



**Analiza migotania cienia dla budowy dwóch
elektrowni wiatrowych wraz z infrastrukturą
techniczną lokalizowanych w miejscowości Galewice,
gmina Galewice**

INWESTOR



Opracowali:

mgr inż. Ireneusz Nowicki

MARZEC 2015

Spis treści

SPIS ZAŁĄCZNIKÓW	3
SPIS RYSUNKÓW	4
SPIS TABEL	4
I.1. Podstawa opracowania	5
I.2. Charakterystyka posadowienia elektrowni wiatrowych na terenie gminy Galewice	6
I.3. Parametry lokalizacyjne najbliższych zabudowań mieszkalnych	7
I.4. Zestawienie wyników analizy migotania cienia dla wariantu proponowanego....	9
I.5. Wariant alternatywny	12
I.6. Oddziaływanie skumulowane.....	15
I.7. Podsumowanie	16
I.8. Opracował.....	17

SPIS ZAŁĄCZNIKÓW

- Zał. nr I** Analiza migotania cienia – wariant proponowany
- Zał. nr II** Mapa migotania cienia – wariant proponowany
- Zał. nr III** Analiza migotania cienia – wariant alternatywny
- Zał. nr IV** Mapa migotania cienia – wariant alternatywny

SPIS RYSUNKÓW

Rys. nr 1	Nasłonecznienie w styczniu 2011 r.	7
Rys. nr 2	Nasłonecznienie w grudniu 2011 r.	8

SPIS TABEL

Tab. nr 1	Zestawienie parametrów technicznych i współrzędnych geograficznych projektowanych elektrowni wiatrowych	5
Tab. nr 2	Odległość między elektrowniami wiatrowymi	6
Tab. nr 3	Zestawienie parametrów receptorów (budynki mieszkalne) wyznaczonych w okolicy planowanego przedsięwzięcia – wariant proponowany.....	9
Tab. nr 4	Zestawienie efektu cienia dla poszczególnych receptorów – wariant proponowany.....	9
Tab. nr 5	Zestawienie całkowitego czasu trwania zacienienia powodowanego przez projektowane elektrownie wiatrowe dla najgorszych warunków.....	10
Tab. nr 6	Zestawienie parametrów technicznych i współrzędnych geograficznych projektowanych elektrowni wiatrowych – wariant alternatywny.....	12
Tab. nr 7	Zestawienie parametrów receptorów (budynki mieszkalne) wyznaczonych w okolicy planowanego przedsięwzięcia.....	12
Tab. nr 8	Zestawienie efektu cienia dla poszczególnych receptorów – wariant alternatywny.....	13

I.1. Podstawa opracowania

Analiza efektu migotania cienia została wykonana dla budowy dwóch elektrowni wiatrowych w gminie Galewice, obręb Galewice.

W tab. nr 1 zestawiono parametry techniczne i współrzędne geograficzne elektrowni wiatrowych projektowanych w ramach planowanego przedsięwzięcia.

Tab. nr 1 Zestawienie parametrów technicznych i współrzędnych geograficznych projektowanych elektrowni wiatrowych

Nr elektrowni wiatrowej	Lokalizacja			Obręb	Moc [MW]	Wysokość [m]	Średnica śmigła [m]
	E	N	Z				
EW1	18°15'49,48"	51°20'08,14"	162,0	Galewice	1,0	80	do 60
EW2	18°15'25,27"	51°19'57,30"	164,6	Galewice	1,0	80	do 60

źródło: dane przekazane przez Inwestora

Obliczenia zostały wykonane na podstawie:

- Widoku satelitarnego,
- Mapy ewidencyjnej
- Współrzędnych geograficznych w układzie WGS84
- Profilu terenu wyznaczonego online,
- Danych technicznych przykładowych elektrowni wiatrowych
- Oprogramowania WindPRO

Jako rok referencyjny uznano rok 2015.

Ze względu na brak w prawodawstwie polskim dopuszczalnych parametrów oddziaływania migotania cienia w obrębie zabudowań mieszkalnych uzyskane wyniki dla pracy analizowanych elektrowni wiatrowych odniesiono do norm niemieckich. Zgodnie z tymi parametrami astronomiczna maksymalna dopuszczalna długość trwania migotania cienia w ciągu 30 minut w ciągu teoretycznego najbardziej niekorzystnego dnia¹ w ciągu doby.

Efekt migotania cienia powstaje w trakcie poruszającego się rotora turbiny wiatrowej w ciągu dnia, pory słonecznej i w przeciwieństwie do nie poruszających się przedmiotów powoduje periodyczne fluktuacje padania światła.

Krótko po wschodzie słońca cień turbiny wiatrowej jest bardzo oddalony w kierunku zachodnim. Następnie przy wyżej wschodzącym słońcu cień sięga bliżej turbiny i po południu

¹ teoretyczny najgorszy dzień – dzień, w którym słońce świeci od świtu do zmierzchu (bezhmurne niebo) a elektrownia pracuje z mocą znamionową

znowu oddala się we wschodnim kierunku. W lecie, kiedy słońce wschodzi na północnym wschodzie, cień pada na południowy zachód. W południe cień pada blisko posadowienia elektrowni i wędruje wieczorem na południowy wschód. Podczas zimy w południe słońce świeci tylko ok. 15° ponad horyzont i zapada na południowym zachodzie. Przy dużym oddaleniu zabudowań mieszkalnych od elektrowni wiatrowej padanie cienia można pominąć.

Zasięg padania cienia zależy od szerokości łopaty wirnika i od jej oddalenia od osi rotoru. Przy czym mogą wystąpić różnice między teoretycznie maksymalnie możliwym i faktycznym czasem trwania migotania cienia.

Teoretycznie maksymalny czas trwania migotania cienia będzie osiągnięty, kiedy słońce zawsze będzie świeciło, wirnik (rotor) zawsze będzie się obracał i rotor zawsze będzie znajdował się w pozycji wzdłużnej do słońca.

Automatyka powinna być tak zaprogramowana, aby elektrownia wiatrowa była wyłączona na czas występowania ewentualnego efektu migotania cienia, w celu ograniczenia efektu do 30 min/dobę.

I.2. Charakterystyka posadowienia elektrowni wiatrowych na terenie gminy Galewice

W ramach realizacji przedmiotowej inwestycji założono wybudowanie dwóch elektrowni wiatrowych na terenie gminy Galewice o mocy do 1,0 MW każda. Elektrownie wiatrowe posadowione będą na dz. nr ew. 1338 i 1272/2, obręb Galewice w województwie łódzkim.

Elektrownie wiatrowe będą oddalone od siebie ok. 576 m. Poszczególne odległości między najbliższymi dwiema elektrowniami wiatrowymi zestawiono w *tab. nr 2*.

Tab. nr 2 Odległość między elektrowniami wiatrowymi

WTG	Najbliższa WTG	Odległość [m]	Krotność średnic śmigła [m]
EW1	EW2	576	9,9

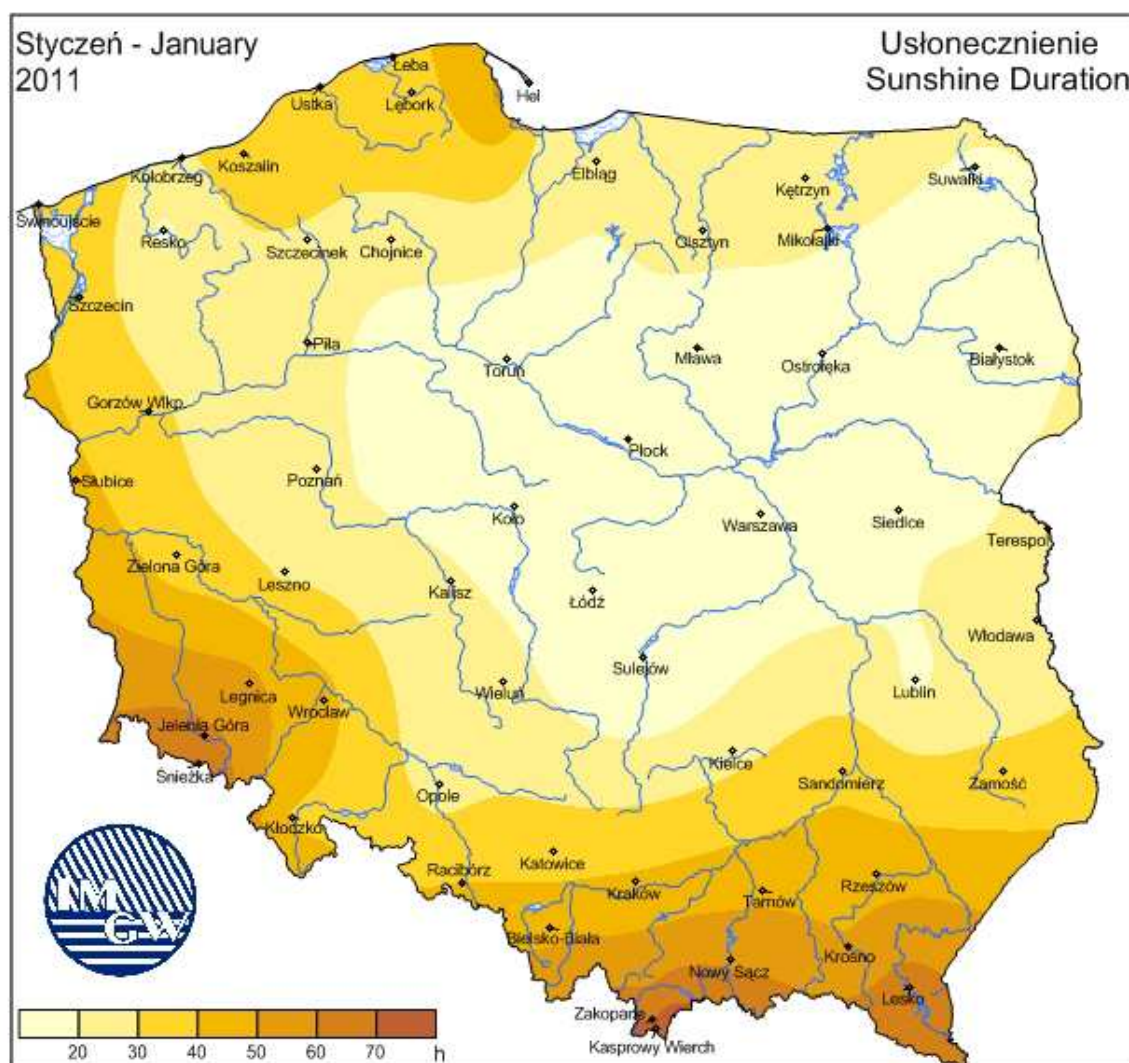
źródło: WindPro

I.3. Parametry lokalizacyjne najbliższych zabudowań mieszkalnych

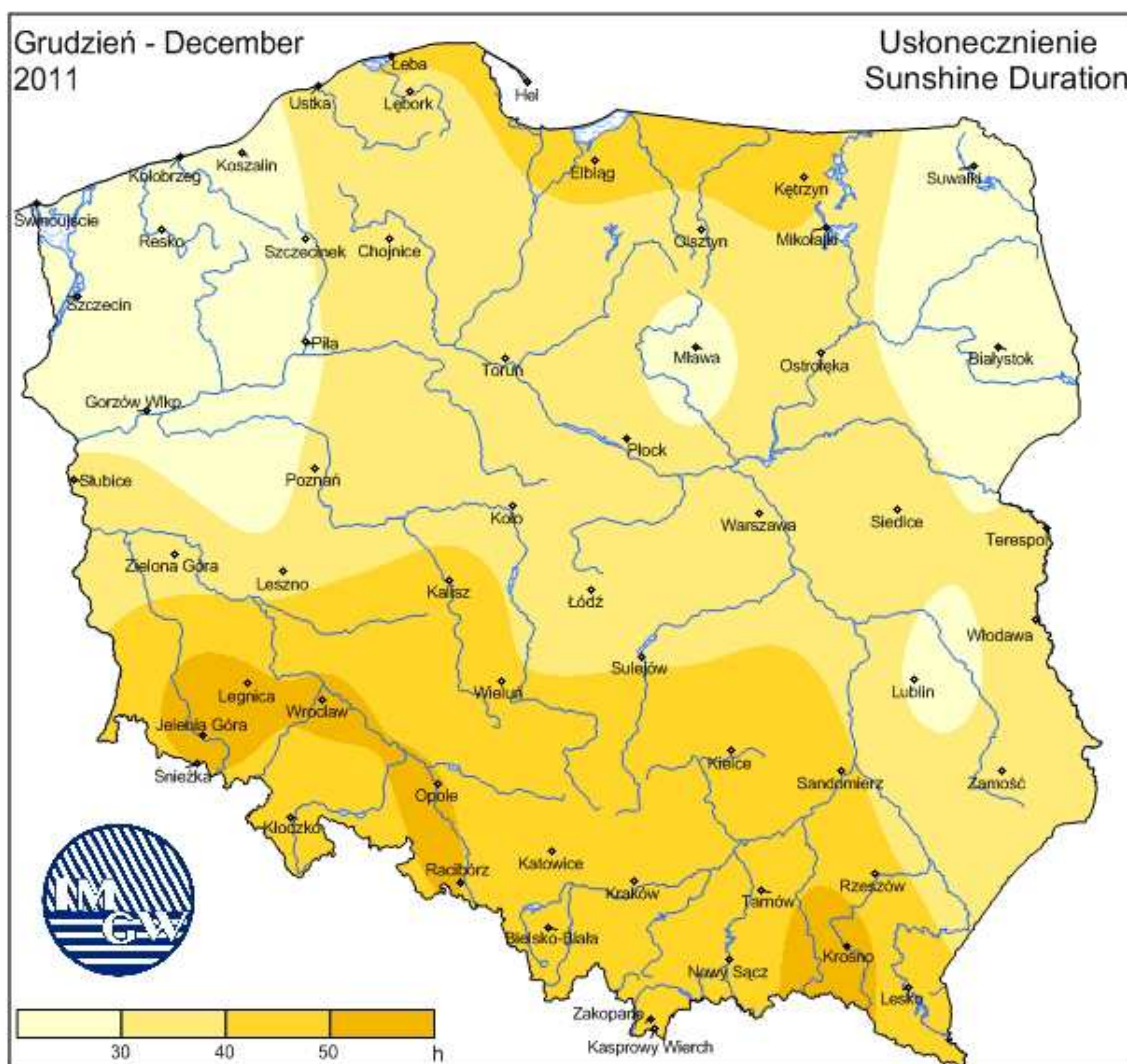
Analiza migotania cienia została wykonana dla najgorszych warunków, tzn. że słońce świeci bez przerwy od wschodu do zachodu, a śmigła elektrowni wiatrowej cały czas się obracają. W rzeczywistości słońce nigdy nie świeci cały czas.

Nasłonecznienie zmienia się znacznie w okresie zimowym. Poniżej na podstawie informacji z Instytutu meteorologii w 2011 r. przedstawiono mapy nasłonecznienia Polski.

Rys. nr 1 Nasłonecznienie w styczniu 2011 r.



Rys. nr 2 Następcznienie w grudniu 2011 r.



Z map wynika, że w grudniu następcznienie było słabsze i wynosiło tylko ok. 40 h/miesiącu, natomiast w styczniu 70 h/miesiącu. Średni można przyjąć, że w ciągu doby było tylko ok. 3 h pełnego słońca bez zachmurzenia, a w grudniu tylko ok. 1,5 h.

W tab. nr 3 zestawiono lokalizację receptorów.

Tab. nr 3 Zestawienie parametrów receptorów (budynki mieszkalne) wyznaczonych w okolicy planowanego przedsięwzięcia – wariant proponowany

Lp.	NR RECEPTORA	LOKALIZACJA RECEPTORA	EAST	NORTH	POZIOM TERENU [npm]
A	SH1	1287/3	18°16'06,63"	51°20'12,37"	163,0
B	SH2	1430	18°16'10,73"	51°20'13,37"	163,4
C	SH3	1429	18°16'09,72"	51°20'13,85"	163,1
D	SH4	1428	18°16'08,88"	51°20'14,17"	163,0
E	SH5	1427	18°16'08,29"	51°20'14,73"	163,0
F	SH6	1426	18°16'07,64"	51°20'15,84"	164,4
G	SH7	1283/2	18°16'02,95"	51°19'52,55"	163,7
H	SH8	1296	18°16'13,43"	51°20'02,27"	162,0
I	SH9	1418	18°16'02,48"	51°20'20,54"	166,5

źródło: WindPRO

I.4. Zestawienie wyników analizy migotania cienia dla wariantu proponowanego

Analiza migotania cienia została przeprowadzona dla elektrowni wiatrowych określonych w układzie WGS84, profilu terenu /rządne terenu określone on-line/ oraz zabudowań reprezentowanych przez receptory. Obliczenia zostały wykonane na podstawie mapy ewidencyjnej w skali 1:5 000.

Obliczenia przeprowadzono dla następujących założeń:

- Rotor elektrowni wiatrowej zakrywa więcej niż 20% słońca padającego na obiekt,
- Min. wysokość słońca ponad horyzont 3°,
- Słońce świeci przez cały dzień,
- Rotor elektrowni wiatrowej jest przez cały dzień skierowany w kierunku słońca,
- Rotor cały czas się obraca,
- Wysokość obserwacji 1,5 m,
- Dystans obliczeniowy: 1347 m = 1,35 km.

Tab. nr 4 Zestawienie efektu cienia dla poszczególnych receptorów – wariant proponowany

Lp.	NR BUDYNKU	MIGOTANIE CIENIA			DOPUSZCZALNY EFEKT MIGOTANIA CIENIA	Czas przekroczenia
		[h/rok]	[dzień/rok]	[h/dzień]	[h/dzień]	[minuty]
A	SH1	27:21	71	0:37	0:30	7

B	SH2	19:02	60	0:31	0:30	1
C	SH3	20:19	63	0:31	0:30	1
D	SH4	21:29	64	0:32	0:30	2
E	SH5	22:26	66	0:33	0:30	3
F	SH6	23:15	67	0:32	0:30	2
G	SH7	6:33	27	0:19	0:30	0
H	SH8	34:15	107	0:29	0:30	0
I	SH9	40:39	65	0:46	0:30	16

źródło: obliczenia własne

W tab. nr 5 zestawiono całkowity czas migotania cienia powodowany przez poszczególne elektrownie wiatrowe projektowane w miejscowości Galewice.

Tab. nr 5 Zestawienie całkowitego czasu trwania zacielenia powodowanego przez projektowane elektrownie wiatrowe dla najgorszych warunków

LP.	NR ELEKTROWNI WIATROWEJ	CZAS TRWANIA MIGOTANIA CIENIA
		[h/rok]
1	EW1	121:03
2	EW2	32:26

źródło: obliczenia własne

W wyniku przeprowadzonej analizy dla najgorszych warunków pojawiający się efekt migotania cienia tylko w przypadku jednego zabudowania przekracza o 16 minut wskazane w wytycznych niemieckich 30 minut/dobę. W pozostałych 6 receptorów jest to nieznaczne przekroczenie w granicach 1 do 7 minut.

Dla zabudowania SH1 przekroczenie max. wynosi **7 minut** i występować może w miesiącach:

- marzec (2 dni po 31 minut, 1 dzień 32 minuty, 1 dzień 33 minuty, 2 dni po 34 minuty, 1 dzień 35 minuty, 4 dni po 36 minut, 3 dni po 37 minut w godzinach od 16:00 do 16:37)
- wrzesień (1 dzień 31 minut, 1 dzień 33 minuty, 2 dni po 33 minuty, 1 dzień 37 minut między godziną od 16:40 a 17:17)
- październik (4 dni po 37 minut, 1 dzień 36 minut, 1 dzień 35 minut, 1 dzień 34 minut, 1 dzień 33 minut, 1 dzień 31 minut między godziną od 16:40 a 17:17).

Dla zabudowania SH2 przekroczenie max. wynosi 1 minuta i występować może w miesiącach:

- marzec (2 dni po 31 minut, w godzinach od 16:10 do 16:41)
- październik (3 dni po 31 minut, w godzinach od 16:47 do 17:18)

Dla zabudowania SH3 przekroczenie max. wynosi 1 minuta i występować może w miesiącach:

- marzec (4 dni po 31 minut, w godzinach od 16:01 do 16:32)
- październik (4 dni po 31 minut, w godzinach od 16:36 do 17:07)

Dla zabudowania SH4 przekroczenie max. wynosi 2 minuty i występować może w miesiącach:

- luty (1 dzień 31 minut, 1 dzień 32 minuty w godzinach od 15:55 do 16:25)
- marzec (3 dni po 32 minuty, 1 dzień 31 minut w godzinach od 15:54 do 16:26)
- październik (2 dzień po 31 minut, 4 dni po 32 minuty w godzinach od 16:27 do 16:59)

Dla zabudowania SH5 przekroczenie max. wynosi 3 minuty i występować może w miesiącach:

- luty (3 dni po 31 minut, 2 dni po 32 minuty, 2 dni po 33 minuty w godzinach od 15:45 do 16:17)
- marzec (1 dzień 31 minut, w godzinach od 15:45 do 16:16)
- październik (2 dzień po 31 minut, 5 dni po 32 minuty w godzinach od 16:18 do 16:50)

Dla zabudowania SH6 przekroczenie max. wynosi 2 minuty i występować może w miesiącach:

- luty (6 dni po 32 minuty, w godzinach od 15:30 do 16:02)
- październik (5 dzień po 31 minut, 3 dni po 32 minuty w godzinach od 16:01 do 16:32)

Dla zabudowania SH9 przekroczenie max. wynosi 16 minut i występować może w miesiącach:

- styczeń (4 dni po 45 minuty, 6 dni po 46 minuty, 1 dzień 44 minuty, 1 dzień 43 minuty, 1 dzień 41 minut, 1 dzień 40 minut, 1 dzień 38 minut, 1 dzień 34 minut, 1 dzień 31 minut w godzinach od 13:58 do 15:15)
- listopad (1 dzień 33 minuty, 1 dzień 37 minut, 1 dzień 39 minut, 1 dzień 49 minut w godzinach od 13:46 do 14:57)
- grudzień (6 dni po 42 minuty, 4 dni po 44 minuty, 4 dni po 44 minuty, 4 dni po 45 minut, 4 dni po 46 minut, 3 dni po 41 minut, 6 dni po 40 minut w godzinach 13:45 do 15:14)

Pełny raport dołączono w formie **Załącznik nr I**, a mapę z izoliniami migotania cienia w **Załącznik nr II**.

I.5. Wariant alternatywny

Na etapie inwestycyjnym rozpatrywano również wariant alternatywny, który polegał na posadowieniu dwóch elektrowni wiatrowych o innych parametrach technicznych. Współrzędne geograficzne lokalizacji elektrowni wiatrowych oraz parametry techniczne dla wariantu alternatywnego zestawiono w *tab. nr 6*.

Tab. nr 6 Zestawienie parametrów technicznych i współrzędnych geograficznych projektowanych elektrowni wiatrowych – wariant alternatywny

Nr elektrowni wiatrowej	Lokalizacja			Obręb	Moc [MW]	Wysokość [m]	Średnica śmigła [m]
	E	N	Z				
EW1	18°15'49,48"	51°20'08,14"	162,0	Galewice	1,0	67	58
EW2	18°15'25,27"	51°19'57,30"	164,6	Galewice	1,0	89	do 60

źródło: dane przekazane przez Inwestora

W *tab. nr 3* zestawiono współrzędne geograficzne receptorów.

Tab. nr 7 Zestawienie parametrów receptorów (budynki mieszkalne) wyznaczonych w okolicy planowanego przedsięwzięcia

Lp.	NR RECEPTORA	LOKALIZACJA RECEPTORA	EAST	NORTH	POZIOM TERENU [npm]
A	SH1	1287/3	18°16'06,63"	51°20'12,37"	163,0
B	SH2	1430	18°16'10,73"	51°20'13,37"	163,4
C	SH3	1429	18°16'09,72"	51°20'13,85"	163,1

D	SH4	1428	18°16'08,88"	51°20'14,17"	163,0
E	SH5	1427	18°16'08,29"	51°20'14,73"	163,0
F	SH6	1426	18°16'07,64"	51°20'15,84"	164,4
G	SH7	1283/2	18°16'02,95"	51°19'52,55"	163,7
H	SH8	1296	18°16'13,43"	51°20'02,27"	162,0
I	SH9	1418	18°16'02,48"	51°20'20,54"	166,5

źródło: WindPRO

Wyniki analizy migotania cienia zestawiono w *tab. nr 8*.

Tab. nr 8 Zestawienie efektu cienia dla poszczególnych receptorów – wariant alternatywny

Lp.	NR BUDYNKU	MIGOTANIE CIENIA			DOPUSZCZALNY EFEKT MIGOTANIA CIENIA	Czas przekroczenia
		[h/rok]	[dzień/rok]	[h/dzień]	[h/dzień]	[minuty]
A	SH1	28:10	71	0:37	0:30	7
B	SH2	19:49	61	0:31	0:30	1
C	SH3	21:02	62	0:31	0:30	1
D	SH4	22:33	67	0:32	0:30	2
E	SH5	23:05	63	0:33	0:30	3
F	SH6	22:12	56	0:33	0:30	3
G	SH7	7:09	28	0:20	0:30	0
H	SH8	27:10	84	0:29	0:30	0
I	SH9	33:09	58	0:42	0:30	12

źródło: obliczenia własne

Z przeprowadzonej analizy migotania cienia dla wariantu alternatywnego wynika, że zmiana parametrów technicznych elektrowni wiatrowych w nieznaczny sposób wpłynie na efekt migotania cienia.

Dla zabudowania **SH1** przekroczenie max. wynosi **7 minut** i występować może w miesiącach:

- marzec (2 dni po 31 minut, 2 dni po 33 minuty, 1 dzień 35 minut, 2 dni po 36 minut, 6 dni 37 minut, 1 dzień 34 minuty, w godzinach od 16:12 do 16:41)
- wrzesień (1 dzień 31 minut między godziną od 16:48 a 17:19)
- październik (2 dni po 33 minuty, 3 dni 35 minut, 6 dni po 37 minut, 1 dzień 36 minut, 1 dzień 33 minuty w godzinach 16:47 do 17:20)

Dla zabudowania SH2 przekroczenie max. wynosi 1 minutę i występować może w miesiącach:

- marzec (4 dni po 31 minut, między godziną od 16:17 a 16:46)
- październik (3 dni po 31 minut, między godziną od 16:50 a 17:21)

Dla zabudowania SH3 przekroczenie max. wynosi 1 minutę i występować może w miesiącach:

- luty (3 dni po 31 minut, między godziną od 16:06 a 16:37)
- marzec (3 dni po 31 minut, między godziną od 16:06 a 16:37)
- październik (6 dni po 31 minut między godziną 16:39 do 17:10)

Dla zabudowania SH4 przekroczenie max. wynosi 2 minuty i występować może w miesiącach:

- luty(6 dni po 32 minuty między godziną od 16:31 a 15:58)
- marzec (1 dzień 32 minuty, między godziną 15:59 a 16:30)
- październik (2 dni po 31 minuty, 5 dni po 32 minuty, między godziną 16:31 a 17:03).

Dla zabudowania SH5 przekroczenie max. wynosi 3 minuty i występować może w miesiącach:

- luty(3 dni po 31 minuty, 4 dni po 33 minuty, 1 dzień 32 minuty między godziną od 15:49 a 16:22)
- październik (2 dni po 31 minuty, 4 dni po 32 minuty, 2 dni po 33 minuty między godziną 16:19 a 16:52).

Dla zabudowania SH6 przekroczenie max. wynosi 3 minuty i występować może w miesiącach:

- luty(2 dni po 31 minuty, 6 dni po 32 minuty, między godziną od 15:34 a 16:06)
- październik (1 dzień 31 minuty, 2 dni po 32 minuty, 3 dni po 33 minuty między godziną 15:05 a 15:36).
- Listopad (2 dni po 31 minut w godzinach 15:04 do 15:35)

Dla zabudowania SH9 przekroczenie max. wynosi 12 minut i występować może w miesiącach:

- styczeń (8 dni po 41 minuty, 1 dzień 40 minut, 2 dni po 38 minut, 1 dzień 36 minut, 1 dzień 33 minuty, 1 dzień 31 minut, w godzinach od 14:02 a 15:14)
- listopad (1 dzień 34 minuty, w godzinach 13:53 a 15:01).
- grudzień (1 dzień po 35 minut, 1 dzień 37 minut, 9 minut po 39 minut, 9 dni po 40 minut, 6 dni po 41 minut, 3 dni po 38 minut w godzinach 13:52 do 15:13)

Pełna analiza migotania cienia wariantu alternatywnego została dołączona **Zał. nr III**, mapa w **Zał. nr IV**.

I.6. Oddziaływanie skumulowane

Zgodnie z informacją przekazaną przez Zleceniodawcę na terenie gminy w obrębie planowanego przedsięwzięcia nie są eksploatowane żadne inne elektrownie wiatrowe. Jednakże w tej samej gminie, obręb Galewice zaplanowano budowę jeszcze dwóch elektrowni wiatrowych. Miejscowość Galewice jest położona od miejscowości Osowa w linii prostej ok. 2,7 km, natomiast najbliższe lokalizacje elektrowni wiatrowych w linii prostej oddalone są od siebie ok. 3 km. Przy takim rozłożeniu elektrowni wiatrowych i ich ilościach nie ma fizycznej możliwości przy założonych parametrach technicznych aby elektrownie wiatrowe mogły się ze sobą kumulować pod względem efektu migotania cienia.

I.7. Podsumowanie

Z przeprowadzonych analiz migotania cienia wynika, że w przypadku wariantu proponowanego występuje 46 minutowe migotanie cienia dla jednego z zabudowań (SH9), natomiast w przypadku wariantu alternatywnego migotanie cienia jest niższe i wynosi 42 minuty. Jednakże ze względu na fakt, że wariant alternatywny charakteryzuje się między innymi wyższym poziomem mocy akustycznej jednej z elektrowni wiatrowych, pod względem akustycznym korzystniejszym rozwiązaniem jest wariant proponowany.

Przekroczenie wskazanego w wytycznych 30 minut/dobę dla SH9 wynosi 16 minut dla wariantu proponowanego.

W pozostałych receptorach przekroczenie wynosi między 1 a 7 minutami. W rzeczywistości migotanie cienia dla analizowanych receptorów może nie wystąpić ze względu na brak usłonecznienia.

W związku z możliwością wystąpienia efektu migotania cienia dla receptora SH9 zlokalizowanego na działce nr ew.1418 sugeruje się wyłączenie elektrowni wiatrowych max. na 16 minut.

Styczeń:

4 dni od 1.01 do 03.01, 10.01 na 15 minut

6 dni od 04.01 do 09.01 na 16 minut

1 dzień 11 .01 14 minut

1 dzień 12 .01 13 minut

1 dzień 13 .01 11 minut

1 dzień 14 .01 10 minut

Listopad:

1 dzień 30.11 na 11 minut

Grudzień:

4 dni od 8.12 do 11.12 na 16 minut

4 dni od 5.12 do 7.12, 13.12 na 15 minut

4 dni od 3.12 do 4.12, 12.12, 14.12 na 14 minut

4 dni od 2.12, 15.12, 30.12 do 31.12 na 13 minut

6 dni 1.12, 16.12 do 17.12, 27.12 – 29.12 na 12 minut

3 dni 18.12, 22-23.12 na 11 minut

6 dni 19.12 do 21.12, 24.12 do 26.12 na 10 minut

Godziny w których sugeruje się wyłączyć podane są w Zał. nr I.

Jeżeli obserwacje wskazałyby, że efekt migotania cienia podczas eksploatacji elektrowni wiatrowych w rzeczywistości elektrownie wiatrowe mogą pracować przez cały czas.

I.8. Opracował

mgr inż. Ireneusz Nowicki

ZAŁĄCZNIKI