1: Shadow flicker efekt



Zdroj: <http://www.energybridge.ie>

Vliv flickeru na své okolí závisí na výšce rotoru a rychlosti otáčivého pohybu, úhlu nasvícení rotoru, vzdálenosti nejbližších obytných sídel.

3. PŮSOBENÍ NA ČLOVĚKA

Shadow flicker efekt jako efekt míhání stínů se posuzuje s ohledem na vznik fotosenzitivní epilepsie a na rušivé změny jasů předmětů v zorném poli člověka. Rušivě může tento efekt působit jak ve vnitřním, tak i ve venkovním prostředí.

3.1 FOTOSENZITIVNÍ EPILEPSIE

Epilepsie je onemocnění, resp. soubor příznaků, signalizujících poruchu činnosti mozku. Projevuje se různými typy specifických záchvatů, které jsou nebezpečné ani ne tak vlastním průběhem, jako tím, že postižený člověk je na kratší či delší chvíli v bezvědomí nebo ve stavu změněného vědomí a nemůže pokračovat v činnosti, kterou právě vykonával. To může mít v řadě případů fatální následky, např. při řízení motorového vozidla, práci s elektrickými nástroji v dílně, ale i při dětských hrách (prolézačky apod.). Nejméně 5 % všech lidí prodělá v průběhu svého života alespoň jeden epileptický záchvat; pojmem epilepsie se ovšem označuje teprve jejich častější opakování. I tak je epilepsie onemocnění poměrně časté: postihuje 0,5 – 1 % populace.

Ke vzniku epileptického záchvatu může přispět řada okolností (nedostatek spánku, horečka, vyčerpání, některé léky, alkohol atd.). Existuje ovšem i zvláštní forma epilepsie, tzv. **fotosenzitivní epilepsie**, při níž jsou záchvaty vyvolávány blikajícím nebo kolísajícím světlem, případně určitými kombinacemi statických nebo pohybujících se kontrastních geometrických tvarů, např. pruhů, šachovnic apod. U osob postižených touto formou onemocnění patrně chybí nebo je vážně poškozen mechanismus kontroly kontrastů. [3], [4]

Záchvaty při fotosenzitivní epilepsii bývají často iniciovány např.:

- televizní nebo počítačovou obrazovkou (klipy s rychlými střihy, kontrastní animace, hry)
- zdroji světla, blikajícími nebo kolísajícími s nízkou frekvencí
- slunečním světlem, probleskujícími linií stromů při jízdě automobilem

- sledováním světel v oknech projíždějícího vlaku
- záblesky slunce na zvlněné vodní hladině
- stroboskopickými světly diskoték nebo výstražnými majáčky, jsou ale popsány i případy, vyvolané např. sledováním jedoucího eskalátoru

Základními faktory, ovlivňujícími fotosenzitivní reakce jsou:

- frekvence blikání (kolísání) zdroje – značně variabilní parametr, ale obvykle se pohybuje
- v rozmezí 5–30 Hz (96 % pacientů reagovalo na frekvence v rozmezí 20–30 Hz
- občas bývá i vyšší; nižší frekvence se uplatňují pouze vzácně
- intenzita (kontrast) – ve většině případů je nutný vysoký kontrast světlo/tma nebo intenzivní
- kontrast barev u geometrických tvarů
- světelné pozadí (tzn. zda se událost odehrává v temném nebo osvětleném prostředí)
- vlnová délka světla

Fotosenzitivní epilepsie je poměrně velmi vzácná forma onemocnění: je vyvinuta pouze u 5 % z postižené části populace (resp. u 0,025 % celkové populace). Citlivost je vyšší u dětí a snižuje se s věkem, u lidí nad 25 let je ojedinělá. [7]

3.2 DALŠÍ VLIVY NA ČLOVĚKA

Míhání stínů vrtule v blízkosti větrné elektrárny nebo míhání světla při přímém pohledu na ni, může působit rušivě vlivem cyklických změn jasů předmětů. Osoby vnímavé k poruchám rovnováhy, závratím a kinetóze mohou pociťovat nauseu a poruchy rovnováhy.

Faktory, které ovlivňují vznik a výši shadow flicker efektu jsou:

- převládající směr větru a následné umístění rotující lopatky
- výška větrných elektráren a průměr rotoru
- rychlost otáčení
- vzdálenost mezi turbínou a subjektem
- zasahující vegetace a působení efektu zvláště při nízkých výškách slunce
- výška slunce nad horizontem a směr slunce, neboť nízký úhel v zimě má schopnost produkovat dlouhé stíny a ovlivnit více objektů
- množství jasných dnů slunečního svitu
- orientace posuzovaného objektu a jeho vnitřní dispozice, která má vliv na výskyt efektu ve vnitřním prostoru

4. METODICKÝ POSTUP

V České republice hodnocení flicker efektu není dosud formálně ani obsahově upraveno závaznou právní nebo metodickou normou a nejsou stanoveny ani příslušné hygienické normy.

Pro potřeby posuzování vlivů záměrů na životní prostředí podle zákona č. 100/2001 Sb. byla RNDr. Petrem Obstem při hodnocení větrných farem vyvinuta a postupně zpřesňovaná metodika a softwarový systém G.L.I SHADE, který sám autor používá při hodnocení větrných parků. [8]

Jiní zpracovatelé posouzení vycházejí z obdobných matematických výpočtových modelů provedených programem WindPRO (specializovaným softwarovým prostředím pro výpočty při plánování a realizaci záměrů větrných elektráren) a dále se pak soustředí na vyhodnocení základních faktorů jevu.

Jedná se o tyto faktory:

- rozsah a intenzitu
- frekvenci
- časové působení
- vymezení potencionálně problémových částí území

I v této studii je zvolen shodný metodický postup hodnocení, který je zaměřen na základní faktory, určující dopad sledovaného jevu v konkrétním území.

5. POSUZOVANÝ ZÁMĚR

Posuzovaným projektem je záměr „Větrné elektrárny Dívčí Hrad“ (MZP420) a jedná se o výstavbu větrných elektráren na katastrálním území Sádek u Dívčího Hradu.

Rozsah záměru představuje 2 větrné elektrárny o jmenovitém výkonu do 3.5 MW, s výškou tubusu do 140 m, průměrem rotoru do 131 m a celková výška nad úrovní terénu bude do 200 m.

Tabulka 1: Souřadnice větrných elektráren

Označení VTE	Souřadnice systému WGS 84		Nadmořská výška
	X	Y	
HRAD1	17° 38' 46,25''	50° 15' 39,18''	317,9 m n.m.
HRAD2	17° 38' 56,71''	50° 15' 51,44''	302,5 m n.m.

5.1 TYPY VĚTRNÝCH ELEKTRÁREN

Ve fázi dokumentace EIA zadavatel ještě není rozhodnut o konečném typu VTE a uvažuje nabídky od různých výrobců (pozn. obě elektrárny budou od stejného výrobce a shodného typu).

Vzhledem ke konzultacím s investorem bylo nakonec rozhodnuto neuvádět žádný konkrétní typ VTE a posouzení bylo zpracováno pro několik předpokládaných typů.

Uvažované typy VTE jsou:

- Vestas V112/3.0 MW, 140 mNH
- Vestas V112/3.3 MW, 140 mNH
- Vestas V126/3.3 MW, 137 mNH
- Vensys 120/3 MW, 140 mNH
- Nordex N117/3 MW, 141 mNH
- Nordex N131/3 MW, 134 mNH

Konečná realizace a výběr výrobce bude splňovat dané podmínky, tj. realizace 2 větrných elektráren o jmenovitém výkonu do 3,5 MW, s výškou tubusu do 140 m a průměrem rotoru do 131 m. Celková výška nad úrovní terénu bude do 200 m.

6. PŘEDPOKLADY VÝPOČTU SHADOW FLICKERU

Výpočet shadow flicker efektu byl proveden programem WindPRO, v. 2.9.269 za podmínek a postupem uvedeným v Příloze 1, kterou představuje vybraná část z programového manuálu.

6.1 VÝPOČTOVÉ RECEPTORY – KONTROLNÍ MÍSTA

Pro nejbližší obytné objekty a okraje zástavby bylo umístěno 8 výpočtových receptorů tak, aby byly zachyceny všechny relevantní směry na větrné elektrárny, které mohou stíny vrhat.

Tabulka 2: Souřadnice receptorů na kontrolních místech

Označení	Název	Souřadnice systému WGS 84		Nadmořská výška (m n. m.)	Úhel azimutu – od jihu (°)
		Východní délka	Severní šířka		
A	Sádek č.p. 55	17° 38' 34,75"	50° 14' 46,23"	280,0	-164,9
B	Sádek č.p. 31	17° 37' 55,85"	50° 15' 34,71"	323,5	-115,3
C	Sádek č.p. 30	17° 38' 04,71"	50° 15' 24,24"	311,1	-142,3
D	Sádek č.p. 17	17° 38' 12,58"	50° 15' 11,58"	300,0	-136,9
E	Hlinka č.p. 30	17° 39' 59,79"	50° 16' 38,13"	270,8	35,9
F	Karlov č.p. 1	17° 40' 30,60"	50° 15' 09,98"	280,0	-251,3
G	Sádek č.p. 9	17° 38' 26,64"	50° 15' 11,85"	311,3	-147,8
H	Sádek č.p. 4	17° 39' 11,31"	50° 14' 47,05"	280,9	-180,9

Orientace a umístění receptorů je zřejmá z obrázku, úhel azimutu je vztažen od jihu.

Obrázek 2: Zobrazení receptorů



 Nová VE
  Receptor stínu

6.2 PŘEDPOKLADY VÝPOČTU

1. Dosah stínu rotoru

Na větší vzdálenosti vlivem rozptylu a ohybu světla (intenzita polostínu se s rostoucí vzdáleností snižuje) shadow flicker zaniká. Vzniklý polostín není již relevantní, když list rotoru zakrývá méně než 20 % slunce. Vzdálenost od větrné elektrárny, pro kterou uvedená hodnota platí (tj. maximální dosah stínu rotoru) se vypočítá na základě dat ke geometrii rotorových listů, jmenovitě maximální hloubky listu rotoru a hloubky listu rotoru v 90 % poloměru, pomocí nichž se vypočítá průměrná hloubka listu rotoru (B_{rm}).

Výpočtový vzorec ke stanovení dosahu stínu rotoru je

$$D_{max} = (5 \times B_{rm} \times d) / 1\,097\,780$$

kde d je průměrná vzdálenost od slunce (150 mil. km) a faktor 1.097.780 vyplývá z průměru slunce, sníženého o faktor ke kompenzaci skutečnosti, že slunce je kruhové a nikoliv čtyřhranné.

Tato data jsou pro aktuální typy větrných elektráren většinou obsažena v jejich katalogu v programu WindPRO, takže je možné zohlednit dosah stínu automaticky.

Tabulka 3: Výpočtová vzdálenost pro jednotlivé typy větrných elektráren

Typ VTE	Výpočtová vzdálenost (m)
Vestas V112/3.0 MW	1,708
Vestas V126/3.3 MW	1,894
Vensys 120/3 MW	1,894
Nordex N117/3 MW	1,486
Nordex N131/3 MW	1,722

V době výpočtů a sepsání této studie není dosud k dispozici od výrobce technologie parametr „výpočtová vzdálenost“ pro typy Vestas V126 a Vensys 120. Z tohoto důvodu jsme největší známou výpočtovou vzdálenost typu Nordex N131, která činí 1,722 m, navýšili ještě o 10%, tedy na 1,894 m. Vzhledem k popsanému charakteru jevu a k téměř shodným parametrům jednotlivých typů větrných elektráren považujeme navýšení o 10% za zcela dostačující i včetně rezervy.

Výpočty pro typ Vestas V112/3.0 MW a Vestas V112/3.3 MW budou vzhledem ke shodným parametrům VTE (liší se jen výkonem) shodné, a proto výpočtová část obsahuje jen 1 typ (Vestas V112/3.0 MW).

2. Minimální výška slunce nad obzorem pro výpočet: 3° (mezní úhel pozice slunce).

Teoreticky je při minimální výšce slunce nad horizontem vrhaný stín nekonečně dlouhý a ve skutečnosti je tento stín kvůli zakalení oblohy velmi slabý. Souběžně se snižující se výškou slunce se podíl přímého záření exponenciálně snižuje, protože sluneční paprsky musí absolvovat stále delší cestu vrstvami atmosféry. Teoretické a empirické posudky vedly k výsledku, že ani ve dnech s jasnou oblohou není na základě zakalení oblohy vrhaný stín až do výšky slunce nad horizontem 3° relevantní. Zakalení oblohy způsobuje Rayleighův rozptyl

na molekulách a rozptyl na podstatně větších aerosolech (prach a jiné nečistoty ve vzduchu). Celkové zakalení oblohy je dále závislé na ročním období, počasí a druhu osídlení a porostu. Situaci také ovlivňuje orografie okolního terénu, zastavění a porost okolo lokality, na které na být větrná elektrárna postavena. Výpočty programu nezobrazují zcela skutečnou situaci na lokalitě, neboť nepočítají se souvislými porosty, rozptýlenou zelení v krajině nebo se současným využitím území.

3. **Časový krok pro výpočet: 1 minuta**
4. **Dny mezi výpočty: 1 den**
5. **Časový interval výpočtu 1 rok**
6. **Jako vztažný byl použit rok s letním časem.**
7. **Výpočet je proveden pro situaci, pokud je listem zakryto více než 20 % slunce.**
8. **Slunce svítí po celý den, je jasná obloha a ve všechny dny v roce.**
9. **Plocha rotoru VTE je vždy kolmá k přímce spojující slunce a receptor.**
10. **VTE jsou v provozu a rotory se točí.**
11. **Rozlišení rastru je 10 m.**
12. **Výška očí stojící osoby je 1,5 m.**

Uvedené parametry jsou stanoveny pro nejhorší případ, kdy může k flickeru dojít.

6.3 KUMULACE ZÁMĚRŮ

V širším okolí zájmové lokality jsou plánované další větrné elektrárny – na českém území Větrné elektrárny Slezské Pavlovice a na polském území jsou to dva záměry Větrné farmy Lubrza a také Větrná farma Biała. Jejich vzdálenost od větrných elektráren Dívčí Hrad je v rozsahu 8 – 16 km.

Tato vzdálenost je dostatečná natolik, aby nedocházelo ke kumulativnímu efektu při míhání stínů a z tohoto důvodu nebyly jiné záměry do modelace zahrnuty.

7. VYHODNOCENÍ EFEKTU NA POSUZOVANÉ LOKALITĚ

Shadow flicker efekt byl vypočítán pro 8 receptorů a pro všechny uvažované typy větrných elektráren. Konkrétní výstupy programu WindPRO jsou obsahem Příloh 2- 6.

Pro každý typ VTE je uváděn hlavní výsledek (hlavní shrnutí), kalendář stínů pro receptory (časový a grafický výstup), kalendář stínů pro VTE (časový a grafický výstup) a výsledná mapa zobrazení efektu.

7.1 ROZSAH A INTENZITA STÍNŮ

Na základě efemerid byla vymezena modelová oblast dosahu rotujícího stínu, vrhaného rotorem podle uvažované typy větrných elektráren. Výsledná oblast je zobrazena na příslušných mapách a má tvar „motýlích křídel“. Ve východozápadním směru by teoreticky mohla být protažena do nekonečna, ale je omezená zónou vnímatelného dosahu rotujícího stínu podle typu VTE.

Oblasti pro všechny typy VTE mají obdobný tvar i rozsah, největší dosah se jeví pro typy Vestas V126 a Vensys 120. Flicker efekt se bude nejvíce projevovat v těsném okolí turbín (500 m, žlutě vymezená oblast) a v severním směru (jak např. dokládá obrázek pro Vestas V126) a kde bude mít také největší intenzitu.

Obrázek 3: Mapa efektu pro typ Vestas V126



Jako maximální intenzitu je nutno chápat zcela běžnou intenzitu plného stínu libovolného objektu ve volné krajině, tedy efekt nijak výrazně kontrastní a v reálné krajině s proměnlivými světelnými podmínkami navíc velmi variabilní. S rostoucí vzdáleností

pozorovatele od stínícího objektu se plný geometrický stín mění na polostín, jehož intenzita pozvolna klesá, až ve vzdálenosti cca 1,7 – 1,8 km (dle typu VTE) se stává nevnímavým.

Z kontrolních míst se flicker bude vyskytovat jen na lokalitách B a C, ostatní receptory jsou mimo vymezenou oblast. Pouze u typů Vestas V126 a Vensys 120 může tečovat bod E, což je dáno nejdelší výpočtovou vzdáleností (viz Tabulka 3).

Z části flicker může být pozorovatelný i na místních silničních komunikacích. Úseky silnic, spadající do modelové oblasti, jsou patrné z mapových příloh a také z výše uvedeného obrázku 3.

Pro typ Vestas V126 se jedná o úseky v délce cca 1500 m a 1000 m na silnici č. 457 do Osoblahy, dále 500 m na č. 45826 v úseku Pitárné – Dívčí Hrad a nejdelší úsek 2000 m podél č. 45726 vedoucí do Hlinky. U ostatních typů jsou vyjmenované úseky vždy kratší.

Ve sledovaném území nehrozí posádkám automobilů žádné riziko způsobené sledovaným jevem. Efekt je vnímatelný pouze statickým pozorovatelem, který setrvává alespoň několik desítek vteřin na jednom místě. Posádka jedoucího automobilu je vzhledem k předpokládané rychlosti jízdy vystavena rotujícím stínům jen několik vteřin. Pokud tento jev vůbec zaregistruje, nebude se z jejího pohledu lišit od řady podobných, běžných a většinou výraznějších a kontrastnějších efektů, jako jsou stíny stromů při průjezdu alejí, stíny oblaků hnaných větrem, apod.

Celkově lze říci, že poloha záměru vůči obcím Hlinka a Karlov je taková, že matematický výpočet na jejich území lokalizuje konečky motýlích křídel. Nejdůležitější jsou receptory v Dívčím Hradě, kde jsou hodnoty velmi nízké a v kontextu jiných projektů i jiných receptorů v tomto projektu jsou zanedbatelné.

Ani ve vzdálenostech stanovených v Tabulce 3 nebude efekt pozorovatelný všude, neboť se jedná o matematický model (popsaný viz kap. 6.2 a Příloha 1). Trvalý sluneční svit spolu s větrným počasím a orientací rotoru kolmo k receptoru je prakticky pouze teoretická úvaha a po meteorologické stránce velmi nepravděpodobný jev. K dalšímu omezení dojde vlivem reálného prostředí (viz další komentář kap. 7.4 a kap. 8), takže se může stát, reálně tam flicker téměř nikdy nebude.

7.2 FREKVENCE STÍNŮ

Jak už bylo výše uvedeno, záblesky způsobené odrazem světla na lopatkách větrné elektrárny, po zavedení povrchových úprav, nejsou předmětné a uplatní se pouze míhání světla při průhledu vrtulí nebo míhání stínů, které vrtule vrhají na okolní terén.

Předpokládané frekvence stínů způsobená větrnými elektrárnami s třemi rotorovými listy zpracovaná pro uvažované typy VTE uvádí následující tabulka.

Tabulka 4: Frekvence stínů pro jednotlivé typy VTE

Typ VTE	Otáčky (ot/min)	Frekvence (Hz)
Vestas V112/3.0 MW, 3.3 MW	6,2 – 17,7	0,31 – 0,89
Vestas V126/3.3 MW	5,3 – 15,5	0,27 – 0,78
Vensys 120/3 MW	6,5 – 12,8	0,32 – 0,64
Nordex N117/3 MW	7,9 – 14,1	0,39 – 0,71
Nordex N131/3 MW	6,5 – 11,6	0,33 – 0,58

Z tabulky je patrné, že rozsah frekvence případných změn jasu v zorném poli je **mimo pásmo frekvenci záblesků (5–30 Hz, resp. 20-30 Hz), které mohou způsobit fotosenzitivní epilepsii**, jak uvádí odborná literatura, navíc frekvence jsou značně nižší než uváděné rozmezí.

Frekvencí bližší rizikovému rozsahu by bylo možné na jednom pozorovacím stanovišti teoreticky dosáhnout při optimálně synchronizovaném působení více věží. V daném případě by šlo o kumulaci vlivů max. dvou věží, tzn. max. frekvence by mohla teoreticky dosáhnout ($2 \times 0,89 = 1,78$ Hz) a i tato frekvence je stále mimo rizikový rozsah.

Přestože u fotosenzitivnějších jedinců nelze vyloučit subjektivně nepříjemné pocity ze stínů, které se budou pravidelně míhat krajinou, je případná fotosenzitivní reakce charakteru epileptického záchvatu velmi nepravděpodobná.

7.3 ČASOVÉ PŮSOBENÍ FLICKERU

Pro hodnocení flicker efektu neexistují v České republice žádné platné legislativní nebo normové omezující limity. V některých evropských zemích (Německo, Dánsko) existují určitá doporučení [7] a to:

- **Maximální doba výskytu shadow flicker efektu na posuzovaném místě 30 hodin za rok a maximálně 30 minut za den.**

V následující tabulkách jsou přehledně shrnuty hlavní výsledky výpočtů.



Tabulka 5: Hlavní výsledky výpočtu

Receptor	Stín za rok (hod/rok)					Dny se stínem v roce (dnů/rok)					Max. stín za den (hod/den)				
	Vestas V112	Vestas V126	Vensys 120	Nordex N117	Nordex N131	Vestas V112	Vestas V126	Vensys 120	Nordex N117	Nordex N131	Vestas V112	Vestas V126	Vensys 120	Nordex N117	Nordex N131
A Sádek č.p. 55	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0	0	0	0	0	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
B Sádek č.p. 31	23:32	29:08	26:59	25:41	30:37	78	90	85	85	91	0:26	0:29	0:28	0:27	0:30
C Sádek č.p. 30	14:38	20:40	17:21	16:00	23:38	43	50	46	45	54	0:25	0:30	0:28	0:27	0:32
D Sádek č.p. 17	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0	0	0	0	0	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
E Hlínka č.p. 30	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0	0	0	0	0	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
F Karlov č.p. 1	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0	0	0	0	0	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
G Sádek č.p. 9	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0	0	0	0	0	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
H Sádek č.p. 4	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0	0	0	0	0	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00

Poznámka: Žlutě je vyznačeno dosažení nebo překročení doporučení 30 hod/rok a 30 min/den.

Z výše uvedeného je zřejmé, že shadow flicker efekt bude působit jen na dvou kontrolních místech B a C.

Pro tato kontrolní místa je zpracovaná následující tabulka, která specifikuje dny a časový interval výskytu.

Tabulka 6: Výskyt stínů v roce

Receptor	Výskyt stínů v roce									
	Vestas V112		Vestas V126		Vensys 120		Nordex N117		Nordex N131	
	Rozmezí	Interval	Rozmezí	Interval	Rozmezí	Interval	Rozmezí	Interval	Rozmezí	Interval
B Sádek č.p. 31	10.4. - 27.4.	6:31 - 6:57	8.4. - 28.4.	6:29 - 6:58	9.4. - 28.4.	6:30 - 6:58	9.4. - 28.4.	6:30 - 6:58	8.4. - 28.4.	6:28 - 6:58
	5.5. - 25.5.	5:34 - 5:56	4.5. - 27.5.	5:33 - 5:57	5.5. - 26.5.	5:34 - 5:57	5.5. - 26.5.	5:34 - 5:56	3.5. - 27.5.	5:32 - 5:57
	18.7. - 7.8.	5:45 - 6:06	17.7. - 9.8.	5:43 - 6:07	17.7. - 8.8.	5:44 - 6:07	17.7. - 8.8.	5:44 - 6:07	17.7. - 9.8.	5:42 - 6:07
	16.8. - 2.9.	6:33 - 7:00	15.8. - 4.9.	6:31 - 7:01	15.8. - 3.9.	6:32 - 7:01	15.8. - 3.9.	6:23 - 7:01	15.8. - 4.9.	6:30 - 7:01
C Sádek č.p. 30	31.5. - 12.7.	5:26 - 5:54	28.5. - 16.7.	5:23 - 5:56	30.5. - 14.7.	5:24 - 5:55	30.5. - 13.7.	5:25 - 5:54	26.5. - 18.7.	5:21 - 5:53

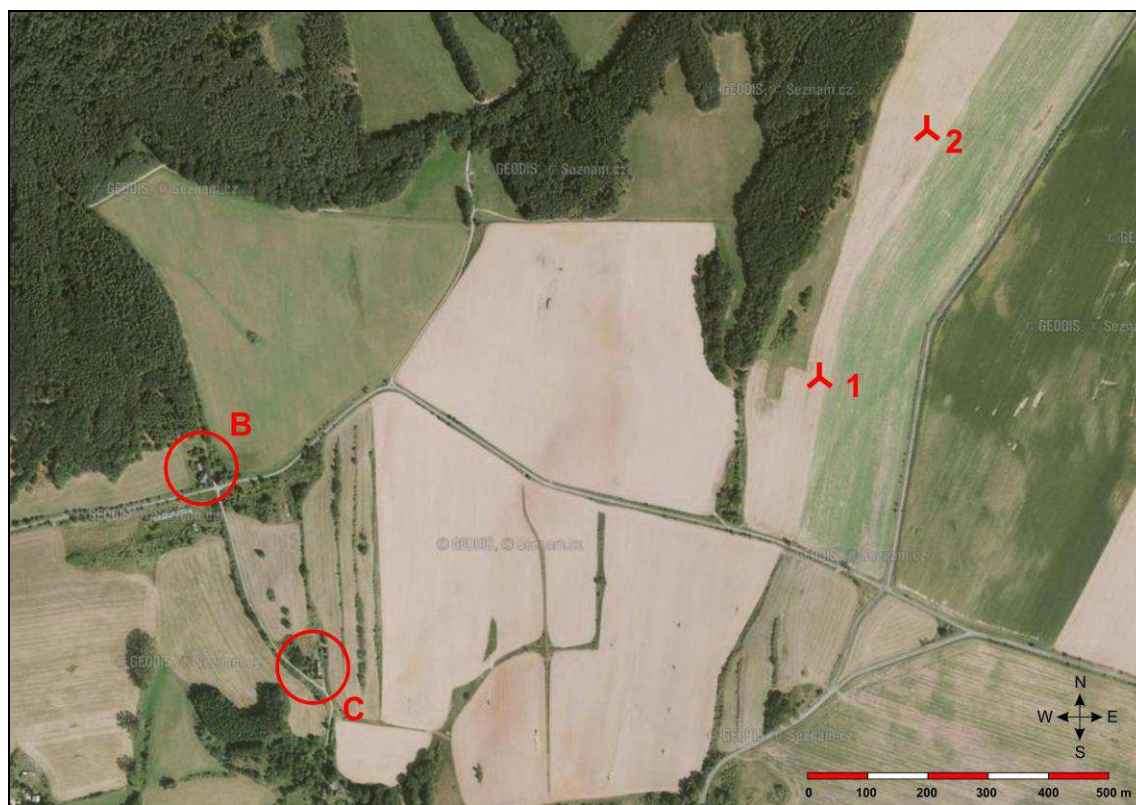
Uvedené vypočtené hodnoty představují **nejhorší možný případ** (viz podmínky výpočty kap. 6).

7.4 KONTROLNÍ MÍSTA - SLOVNÍ HODNOCENÍ

Vzhledem k použitému matematickému modelu, který nezahrnuje zcela reálnou situaci (zejména aktuální stav vegetace), následuje konkrétní slovní vyhodnocení.

U všech typů větrných elektráren se shadow flicker efekt projeví jen na dvou kontrolních místech B a C a bude se objevovat přibližně ve shodných časových intervalech v roce s obdobnou dobou trvání.

Obrázek 4: Zobrazení kontrolních míst B a C na fotosnímku



Receptor B – lokalita Sádek č. p. 31

Kontrolní bod reprezentuje lokalitu s rodinným domem/domy a s přilehlou zahradou.

Flicker se zde bude vyskytovat ve čtyřech časových úsecích v roce (8.4 – 28.4, 3.5. – 27.5., 15.8. – 9.8. a 15.8. – 3.9) a interval působení bude vždy ranních hodinách.

Stíny zde budou vrhat obě turbíny – HRAD1 (duben-květen a srpen-září) a HRAD2 (květen-červen a červenec-srpen) a max. hodnot bude dosahovat hlavně u typu Nordex N131 (30:37 hod/rok, 0:30 min/den) a Vestas V126 (29:08 hod/rok, 0:29 min/den).

Vypočítané hodnoty jsou nejhorší možné a vzhledem k okolní vzrostlé zeleni (viz obr.4), která může zabránit dopadání stínů a nemohla být zahrnuta při této modelaci, skutečné hodnoty mohou být menší.

Obrázek 5: Detail lokality B - Sádek č.p. 31



Receptor C – lokalita Sádek č. p. 30

I tento kontrolní bod reprezentuje rodinný dům jak dokládá následující obrázek.

Obrázek 6: Detail lokality C - Sádek č.p. 30



Flicker se zde bude projevovat v jednom časovém úseku (26.5. – 18.7.) a také v časných ranních hodinách (cca 5:21 – 5:56).

Stíny zde bude způsobovat HRAD1 především v červnu a červenci. Nordex N131 zde bude dosahovat největších hodnot, tj. 0:32 hod/den, limit 30 min/den dosáhne i Vestas V126.

Přestože se v těsné blízkosti domu v severovýchodním směru (ve směru HRAD1) nevyskytuje téměř žádná zeleň, cca o 50 m dále jsou to drobné remízky a ve vzdálenosti 700 m jižní cíp porostu od zájmové lokality (viz obr. 3), který může vliv efektu také omezit.

8. CELKOVÉ VYHODNOCENÍ A ZÁVĚR

Shadow flicker efekt vyvolaný stíny rotorů větrných elektráren Dívčí Hrad bude na zájmové lokalitě přítomen. Zóna nejvyšší intenzity bude v těsné blízkosti elektráren do 500 m, kde se nevyskytuje žádná obytná zástavba, ale ani v této oblasti nemá jev dostatečnou frekvenci pro spouštění fotosenzitivních epileptických záchvatů.

Na základě údajů odborné literatury a předložených výsledků je pravděpodobnost vyvolání těchto záchvatů větrnými elektrárnami na lokalitě v Dívčím Hradu prakticky nulová. Po zavedení nových technologií povrchových úprav (matný povrch) nemohou vznikat ani záblesky způsobené odrazem světla na lopatkách.

U fotosenzitivních jedinců (nižší jednotky % v populaci) nelze vyloučit (zejména v těsné blízkosti turbín) krátkodobé subjektivně nepříjemné pocity ze stínů, které se pravidelně míhají krajinou.

Pro hodnocení flicker efektu neexistují v České republice žádné platné legislativní nebo normové omezující limity. V některých evropských zemích (Německo, Dánsko) existují určitá doporučení [7] a to:

- **Maximální doba výskytu shadow flicker efektu na posuzovaném místě 30 hodin za rok a maximálně 30 minut za den.**

a tento limit je využíván i českými autory jiných hodnocení.

Pokud se toto doporučení bude aplikovat i na posuzovanou lokalitu v Dívčím Hradě, lze říci, že **téměř všechny uvažované typy VTE splňují doporučení na všech kontrolních bodech.**

Pouze u typu Nordex N131 je mírně překročená hodnota – dle výpočtů se stín na lokalitě B bude vyskytovat 30:37 minut za rok a za den bude maximální hodnota dosahovat limitních 30 minut na kontrolním místě B a mírně je překročí (32 minut/den) na lokalitě C. Taktéž Vestas V126 může na lokalitě C dosáhnout limitních 30 minut/den. Vzdálenější lokality obcí Karlov a Hlinka nebudou efektem dotčeny.

Na základě prověření reálné situace na lokalitách, výsledné hodnoty flicker efektu mohou být i nižší, což omezuje okolní zeleň. Navíc se jev bude vyskytovat v měsících, kdy porosty jsou pokryty listy, nejsou holé. Dalším faktem je, že vliv flicker je výrazně zatížen nejistotou počasí (jasné počasí, bez oblačnosti a s dostatečnou intenzitou a směrem větru, aby se rotor mohl pohybovat a natočit k pozorovateli). Právě trvalý sluneční svit spolu s větrným počasím a orientací rotoru zrovna kolmo k receptoru je prakticky pouze teoretická úvaha a po meteorologické stránce velmi nepravděpodobný jev.

Při realizaci typů (Vestas V126 nebo Nordex N131) a pro ověření těchto faktů je navržena fáze zkušebního provozu během prvního roku. Pokud by vznikl požadavek místních obyvatel (zejména v dotčených lokalitách B a C) na minimalizační opatření, lze realizovat konkrétnější omezení provozu. Při výjimečné situaci je možné použít systém umožňující automatické zastavení VTE v inkriminovanou dobu, kdy by efekt mohl lokalitu mohl postihnout. Tyto systémy poskytují všechny uvažované společnosti vyrábějící větrné elektrárny.

Na základě výše uvedených závěrů a možností technického řešení lze konstatovat, že z hlediska vlivu na okolní populaci a faktor pohody ve sledovaném území je shadow flicker efekt málo významný.

V Ostravě 4.4. 2014

Zpracovala: Ing. Petra Bestová
RCEIA, Chelčického 4, 702 00 Ostrava, tel. 596 114 469, bestova@rceia.cz

Kontroval a schválil:

Ing. Vladimír Rimmel
RCEIA, Chelčického 4, 702 00 Ostrava, tel. 596 114 440, rimmel@rceia.cz

9. INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] Dokumentace k jednotlivým typům VTE poskytnutá investorem, 02/2014 – 04/2014
- [2] WindPRO, model SHADOW – český překlad k manuálu výpočtového programu
- [3] Harding, G., Harding, P., Wilkins, A.: Wind turbines, flicker, and photosensitive epilepsy, 2008
- [4] Harding, G.: Photosensitive epilepsy, Epilepsy Toronto, Nr. 3, 1998
- [5] Lustigová, M.: Zdravotní rizika při provozu větrných elektráren, SZÚ Praha, 2007
- [6] Neubert, A., Peel, A., Schlez, W.: Shadow flicker validation and mitigation, Oldenburg, Germany, 2006
- [7] NSE: Information about epilepsy, National Society for Epilepsy, www.epilepsynse.org.uk
- [8] Obst, P.: Větrné elektrárny Varnsdorf-Špičák – stroboskopický efekt, G.L.I.. Humpolec, 2008
- [9] Slezák, J.: Posudek č. 4/2013 – Posouzení flicker efektu u VE Dívčí Hrad, oznámení EIA, březen 2013
- [10] Švaříček, J., Linhartová, P.: Větrná elektrárna Blatno – míhání stínů, Ekoaudit Brno, 2010
- [11] Update of UK Shadow Flicker Evidence Base, Department of Energy and Climate Change, London, 2011

10. PŘÍLOHY

Příloha 1: Vrh stínu (část programového manuálu WindPRO – modul SHADOW)

Výstupy z výpočtů pro jednotlivé typy větrných elektráren (hlavní výsledek, kalendář receptory, grafický kalendář receptory, kalendář VTE, grafický kalendář VTE, mapa)

Příloha 2: Vestas V112/3.0 MW

Příloha 3: Vestas V126/3.3 MW

Příloha 4: Vensys V120/3.0 MW

Příloha 5: Nordex N117/3 MW

Příloha 6: Nordex N131/3 MW