

7 OCENA ODDZIAŁYWANIA NA ŚRODOWISKO NA ETAPIE BUDOWY I EKSPLOATACJI

7.1 Ocena oddziaływania akustycznego, infradźwięków oraz drgań.

W niniejszej części opracowania przeanalizowano potencjalny wpływ planowanej farmy wiatrowej zlokalizowanej koło miejscowości Zarzecze Jeleniewskie w gminie Jeleniewo, powiat suwalski, województwo podlaskie, na stan klimatu akustycznego na terenach przyległych do terenu inwestora i na najbliższych terenach chronionych. Ponadto określono minimalne warunki jakie musi spełniać projektowana inwestycja, aby nie powodować przekroczeń dopuszczalnego poziomu hałasu w środowisku. W celu pełniejszego pokazania wpływu planowanej inwestycji na klimat akustyczny najbliższego otoczenia przeanalizowano także oddziaływanie skumulowane planowanej farmy wiatrowej Zarzecze Jeleniewskie wraz z istniejącymi turbinami firmy Gamesa i planowanymi przez inwestora farmami w obrębie geodezyjnym Stara Pawłówka, Kruszki i Morgi w gminie Przerośl oraz w obrębie Malesowizna w gminie Jeleniewo.

Podstawą dokonania oceny jest porównanie poziomu hałasu jaki powodować będą turbiny wiatrowe z poziomami dopuszczalnymi. W opracowaniu omawia się także istniejący stan klimatu akustycznego, na którego tle określono w jaki społeczność zamieszkująca sąsiedztwo inwestycji będzie postrzegać jej obecność jako potencjalnego czynnika obniżającego stan jakościowy klimatu akustycznego.

W ramach oceny oddziaływania akustycznego wyróżniono także oddziaływanie w zakresie infradźwięków oraz drgań, którym zostały poświęcone osobne podrozdziały.

7.1.1 Oddziaływanie akustyczne

Analiza obejmuje trzy warianty technologiczne – I, II, III - w których rozpatruje się oddziaływanie akustyczne różnych typów turbin wiatrowych o mocy elektrycznej do 4,5 MW, do 3,0 MW oraz do 2,35 MW. składających się na farmę wiatrową Zarzecze Jeleniewskie. Wysokość wieży badanych turbin, w zależności od typu, mieściła się w zakresie 80 – 120 metrów. W każdym z wariantów rozpatrywano osobno oddziaływania w porze dnia i porze nocy. W przypadku pracy w porze nocnej konieczne jest redukcowanie poziomu mocy akustycznej lub całkowite wyłączenie niektórych turbin, w celu zagwarantowania poziomów hałasu spełniających wymagań w zakresie ochrony środowiska przed hałasem na terenach objętych ochroną. Dodatkowo w ramach oceny oddziaływania skumulowanego wykonano obliczenia w warunkach pracy wszystkich istniejących i planowanych turbin pracujących w warunkach zapewniających dotrzymanie poziomów dopuszczalnych.

Zakres opracowania obejmował:

- scharakteryzowanie istniejącego stanu klimatu akustycznego (tło akustyczne),
- określenie standardów akustycznych na terenach chronionych znajdujących się w zasięgu oddziaływania farmy wiatrowej,
- oszacowanie uciążliwości akustycznej na etapie budowy farmy wiatrowej
- opracowanie modelu obliczeniowego do sporządzenia prognozy akustycznej w programie SoundPlan, obejmującego farmę wiatrową Zarzecze Jeleniewskie i tereny okalające,

- określenie zasięgu oddziaływania akustycznego farmy dla maksymalnego poziomu mocy akustycznej rozpatrywanych turbin wiatrowych,
- jeżeli przy mocy nominalnej występowały przekroczenia dopuszczalnego poziomu hałasu w środowisku, ustalenie wymaganej redukcji poziomu mocy akustycznej poszczególnych turbin w stopniu wystarczającym do osiągnięcia zgodności z standardami akustycznymi na terenach objętych ochroną,
- przeprowadzenie oceny oddziaływania skumulowanego farmy wiatrowej Zarzecze Jeleniewskie, istniejących turbin oraz turbin planowanych przez inwestora w sąsiednich obrębach,
- opracowanie map rozkładu pola akustycznego w środowisku dla analizowanych wariantów pracy turbin wiatrowych,
- określenie warunków jakie muszą być spełnione w okresie realizacji inwestycji, tak aby uniknąć nadmiernej uciążliwości akustycznej prowadzonych prac budowlanych
- określenie warunków jakie musi spełniać instalacja, aby w okresie funkcjonowania nie powodowała przekroczeń standardów jakości środowiska.

Charakter źródła hałasu.

Przed omówieniem oddziaływania akustycznego farmy wiatrowej należy podkreślić następujące fakty dotyczące relacji pomiędzy emitowanym poziomem dźwięku, poziomem dźwięku na posesjach chronionych przed hałasem, a panującymi warunkami atmosferycznymi:

- w sytuacji kiedy prędkość wiatru jest niska na terenie farmy wiatrowej, praca turbin jest mało intensywna i cały zespół posiada stosunkowo małą moc akustyczną.
- w sytuacji kiedy prędkość wiatru jest wysoka, poziom dźwięku stanowiący tło, a powodowany wiatrem będzie na tyle wysoki na terenach chronionych, że oddziaływanie farmy wiatrowej będzie pomijalne
- w sytuacji kiedy prędkość wiatru na terenie farmy wiatrowej jest średnia, natomiast na terenach chronionych niska, odczuwalność funkcjonowania farmy wiatrowej jest największa, ponieważ hałas przez nią powodowany nie jest maskowany przez zjawiska naturalne

W niniejszej części raportu analizuje się sytuację, kiedy to występuje największa emisja hałasu, przy niewielkich prędkościach wiatru na terenach chronionych, tzn. sytuację najniekorzystniejszą z akustycznego punktu widzenia.

Lokalizacja

Wszystkie turbiny wiatrowe zlokalizowane będą na zachód od terenów zainwestowanych miejscowości Zarzecze Jeleniewskie, na terenach rolnych obrębu Zarzecze Jeleniewskie, pomiędzy miejscowościami: Podwysockie Jeleniewskie, Zarzecze Jeleniewskie, Okrągłe, Morgi, Malesowizna. Cała farma otoczona jest terenami rolnymi z rozproszoną zabudową zagrodową.

Kryteria oceny oddziaływania

Podstawowym kryterium oceny oddziaływania farm wiatrowych jest ekwiwalentny poziom hałasu występujący na terenach chronionych (terenach, dla których określone są dopuszczalne poziomy hałasu w środowisku). Oceny dotrzymania standardów akustycznych dokonuje się:

- na terenie niezabudowanym na wysokości 1,5 m nad poziomem terenu
- na terenie zabudowanym:
 - przy elewacji budynków objętych ochroną w odległości 0,5-2 m od elewacji w świetle okna kondygnacji eksploatowanej na hałas lub na wysokości 4 m nad poziomem terenu, gdy nie ma możliwości wykonania pomiaru w świetle okna
 - na terenach otaczających budynki chronione na wysokości 4 m nad poziomem terenu

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku [Dz. U. z 5 lipca 2007 r., nr 120, poz. 826] stosuje się wskaźniki poziomu ekwiwalentnego L_{AeqD} i L_{AeqN} odpowiednio dla 8 najbardziej niekorzystnych godzin pory dziennej oraz 1 najbardziej niekorzystnej godziny pory nocnej. Zmiana w/w rozporządzenia poprzez rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 października 2012 r. poz. 1109, nie wprowadziła innych standardów akustycznych niż wcześniej obowiązujące dla działalności będącej źródłem hałasu i pozostałych obiektów, do których zaliczamy pracę turbin wiatrowych

Ze względu na krótki czas odniesienia oraz zastrzone standardy akustyczne w porze nocnej (pomiędzy godzinami 22⁰⁰ i 6⁰⁰), największe prawdopodobieństwo przekroczeń występować będzie porą nocną. Z tego względu optymalizacja prowadzona jest głównie pod kątem pory nocnej, jednak w opracowaniu sprawdzone zostały również standardy akustycznej dla pory dziennej.

Teren farmy oraz tereny najbliższych miejscowości okalających tereny farmy wiatrowej nie jest objęty obowiązującym miejscowym planem zagospodarowania przestrzennego. Na terenie tym jedynym dokumentem planistycznym jest Studium Uwarunkowań i Kierunków Zagospodarowania Przestrzennego gminy Jeleniewo uchwalone uchwałą Rady Gminy Jeleniewo Nr XXV/160/2000 z dnia 13 października 2000r. Dopiero tereny położone w większej odległości, na kierunku zachodnim i południowym, posiadają obowiązujące miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego przyjęte uchwałami o numerach:

- XXVI/192/2013 Rady Gminy Przerośl z dnia 20 grudzień 2013 r. w sprawie zmiany miejscowego planu zagospodarowania przestrzenne części obrębów geodezyjnych Łanowicze Duże, Śmieciuchówka, Morgi, Stara Pawłówka, Nowa Pawłówka w Gminie Przerośl, obejmującego obręb geodezyjny Morgi,
- XXVI/193/2013 Rady Gminy Przerośl z dnia 20 grudzień 2013 r. w sprawie uchwalenia zmiany miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego części obrębów geodezyjnych Morgi, Stara Pawłówka w Gminie Przerośl, obejmującego obręb geodezyjny Morgi.

Jednoznaczne określenie standardów akustycznych możliwe jest jedynie dla terenów objętych ustaleniami miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego. Na pozostałych terenach standardy akustyczne można określać odnosząc się do istniejącego zagospo-

wania terenu – zgodnie z art. 115 ustawy z dnia 27.04.2001 Prawo ochrony środowiska [tekst jednolity: 23.10.2013, poz. 1232 z późniejszymi zmianami].

Wielkości dopuszczalnych poziomów w środowisku określone są w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 w sprawie *dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku* (Dz. U. z 5 lipca 2007 r., nr 120, poz. 826) zmienionym rozporządzeniem z dnia 8 października 2012 poz. 1109. Poniżej w tabeli 7.1-1 przedstawiono dopuszczalne poziomy hałasu obowiązujące na terenach chronionych.

Tabela 7.1-1 Dopuszczalne poziomy hałasu w środowisku powodowanego przez poszczególne grupy źródeł hałasu, z wyłączeniem hałasu powodowanego przez linie elektroenergetyczne oraz starty, lądowania i przeloty statków powietrznych.

Lp.	Przeznaczenie terenu	Dopuszczalny poziom hałasu w [dB]			
		Drogi lub linie kolejowe ¹⁾		Pozostałe obiekty i grupy źródeł hałasu	
		L _{AeqD} przedział czasu odniesienia równy 16 godzinom	L _{AeqN} przedział czasu odniesienia równy 8 godzinom	L _{AeqD} przedział czasu odniesienia równy 8 najmniej korzystnym godzinom kolejno po sobie następującym	L _{AeqN} przedział czasu odniesienia równy 1 najmniej korzystnej godzinie nocy
1	a. Strefa ochronna „A” uzdrowiska b. Tereny szpitali poza miastem	50	45	45	40
2	a. Tereny zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej b. Tereny zabudowy związanej ze stałym lub wielogodzinnym pobytem dzieci i młodzieży ²⁾ c. Tereny domów opieki społecznej d. Tereny szpitali w miastach	61	56	50	40
3	a. Tereny zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej i zamieszkania zbiorowego b. Tereny zabudowy zagrodowej c. Tereny rekreacyjno-wypoczynkowe d. Tereny mieszkaniowo-usługowe	65	56	55	45
4	a. Tereny w strefie śródmiejskiej miast powyżej 100 tys. Mieszkańców ³⁾	68	60	55	45

1) Wartości określone dla dróg i linii kolejowych stosuje się także dla torowisk tramwajowych poza pasem drogowym i kolei linowych.

2) W przypadku niewykorzystywania tych terenów, zgodnie z ich funkcją, w porze nocy, nie obowiązuje na nich dopuszczalny poziom hałasu w porze nocy.

3) Strefa śródmiejska miast powyżej 100 tys. mieszkańców to teren zwartej zabudowy mieszkaniowej z koncentracją obiektów administracyjnych, handlowych i usługowych. W przypadku miast, w których występują dzielnice o liczbie mieszkańców pow. 100 tys., można wyznaczyć w tych dzielnicach strefę śródmiejską, jeżeli charakteryzuje się ona zwartą zabudową mieszkaniową z koncentracją obiektów administracyjnych, handlowych i usługowych

W związku z tym funkcje terenów objętych ochroną przed hałasem przypisano na podstawie powyższych miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego oraz studium i faktycznego zagospodarowania. Rozmieszczenie terenów objętych ochroną przed hałasem wyróżniono na załącznikach graficznych przedstawiających rozkład pola akustycznego. W każdym z rozpatrywanych wariantów skupiono się na terenach położonych najbliżej farmy, gdzie oddziaływanie akustyczne turbin może znacząco wpływać na klimat akustyczny.

Wśród terenów objętych ochroną przed hałasem, znajdujących się w pierwszej linii zabudowy od farmy wiatrowej, występują jedynie tereny o funkcji zabudowy zagrodowej oraz mieszkaniowo-usługowej, posiadające łagodniejsze standardy akustyczne. Na pozostałych terenach wokół farmy występują funkcje terenu nie objęte dopuszczalnymi poziomami hałasu w środowisku.

Zgodnie z w/w rozporządzeniem w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku na terenie zabudowy zagrodowej oraz mieszkaniowo-usługowej dopuszczalny poziom hałasu, wyrażony równoważnym poziomem dźwięku A w dB, pochodzący od pozostałych obiektów i działalności będącej źródłem hałasu jest następujący:

- pora dnia (przedział czasu odniesienia równy 8 najmniej korzystnym godzinom dnia kolejno po sobie następującym) **55 dB(A)**
- pora nocy (przedział czasu odniesienia równy jednej najmniej korzystnej godzinie nocy) **45 dB(A)**

W przypadku farmy wiatrowej Zarzecze Jeleniewskie najbardziej rygorystycznym kryterium jest konieczność dotrzymania standardu wyrażonego wartością $L_{AeqN} = 45\text{dB(A)}$ na granicach terenów zabudowy zagrodowej. Zmierzona wartość L_{AeqN} porą nocną w okresie jednej najbardziej niekorzystnej godziny nie może przekraczać 45dB(A) na granicy terenu objętego ochroną.

W celu określenia maksymalnego poziomu mocy akustycznej rozpatrywanych turbin, w miejscach najbardziej narażonych na powstawanie ponadnormatywnego poziomu hałasu, zlokalizowano punkty kontrolne, które przedstawione zostały na załącznikach graficznych z rozkładem poziomu hałasu.

Tło akustyczne

Tło akustyczne tworzą wszystkie dźwięki występujące w danym punkcie pomiarowym, które nie pochodzą z planowanej farmy wiatrowej „Zarzecze Jeleniewskie”. Z tła akustycznego wyłącza się pojedyncze, sporadyczne dźwięki, których wpływ na pomiar hałasu od zakładu, instalacji, bądź urządzenia można wyeliminować przez chwilowe zatrzymanie procesu mierzenia.

Planowana farma wiatrowa zlokalizowana jest w na obszarze rolniczym, na którym dominują tereny upraw, łąk oraz pastwisk. Na terenie tym znajduje się głównie rozproszona zabudowa zagrodowa oraz obiekty gospodarstw rolnych, w otoczeniu których znajdują się już pracujące turbiny wiatrowe. Wszystko to powoduje, że na badanym terenie praktycznie nie występują istotne stacjonarne źródła hałasu, mogące wpływać na klimat akustyczny w skali makro. Jedynie w skali mikro, w bezpośrednim otoczeniu gospodarstw oraz istniejących farm wiatrowych, możliwe jest występowanie podwyższonych poziomów hałasu w środowisku, których głównym źródłem są maszyny rolnicze oraz praca turbin wiatrowych.

W celu określenia poziomu tła akustycznego wykonano całodobowe pomiary poziomu dźwięku w dwóch punktach pomiarowych tj. P9 i P10. Lokalizacja punktów dobrana została tak, aby możliwie najpełniej zbadać czynniki kształtujące klimat akustyczny w otoczeniu planowanej farmy wiatrowej. Posesje przy których mierzono, znajdują się najbliżej planowanych turbin wiatrowych. W otoczeniu punktów pomiarowych nie występują żadne znaczące obiekty ekranujące hałas przenikający do środowiska, poza istniejącą zabudową zagrodową oraz ukształtowaniem terenu. W pobliżu punktów kontrolnych, nie znajdują się również żadne istotne stacjonarne źródła hałasu, mogące determinować hałas w otoczeniu.

Dokładną lokalizację punktów pomiarowych przedstawiono na załącznikach graficznych przedstawiających oddziaływanie akustyczne farmy.

Szczegółowy opis lokalizacji punktu pomiarowego oraz analiza otrzymanych wyników przedstawiona została w Aneksie 4, a w powyższym rozdziale przedstawiono jedynie wnioski.

Przeprowadzona analiza posłuży za punkt wyjścia, określający panujący obecnie klimat akustyczny, przy projektowanych nowych farmach wiatrowych, pozwalając w przyszłości określić zakres zmian stanu klimatu akustycznego na badanym terenie.

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów można stwierdzić, że w badanych punktach pomiarowych w większości panuje bardzo dobry klimat akustyczny, wyrażający się niskim poziomem tła akustycznego, pomimo istnienia w dalszej odległości turbin wiatrowych.

Wyniki całodobowych pomiarów poziomu hałasu dla pory dnia i nocy wraz komentarzem uzyskanych wartości przedstawiono w tabeli poniżej.

Tabela 7.1-2 Wyniki pomiarów tła akustycznego

Punkt pomiarowy	L_{AeqD} [dB]	L_{AeqN} [dB]	Komentarz
P9	51,5	46,8	Na wynik ten wpływają głównie zdarzenia akustyczne, charakteryzujące się dużymi poziomami dźwięku, takie jak szczekanie psów, praca kosiarki, prace w gospodarstwie sąsiadującym oraz remont dachu.
P10	59,8	47,1	Na wynik ten wpływają głównie zdarzenia akustyczne, charakteryzujące się dużymi poziomami dźwięku, takie jak szczekanie psów, praca traktora w polu oraz praca urządzeń w gospodarstwie (wentylator).

Etap realizacji inwestycji

Uciążliwość akustyczna inwestycji na etapie jej realizacji wiąże się w głównej mierze z ruchem ciężkich pojazdów transportujących elementy elektrowni. Transport odbywać się będzie drogami publicznymi.

Drugim źródłem hałasu będą prace budowlane prowadzone zarówno w liniach przebiegu dróg dojazdowych do elektrowni wiatrowych, jak i w miejscach realizacji samych wież elektrowni. Ze względu na znaczną odległość od zabudowy mieszkaniowej będą to oddziaływania o małej intensywności i nie postrzegane jako uciążliwe. Poniżej scharakteryzowano potencjalny wpływ transportu, oraz prac budowlanych na stan klimatu akustycznego środowiska.

W celu zapobiegania i minimalizacji negatywnego oddziaływania akustycznego na etapie realizacji inwestycji prowadzone prace wykonywane będą etapowo. W ramach kolejnych etapów planowane jest:

- Transport
- Przygotowanie terenu do budowy
- Prowadzenie prac ziemnych
- Dostawa i wylewanie betonu
- Praca dźwigu

Dodatkowo w celu minimalizacji planowane prace prowadzone będą tylko w porze dnia (06.00-22.00).

Transport

Poszczególne elementy turbin wiatrowych, oraz inne elementy budowlane dostarczane będą na teren inwestycji transportem drogowym. Przewiduje się, że w okresie tygodnia odbywać się będzie nie więcej niż kilka przejazdów dużych ładunków. Do transportu elementów elektrowni używane będą specjalnie do tego celu przeznaczone samochody ciężarowe z naczepami. Pojazdy ciężarowe poruszać się będą w znacznych odstępach czasowych, tak aby umożliwić wyprzedzanie innym użytkownikom dróg.

Ze względu na małe natężenie ruchu pojazdów ciężarowych, emisja hałasu w środowisku powodowanego przez nie będzie pomijalnie mała i nie jest analizowana w niniejszym rozdziale.

Budowa dróg dojazdowych.

Montaż wież elektrowni wiatrowych odbywać się będzie po uprzednim zrealizowaniu dróg dojazdowych. Drogi dojazdowe realizowane będą z wykorzystaniem ciężkiego sprzętu do prac ziemnych. Z tym etapem wiązać się będzie emisja hałasu do środowiska, ale biorąc pod uwagę moc akustyczną źródła, emisję na małej wysokości, oraz znaczną odległość pomiędzy terenami chronionymi a frontem robót, będzie to oddziaływanie nie powodujące uciążliwości, ani przekroczeń standardów jakości środowiska.

Zakładając że poziom mocy akustycznej frontu robót przy realizacji dróg dojazdowych sięgać będzie 106 dB(A), a najmniejsza odległość planowanych dróg dojazdowych od terenów chronionych wyniesie ok. 110 m, to można oczekiwać, że ekwiwalentny poziom hałasu od frontu robót na terenach chronionych nie będzie w żadnym przypadku większy niż $L_{Aeq} = 106 - 11 - 20 * \log(110) = 106 - 11 - 41 = 54$ dB(A). [BUD-1]

Wyliczony powyżej poziom hałasu od prac budowlanych na drogach dojazdowych jest mniejszy od 55 dB(A) [dopuszczalny poziom hałasu dla pory dnia na terenach zabudowy zagrodowej] i nie będzie stanowić ponadnormatywnej uciążliwości dla mieszkańców okolicznych miejscowości.

Technologie budowlane stosowane na etapie realizacji elektrowni wiatrowych i związane z nimi źródła hałasu.

Obliczenia emisji hałasu w środowisku na etapie realizacji wież elektrowni oparto o wyniki pomiarów zawarte w bazie danych „Database for prediction of noise on construction and open sites”, opracowanej przez Helpworth Acoustics na zlecenie DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs).

Dane zawarte w bazie pochodzą z pomiarów prowadzonych w terenie przy placach budów gdzie trwały różnego typu operacje budowlane. Wyniki pomiarów scharakteryzowane są ekwiwalentnymi poziomami hałasu zmierzonymi w odległości 10 m od źródła hałasu korygowanymi krzywą „A”.

W oparciu o wstępne materiały koncepcyjne stwierdza się, że na etapie realizacji inwestycji może zaistnieć konieczność wykorzystania następującego rodzaju sprzętu budowlanego:

- na etapie przygotowania terenu do budowy zakłada się możliwość wykorzystania spychacza gąsienicowego, lub kołowego. Ponadto będzie wykorzystana

koparka. Hałas w odległości 10 m od tego typu urządzeń kształtuje się na poziomie 70-78 dB(A) [źródło **ZB-1**]

- na etapie prowadzenia prac ziemnych (np. przygotowanie wykopów pod fundamenty) zakłada się pracę koparki i spychacza. Przy tego typu pracach poziom hałasu może być bardzo zbliżony do poprzedniego etapu i kształtuje się w granicach 71-81 dB(A) w odległości 10 m od miejsca prowadzenia prac. Prace te wiążą się jednocześnie z załadunkiem materiału na ciężarówce. [źródło **ZB-2**]
- kolejnym etapem z którym wiąże się emisja hałasu do środowiska będzie dostawa i wylewanie betonu na etapie realizacji fundamentów. Tutaj w odległości 10 m od stanowiska pracy urządzenia poziom hałasu może być bardzo zróżnicowany. Dla potrzeb niniejszych obliczeń przyjęto iż poziom hałasu sięga tutaj 70 dB(A) [źródło **ZB-3**]
- przez dłuższy okres emisja hałasu z placu budowy może występować w czasie pracy dźwigu. W zależności od rodzaju urządzenia poziom hałasu w odległości 10 m kształtuje się na poziomie około 75 dB(A) [źródło **ZB-4**]

Poza wymienionymi powyżej źródłami hałasu można wymienić jeszcze szereg urządzeń, które generują hałas o niższym poziomie, nie istotnym dla rozkładu pola akustycznego w środowisku w okresie realizacji inwestycji.

Emisja hałasu – obliczenia.

Obliczenia poziomu hałasu w środowisku na etapie realizacji wież elektrowni przeprowadzono przyjmując założenie, że każdy z etapów prac budowlanych wymienionych we wcześniejszym rozdziale nie mogą występować jednocześnie. Ponadto przyjęto założenia dotyczące czasu pracy źródeł hałasu zgodnie z poniższą tabelą.

Tabela 7.1-3 Scenariusze obliczeniowe rozkładu pola akustycznego w czasie realizacji inwestycji.

Etap prac	Źródło hałasu	Chwilowa moc punktowego źródła zastępczego	Czas pracy źródła w okresie najbardziej niekorzystnych godzin pracy	Ekwiwalentny poziom mocy akustycznej
I	ZB-1	$L_{WA} = 78 + 20 + 11 = 109 \text{ dB(A)}$	3	104,5 dB(A)
II	ZB-2	$L_{WA} = 81 + 20 + 11 = 112 \text{ dB(A)}$	2	106,0 dB(A)
V	ZB-3	$L_{WA} = 70 + 20 + 11 = 101 \text{ dB(A)}$	2	95,0 dB(A)
VI	ZB-4	$L_{WA} = 75 + 20 + 11 = 106 \text{ dB(A)}$	2	100,0 dB(A)

Poziom hałasu w środowisku na etapie realizacji inwestycji.

Jak wynika z przeprowadzonych obliczeń [tabela nr 7.1-3], w różnych okresach prowadzonej inwestycji zasięg występowania hałasu o zróżnicowanym poziomie może być bardzo różny, a w skrajnych przypadkach różnice te będą sięgać kilkunastu dB(A).

W celu oszacowania zasięgów uciążliwości akustycznej inwestycji na etapie budowy w Tabeli 7.1-4 zestawiono wszystkie istotne źródła hałasu wraz z zasięgami oddziaływania dla izolinii 40, 45 i 55 dB(A).

Tabela 7.1-4 Scenariusze obliczeniowe rozkładu pola akustycznego w czasie realizacji inwestycji.

L.p.	Urządzenie	Moc [dB(A)]	Zasięg oddziaływania dla izolinii 40 dB(A). d [m]	Zasięg oddziaływania dla izolinii 45 dB(A). d [m]	Zasięg oddziaływania dla izolinii 55 dB(A). d [m]
1	BUD-1	106,0	562,3	316,2	100,0
2	ZD-1	104,5	473,2	266,1	84,1
3	ZD-2	106,0	562,3	316,2	100,0
4	ZD-3	95,0	158,5	89,1	28,2
5	ZD-4	100,0	281,8	158,5	50,1

Jak wynika z obliczeń równego poziomu hałasu zasięgi oddziaływania źródeł hałasu dla izolinii 45 dB(A) dochodzą do 316,2 m, natomiast dla izofony 40 dB(A) – do 560 m. Lokalizacja źródeł hałasu związanych z budową dróg oraz urządzeniami wykorzystywanymi w różnych etapach budowy będzie się zmieniać, wraz z postępowaniem prac. Przy pracach wykonywanych blisko terenów mieszkalnych poziom hałasu może przekraczać wartości 40 dB(A) lub 45 dB(A). Jeżeli prace wykonywane będą tylko w porze dnia, to zasięg oddziaływania hałasu będzie znacznie mniejszy (maksymalnie ok. 100 m), co w połączeniu z krótkim czasem prac w jednym miejscu (kilka, kilkanaście dni), powoduje że uciążliwość hałasu będzie niewielka.

Ze względu na charakter źródła, poziom hałasu powodowany pracami budowlanymi nie może być porównywany z standardami określającymi poziom hałasu od instalacji czy też od źródeł o charakterze komunikacyjnym. Ze względu na odległość najbliższych terenów chronionych od terenu inwestycji można stwierdzić, że uciążliwość dla okolicznych mieszkańców będzie zminimalizowana do minimum.

Etap funkcjonowania farmy wiatrowej

Charakterystyka akustyczna źródła hałasu

Elektrownie wiatrowe generują hałas w pełnym zakresie widma, tzn. zarówno nisko, średnio, jak i wysokoczęstotliwościowy. Źródłem hałasu są zarówno urządzenia pracujące w głównym module elektrowni, jak i zjawiska mające miejsce gdy płyty turbiny napotykać na turbulencje w przepływającym powietrzu, albo też same generują turbulencje na szczytach łopat bądź na krawędziach spływu. W starszych typach turbin występował też czasem dźwięk tonalny, ale w współczesnych turbinach praktycznie on nie występuje.

Podstawę obliczeń stanowiły dane akustyczne i techniczne przekazane przez zamawiającego i producenta turbiny, przedstawione w tabeli 7.1-5.

Tabela 7.1-5 Parametry techniczne i akustyczne rozpatrywanych turbin

Typ turbiny	Wariant I	Wariant II	Wariant III
Liczba turbin	7	5	4
Moc [MW]	4,5	3,0	2,35
Średnica wirnika [m]	136	112	93
Wysokość wieży [m]	120	119	80
Maksymalny poziom mocy akustycznej [dB(A)]	107,8	106,5	105,4

Danymi charakteryzującymi hałas konkretnego typu turbiny, będącymi jednocześnie danymi wejściowymi do modelu obliczeniowego jest poziom mocy akustycznej. Poziom tej mocy wyznaczą się zgodnie z normą PN-EN 61400-11 *Turbozespoły wiatrowe -- Część 11: Procedury pomiaru hałasu*. Norma ta w sposób szczegółowy opisuje metodę pomiaru oraz sposób przedstawiania i opracowania wyników, umożliwiając weryfikację otrzymanych wyników. W ramach pomiarów uwzględnia się wszystkie typy hałasu generowanego przez badaną turbinę wiatrową i wyraża poziomem mocy akustycznej przy danej prędkości wiatru.

W obliczeniach wszystkie turbiny zastąpiono wszechkierunkowym punktowym źródłem hałasu z widmowym rozkładem poziomu mocy akustycznej, którego jednolicebowa wartość, warzona krzywa A, przyjmować może jedną z kilku wartości, w zależności od trybu w jakim pracuje turbina.

Zestawienie widmowych rozkładów dla każdego z przyjmowanych poziomów mocy akustycznej przedstawiono w tabeli 7.1-6. Przedstawione poziomy określone zostały dla poszczególnych wysokości wieży (patrz: Tabela 7.1-5) i na takiej wysokości umieszczono źródła w modelu obliczeniowym.

Tabela 7.1-6 Widmowe poziomy mocy akustycznej generowane przez badane typy turbin.

Wariant I								
Poziom mocy akustycznej, L_{WA} [dB]	Częstotliwość [Hz]							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
107,8	85,0	94,6	100,2	102,5	101,3	98,8	97,0	93,0
106,4	83,5	93,2	98,7	101,1	99,9	97,4	95,6	91,6
104,5	81,7	91,3	96,9	99,2	98,0	95,5	93,7	89,7
102,5	79,7	89,3	94,9	97,2	96,0	93,5	91,7	87,7
101,6	78,8	88,4	94,0	96,3	95,1	92,6	90,8	86,8
100,0	77,2	86,8	92,4	94,7	93,5	91,0	89,2	85,2
Wariant II								
Poziom mocy akustycznej, L_{WA} [dB]	Częstotliwość [Hz]							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
106,5	92	95,2	102,5	98,5	98,1	96,4	96,2	84,3
102,8	86,5	92,4	96,4	96,7	96,3	94,4	88,6	77,4
100,0	82,4	91,8	92,9	93,5	93,7	90,5	88,7	72,5
Wariant III								
Poziom mocy akustycznej, L_{WA} [dB]	Częstotliwość [Hz]							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
105,4	84,6	93,6	100,3	100,7	97,8	94,3	89	85,3
104,6	83,8	92,8	99,5	99,9	97,0	93,5	88,2	84,5
99,8	79,0	88,0	94,7	95,1	92,2	88,7	83,4	79,7

Metodyka prognostyczna i obliczeniowa.

Obliczenia przeprowadzone w ramach opracowania odzwierciedlają stan klimatu akustycznego w otoczeniu elektrowni wiatrowej jaki ukształtuje się bezpośrednio po oddaniu obiektu do użytkowania, podczas pracy elektrowni. Obliczenia opierają się o poziom mocy akustycznej urządzenia podany przez producenta, który dla danej prędkości wiatru jest stały w czasie. Z tego też względu wyniki obliczeń nie są obciążone błędem prognozy, a jedynie błędem zastosowanej metodyki obliczeniowej opisaną w kolejnym podrozdziale.

Model obliczeniowy

Obliczenia rozprzestrzeniania się fali akustycznej w środowisku przeprowadzono w oparciu o model propagacji dźwięku określony normami PN-ISO 9613-2 „Akustyka. Tłumienie dźwięku podczas propagacji w przestrzeni otwartej. Ogólna metoda obliczeniowa” oraz PN-ISO 9613-1 „Akustyka. Tłumienie dźwięku podczas propagacji w przestrzeni otwartej. Obliczenia pochłaniania dźwięku przez atmosferę” zaimplementowany w programie SoundPlan v. 7.2. Stosownie do obliczeń hałasu w środowisku metody obliczeniowej zawartej w normie PN-ISO 9613-2 wynika z zapisów zawartych w polskim i unijnym ustawodawstwie. Zgodnie z polskim prawem do oceny hałasu przemysłowego (w tym od turbin wiatrowych) w ramach kontroli zastosowanie ma załącznik nr 6 Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 4 listopada 2008r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji oraz pomiarów ilości pobieranej wody, który w punkcie F w sposób jednoznaczny wskazuje powyższą normę do określania poziomu hałasu metodami obliczeniowymi. Dodatkowo zgodnie z dyrektywą unijną 2002/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 25 czerwca 2002 r. odnosząca się do oceny i zarządzania poziomem hałasu w środowisku w załączniku II również zaleca stosowanie powyższej normy dla hałasu przemysłowego. Zastosowana metoda obliczeniowa pomimo ograniczeń jest jedyną w oparciu o którą można obecnie oceniać inwestycję zgodnie z polskim prawem. Głównym ograniczeniem normy jest wysokości na której mogą znajdować się źródła hałasu, jednakże ograniczenie to nie wyklucza jej stosowania. Norma mówi jedynie, że dla źródeł znajdujących się blisko powierzchni ziemi wyniki obliczeń zawierają się w określonych granicach błędów. Jak wykazują liczne badania wykonywane w ramach pomiarów kontrolnych po oddaniu inwestycji wiatrowych wyniki pomiarów praktycznie zawsze są znacznie poniżej wartości osiąganych w obliczeniach i jedynie niekiedy zbliżają się do nich, nigdy ich nie przekraczając. W praktyce zdarzają się też często sytuacje, że poziomy hałasu mierzone podczas pracy turbin są nierozróżnialne z poziomem tła akustycznego naturalnie występującego na danym terenie.

W przypadku hałasu turbin wiatrowych na poziom hałasu w środowisku wpływ mogą mieć:

- poziom mocy akustycznej źródła hałasu oraz jego inne właściwości akustyczne
- odległość źródła hałasu od odbiornika
- ukształtowanie terenu
- pokrycie terenu
- warunki atmosferyczne, a w szczególności prędkość i kierunek wiatru

Ze względu na te parametry, które w najistotniejszy sposób wpływają na ostateczny wynik obliczeń poziomu hałasu w środowisku, w poniższych podpunktach scharakteryzowano wprowadzone do modelu obliczeniowego dane.

Źródła hałasu

Hałas turbin wiatrowych farmy „Zarzecze Jeleniewskie” modelowany jest poprzez wstawienie na wysokości podanej w tabeli 7.1-5, w miejscu lokalizacji wieży, wszechkierunkowych punktowych źródeł hałasu. Wszechkierunkowość źródła przyjmuje się celowo, ponieważ zapewnia to że każdy kierunek wokół turbiny jest tak samo narażony na hałas, gwarantując maksymalne możliwe oddziaływanie akustyczne. Do wejściowych obliczeń w projekcie przyjęto poziom mocy akustycznej poszczególnych źródeł zależny od rozpatrywanego wariantu, a następnie jeśli było to konieczne przeprowadzono optymalizację. Szczegółowe dane na temat wprowadzonych poziomów mocy akustycznej przedstawiono w tabeli 7.1-6.

Ukształtowanie terenu

Ukształtowanie terenu jest jednym z ważniejszych czynników mającym wpływ na poziom hałasu w środowisku, szczególnie w miejscach, gdzie występują duże różnice w wysokości terenu, mogące powodować powstawanie cienia akustycznego na terenach chronionych. Dlatego dla potrzeb obliczeń utworzono cyfrowy model terenu w oparciu o ogólnie dostępne mapy topograficzne. W badanym układzie teren wokół turbin w przeważającej części jest pofałdowany i urozmaicony. Miejscami, zwłaszcza w okolicach cieków wodnych, zmiany wysokości są znaczące na tyle, że mogą wpływać na rozkład poziomu hałasu.

Warunki atmosferyczne

W obliczeniach przyjęto następujące wartości parametrów meteorologicznych określone na podstawie danych IMiGW z okresu 30 lat.

- Ciśnienie powietrza 1015,25 hPa
- Wilgotność: 82,5 %
- Temperatura: 6,4 °C

Pokrycie terenu

Pokrycie terenu odgrywa istotną rolę w propagacji dźwięku w środowisku dla źródeł hałasu usytuowanych blisko ziemi. Wraz ze wzrostem wysokości, na której jest źródło, wpływ ten stopniowo maleje, by powyżej pewnej wysokości utrzymywać się na stałym poziomie. W przypadku źródeł umieszczonych na dużych wysokościach kluczowym czynnikiem, wpływającym na właściwości typ gruntu jest kąt padania fali odbitej, docierającej do punktu odbioru. W przypadku farm wiatrowych, gdzie zabudowa jest oddalona od turbiny kilkaset metrów, kąt ten jest stosunkowo mały, co sprawia że właściwości akustyczne gruntu nie ulegają zmianie i są zgodne ze stanem faktycznym.

W modelu obliczeniowym przyjęto, iż cały teren to obszary łąkowe i rolnicze, czyli tereny pochłaniające (z akustycznego punktu widzenia). Należy jednak zauważyć, że podczas okresu zimy obszary te mogą być pokryte zmarzniętą warstwą śniegu, która posiada jeszcze większe zdolności pochłaniania dźwięku. W modelu obliczeniowym nie uwzględniono terenów leśnych, które w tym przypadku nie powinny mieć jednak większego wpływu na rozprzestrzeniania się fali akustycznej.

Obiekty ekranujące

W oparciu o dostępne mapy oraz ortofotomapy terenu planowanej farmy wiatrowej można stwierdzić, iż pomiędzy źródłem hałasu a odbiornikiem nie będzie żadnych obiektów mogących powodować cień akustyczny. Wyjątek stanowi zabudowa zagrodowa, która będzie z pewnością osłaniać siebie w ramach miejscowości, jednakże pomiędzy turbinami a pierwszymi budynkami zabudowy mieszkaniowej elementy ekranujące nie będą występować.

Parametry modelu obliczeniowego

Obliczenia rozkładu pola akustycznego przeprowadzono przy następujących ustawieniach parametrów algorytmu liczącego:

- Liczba odbić: 3
- Promień poszukiwania: 5000 m
- Krzywa korekcyjna: A
- Ekranowanie boczne: TAK

Autoekranowanie:	TAK
Standardy:	
Przemysł:	ISO 9613-2
Pochłanianie przez powietrze:	ISO 9613-1
Maksymalne ekranowanie:	
pojedyncze/wielokrotne:	20 dB /25 dB
Siatka obliczeniowa:	
Krok siatki:	10,00 m
Wysokość siatki npt.:	4,0 m
Interpolacja:	
Pole obliczeniowe =	9x9
Min/Max =	10,0 dB
Różnica=	0,1 dB

Uproszczenia i niepewność obliczeń

Interpretując wyniki przeprowadzonych obliczeń należy pamiętać o przyjętych do opracowania uproszczeniach, które w skrajnych przypadkach mogą mieć istotny wpływ dla podejmowanych decyzji. Z najistotniejszych wymienić należy:

- W opracowaniu w każdym obliczeniu przyjęto duże pochłanianie dźwięku przez teren (tereny rolne i łąki), czyli sytuację typową dla warunków letnich. Należy zatem wziąć pod uwagę, iż w okresie zimowym zalegać może zmarznięta pokrywa śnieżna, której pochłanianie jest inne. W związku z tym otrzymane wyniki mogą okazać się zbyt optymistyczne dla pory zimowej. Jednak przy wysokości elektrowni powyżej 80m wpływ pochłaniania gruntu na rozchodzenie się dźwięku będzie najprawdopodobniej zauważalny dla odległości od źródła powyżej ok. 500m.
- Pomimo tego, że w obliczeniach zastosowano najnowsze obowiązujące normy w zakresie obliczeń propagacji dźwięku w środowisku, zawsze istnieje będzie rozbieżność pomiędzy wynikami obliczeń, a wynikami pomiarów prowadzonych w warunkach rzeczywistych
- W obliczeniach nie uwzględniono między innymi faktu, iż emisja hałasu z turbin następuje w sposób kierunkowy. Jak wynika z szeregu badań prowadzonych w USA turbina jest źródłem silnie kierunkowym i emituje największy hałas na kierunku swojej osi obrotu, natomiast w płaszczyźnie turbiny emisja hałasu jest zdecydowanie najmniejsza. W przyjętym modelu hałas turbin emitowany jest tak samo w każdym kierunku.

Warianty obliczeniowe

Obliczenia poziomu hałasu w środowisku przeprowadzone zostały dla różnych typów turbin wiatrowych. W ramach analizy przeprowadzono symulacje w trzech wariantach.

- Wariant I – zakładający pracę 7 turbin o maksymalnym poziomie mocy akustycznej 107,8 dB(A)
- Wariant II – zakładający pracę 5 turbin o maksymalnym poziomie mocy akustycznej 106,5 dB(A)
- Wariant III – zakładający pracę 4 turbin o maksymalnym poziomie mocy akustycznej 105,4 dB(A)

W każdym z wariantów rozpatrzono oddziaływanie hałasu generowanego przez inny typ turbiny wiatrowej farmy Zarzeczce Jeleniewskie. Pozostałe elementy modelu obliczeniowego są stałe.

Wyniki obliczeń dla okresu funkcjonowania farmy wiatrowej

Dla wszystkich rozpatrywanych wariantów wykonane zostały obliczenia rozkładu poziomu hałasu, a wyniki tych obliczeń zaprezentowane zostały w załącznikach graficznych, osobno dla każdego wariantu. W ramach każdego załącznika przedstawiono oddziaływania akustyczne planowanych turbin z podziałem na porę dnia i nocy. W przypadku pracy w porze nocnej konieczne jest redukowanie poziomu mocy akustycznej lub całkowite wyłączenie niektórych turbin, w celu zagwarantowania poziomów hałasu spełniających wymagań w zakresie ochrony środowiska przed hałasem na terenach objętych ochroną

Wariant I

W wariantcie tym przeanalizowano oddziaływanie akustyczne 7 turbin wiatrowych o maksymalnym poziomie mocy akustycznej 107,8 dB(A). W porze dziennej założono pracę w wszystkich z maksymalnym poziomem mocy akustycznej. Z przeprowadzonych dla pory dnia obliczeń wynika, że na części terenów objętych ochrona przed hałasem przekroczony jest dopuszczalny poziom hałasu dla pory nocnej, natomiast w porze dnia brak jest jakichkolwiek przekroczeń. W związku z tym dla pory nocnej konieczna jest redukcja poziomu mocy akustycznej turbin. Po zredukowaniu poziomu mocy akustycznej w porze nocnej możliwe jest spełnienie wymagań w zakresie ochrony środowiska przed hałasem na najbliższych terenach objętych ochroną przed hałasem.

Wyniki obliczeń wykonanych w ramach wariantu I przedstawione zostały na załączniku graficznym **7.1a**. Dodatkowo w celu lepszej kontroli wykonano obliczenia w punktach kontrolnych zlokalizowanych przy najbliższych terenach objętych ochrona przed hałasem, a wyniki tych obliczeń przedstawiono w tabeli poniżej.

Tabela 7.1-7 Wyniki obliczeń poziomu hałasu w punktach kontrolnych. Wariant I.

Wariant I			
Punkt kontrolny	Dopuszczalny poziom dźwięku dzień/noc [dB(A)]	Obliczony poziom dźwięku [L_{AeqD}/L_{AeqN} dB(A)]	Przekroczenie wartości dopuszczalnej dzień/noc [dB(A)]
PK-Z1	55/45	53,1/44,0	-
PK-Z2	55/45	48,3/42,7	-
PK-Z3	55/45	50,6/44,6	-
PK-Z4	55/45	50,4/44,6	-
PK-Z5	55/45	48,3/44,6	-

Jak wykazały obliczenia w celu spełnienia wymagań ochrony środowiska przed hałasem praca poszczególnych turbin wiatrowych może się odbywać z poziomem mocy akustycznej przedstawionym w tabeli poniżej.

Tabela 7.1-8 Poziomy mocy akustycznej poszczególnych turbin wiatrowych gwarantujące dotrzymanie standardów akustycznych. Wariant I.

Turbina	Poziomy mocy akustycznej w porze dnia [L_{WA} (dBA)]	Poziomy mocy akustycznej w porze nocy [L_{WA} (dBA)]
Z1	107,8	102,5
Z2	107,8	wyłączona
Z3	107,8	104,5
Z4	107,8	104,5
Z5	107,8	102,5
Z6	107,8	101,6
Z7	107,8	101,6

Wariant II

W wariancie tym przeanalizowano oddziaływanie akustyczne 5 turbin wiatrowych o maksymalnym poziomie mocy akustycznej 106,5 dB(A). W porze dziennej założono pracę w wszystkich z maksymalnym poziomem mocy akustycznej. Z przeprowadzonych dla pory dnia obliczeń wynika, że na części terenów objętych ochrona przed hałasem przekroczony jest dopuszczalny poziom hałasu dla pory nocnej, natomiast w porze dnia brak jest jakichkolwiek przekroczeń. W związku z tym dla pory nocnej konieczna jest redukcja poziomu mocy akustycznej turbin. Po zredukowaniu poziomu mocy akustycznej w porze nocnej możliwe jest spełnienie wymagań w zakresie ochrony środowiska przed hałasem na najbliższych terenach objętych ochroną przed hałasem.

Wyniki obliczeń wykonanych w ramach wariantu II przedstawione zostały na załączniku graficznym 7.1b. Dodatkowo w celu lepszej kontroli wykonano obliczenia w punktach kontrolnych zlokalizowanych przy najbliższych terenach objętych ochroną przed hałasem, a wyniki tych obliczeń przedstawiono w tabeli poniżej.

Tabela 7.1-9 Wyniki obliczeń poziomu hałasu w punktach kontrolnych. Wariant II.

Wariant II			
Punkt kontrolny	Dopuszczalny poziom dźwięku dzień/noc [dB(A)]	Obliczony poziom dźwięku [L_{AeqD}/L_{AeqN} dB(A)]	Przekroczenie wartości dopuszczalnej dzień/noc [dB(A)]
PK-Z1	55/45	51,6/43,7	-
PK-Z2	55/45	47,0/43,0	-
PK-Z3	55/45	49,4/44,5	-
PK-Z4	55/45	48,6/43,3	-
PK-Z5	55/45	39,3/33,8	-

Jak wykazały obliczenia w celu spełnienia wymagań ochrony środowiska przed hałasem praca poszczególnych turbin wiatrowych może się odbywać z poziomem mocy akustycznej przedstawionym w tabeli poniżej.

Tabela 7.1-10 Poziomy mocy akustycznej poszczególnych turbin wiatrowych gwarantujące dotrzymanie standardów akustycznych. Wariant II.

Turbina	Poziomy mocy akustycznej w porze dnia [L_{WA} (dBA)]	Poziomy mocy akustycznej w porze nocy [L_{WA} (dBA)]
Z1	106,5	102,8
Z2	106,5	wyłączona
Z5	106,5	102,8
Z6	106,5	100,0
Z7	106,5	102,8

Wariant III

W wariancie tym przeanalizowano oddziaływanie akustyczne 4 turbin wiatrowych o maksymalnym poziomie mocy akustycznej 105,4 dB(A). W porze dziennej założono pracę w wszystkich z maksymalnym poziomem mocy akustycznej. Z przeprowadzonych dla pory dnia obliczeń wynika, że na części terenów objętych ochrona przed hałasem przekroczony jest dopuszczalny poziom hałasu dla pory nocnej, natomiast w porze dnia brak jest jakichkolwiek przekroczeń. W związku z tym dla pory nocnej konieczna jest redukcja poziomu mocy akustycznej turbin. Po zredukowaniu poziomu mocy akustycznej w porze nocnej możliwe jest spełnienie wymagań w zakresie ochrony środowiska przed hałasem na najbliższych terenach objętych ochroną przed hałasem.

Wyniki obliczeń wykonanych w ramach wariantu III przedstawione zostały na załączniku graficznym 7.1c. Dodatkowo w celu lepszej kontroli wykonano obliczenia w punktach kontrolnych zlokalizowanych przy najbliższych terenach objętych ochroną przed hałasem, a wyniki tych obliczeń przedstawiono w tabeli poniżej.

Tabela 7.1-11 Wyniki obliczeń poziomu hałasu w punktach kontrolnych. Wariant III.

Wariant III			
Punkt kontrolny	Dopuszczalny poziom dźwięku dzień/noc [dB(A)]	Obliczony poziom dźwięku [L_{AeqD}/L_{AeqN} dB(A)]	Przekroczenie wartości dopuszczalnej dzień/noc [dB(A)]
PK-Z1	55/45	50,9/41,9	-
PK-Z2	55/45	43,1/41,0	-
PK-Z3	55/45	47,6/44,8	-
PK-Z4	55/45	48,2/44,7	-
PK-Z5	55/45	38,1/35,0	-

Jak wykazały obliczenia w celu spełnienia wymagań ochrony środowiska przed hałasem praca poszczególnych turbin wiatrowych może się odbywać z poziomem mocy akustycznej przedstawionym w tabeli poniżej.

Tabela 7.1-12 Poziomy mocy akustycznej poszczególnych turbin wiatrowych gwarantujące dotrzymanie standardów akustycznych. Wariant III.

Turbina	Poziomy mocy akustycznej w porze dnia [L_{WA} (dBA)]	Poziomy mocy akustycznej w porze nocy [L_{WA} (dBA)]
Z2	105,4	wyłączona
Z5	105,4	104,6
Z6	105,4	99,8
Z7	105,4	104,6

Podsumowanie

Analiza przebadanych wariantów rozkładu poziomu hałasu wokół planowanej farmy wiatrowej „Zarzecze Jeleniewskie” wskazuje, że każdy z rozpatrywanych wariantów spełnia wymagania w zakresie ochrony środowiska przed hałasem. W żadnym z badanych wariantów nie stwierdzono przekroczenia dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku, pod warunkiem redukcji poziomu mocy akustycznej wybranych turbin w porze nocy.

Likwidacja farmy wiatrowej

Ze względu na charakter inwestycji nie przewiduje się jej likwidacji w możliwym do przewidzenia okresie czasu. Należy jednak podkreślić, że uciążliwość akustyczna na etapie likwidacji farmy wiatrowej będzie zbliżona do oddziaływania na etapie realizacji inwestycji.

Monitoring

W trakcie realizacji inwestycji

Zgodnie z ustawą Prawo Budowlane art. 57, punkt 1, ustęp 4 inwestor przed przystąpieniem do użytkowania, do wniosku o udzielenie pozwolenia na przystąpienie do użytkowania zobowiązany jest dołączyć protokoły badań i sprawdzeń. W związku z tym stwierdza się konieczność przeprowadzenia jednorazowych pomiarów poziomu hałasu w środowisku zgodnie z referencyjną metodyką pomiarową określoną rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 4 listopada 2008 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji oraz pomiarów ilości pobieranej wody [Dz. U. Nr 206, poz. 1291 z 2008 r.] lub inną aktualnie obowiązującą metodyką referencyjną.

W trakcie funkcjonowania instalacji

Prowadzący instalację nie jest zobowiązany do prowadzenia okresowych pomiarów poziomu hałasu w środowisku w świetle rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 4 listopada 2008 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji oraz pomiarów ilości pobieranej wody [Dz. U. Nr 206, poz. 1291 z 2008 r.].

Oddziaływanie o charakterze transgranicznym.

Oddziaływanie akustyczne instalacji ma charakter lokalny. Ze względu na znaczną odległość od granicy państwa, można takie oddziaływanie całkowicie wykluczyć.

Analiza w zakresie oddziaływania skumulowanego

W sąsiedztwie planowanych turbin wiatrowych, na terenach sąsiednich obrębów Stara Pawłówka, Kruszki i Morgi w gminie Przerośl oraz w obrębie Malesowizna w gminie Jeleniewo, na kierunku zachodnim i wschodnim, zlokalizowane będą inne farmy planowane przez inwestora. Dodatkowo w bezpośrednim sąsiedztwie na obrębach sąsiadujących istnieją już działające turbiny firmy GAMESA. W celu pełniejszego pokazania wpływu planowanej inwestycji na kształt klimatu akustycznego najbliższego otoczenia oraz zoptymalizowaniu pracy farmy „Zarzecze Jeleniewskie” pod kątem pozostałych inwestycji planowanych na terenach sąsiednich ocenie poddano także oddziaływanie skumulowane istniejących i planowanych turbin wiatrowych.

W przypadku turbin planowanych przez inwestora na terenach znajdujących się poza niniejszym opracowaniem oraz już istniejących turbin poziom mocy akustycznej oraz wysokość wieży przyjęto zgodnie z zapisami odpowiednich raportów i prognoz oddziaływania akustycznego.

Wszystkie obliczenia wykonano dla wariantu III, który jest wariantem proponowanym przez wnioskodawcę do realizacji.

Wyniki przeprowadzonej analizy akustycznej oddziaływania skumulowanego przedstawiono na załączniku graficzny **7.1d**. W celu lepszej oceny poszczególnych wariantów, tak samo jak w przypadku analizy poszczególnych wariantów, ocenę oddziaływania akustycznego rozbito na porę dnia i nocy, które charakteryzują się różnymi standardami akustycznymi.

Wariant oddziaływania skumulowanego różni się jedynie liczbą turbin przyjętą do obliczeń, pozostałe elementy modelu obliczeniowego pozostały niezmiennione.

Pora dnia

Z obliczeń przeprowadzonych przy pracy z maksymalnym poziomem mocy akustycznej turbin istniejących i planowanych wynika, że na terenach objętych ochroną przed hałasem nie jest przekroczony dopuszczalny poziom hałasu dla pory dziennej, natomiast dla pory nocy konieczna jest optymalizacja poziomów mocy akustycznej poszczególnych turbin.

Pora nocy

Ponieważ z przeprowadzonych dla pory dnia obliczeń poziomu hałasu wynikają przekroczenia dopuszczalnych poziomów hałasu dla pory nocnej na terenach wokół planowanych przez inwestora elektrowni wiatrowych, konieczne było zredukowanie poziomu mocy akustycznej poszczególnych elektrowni wiatrowych, a przypadku niedotrzymania standardów akustycznych całkowite wyłączenie turbiny w nocy. Redukcja poziomu mocy akustycznej dotyczyła turbin objętych niniejszym postępowaniem. Dla rozpatrywanych w raporcie turbin konieczna jest redukcja mocy akustycznej w porze nocy. Poziom hałasu w punktach

Tabela 7.1-13 Wyniki obliczeń poziomu hałasu w punktach kontrolnych. Oddziaływanie skumulowane.

Oddziaływanie skumulowane			
Punkt kontrolny	Dopuszczalny poziom dźwięku dzień/noc [dB(A)]	Obliczony poziom dźwięku [L _{AeqD} /L _{AeqN} dB(A)]	Przekroczenie wartości dopuszczalnej dzień/noc [dB(A)]
PK-Z1	55/45	51,5/42,3	-

PK-Z2	55/45	48,1/42,5	-
PK-Z3	55/45	49,1/44,0	-
PK-Z4	55/45	48,6/44,9	-
PK-Z5	55/45	39,6/35,5	-

Posumowanie

Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że prognozowane oddziaływania skumulowane farmy wiatrowej „Zarzecze Jeleniewskie” i pozostałych turbin nie powoduje niekorzystnych zmian w kształcie klimatu akustycznego, pod warunkiem użycia turbin o poziomach mocy akustycznej nie większych niż:

Turbina	Poziom mocy akustycznej [dB(A)]	
	Pora dnia (6-22)	Pora nocy (22-6)
Z2	105,4	wyłączona
Z5	105,4	99,8
Z6	105,4	99,8
Z7	105,4	104,6

Wskazania do decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach realizacji inwestycji.

Funkcjonowanie instalacji nie może powodować przekroczenia dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku odpowiednio porą nocną i dzienną na granicy terenów zabudowy mieszkaniowej znajdujących się w otoczeniu inwestycji.

Przeprowadzone obliczenia pozwalają stwierdzić, iż konieczne jest zachowanie następujących warunków, aby dopuszczalne poziomy hałasu w środowisku były zachowane:

- w porze dziennej całkowity poziom mocy akustycznej każdej z turbin wiatrowych nie może być większy niż 105,4 dB(A), a jego widmowy rozkład dla poszczególnych pasm oktaowych nie może przekraczać wartości podanych w tabeli 7.1-6,
- w porze nocnej całkowity poziom mocy akustycznej poszczególnych turbin wiatrowych nie może być większy niż przedstawiony w tabeli poniżej, a jego widmowy rozkład dla poszczególnych pasm oktaowych nie może przekraczać wartości podanych w tabeli 7.1-6,
-

Turbina	L _{AW} [dB(A)]
Z2	wyłączona
Z5	99,8
Z6	99,8
Z7	104,6

- wysokość osi obrotu turbin wiatrowych nie może być mniejsza niż 80 m nad poziomem terenu

Zgodnie art.76 ust. 1 ustawy Prawa Ochrony Środowiska (Dz. U. nr 25 poz. 150, z późniejszymi zmianami) *Nowo zbudowany... obiekt budowlany lub instalacja nie mogą być oddane do użytkowania, jeżeli nie spełniają wymagań ochrony środowiska....* Zgodnie z powyższym oraz art. 76 ust. 2 pkt 4 (POŚ) na etapie oddawania instalacji do użytkowania konieczne jest przeprowadzenia jednorazowych pomiarów poziomu hałasu w środowisku zgodnie z referencyjną metodyką pomiarową określoną rozporządzeniem Ministra Środowis-

ka z dnia 4 listopada 2008 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji oraz pomiarów ilości pobieranej wody [Dz. U. Nr 206 poz. 1291 2008 r.].

W związku z powyższym nie wnioskuję się o nałożenie obowiązku wykonania analizy porealizacyjnej, ponieważ na etapie odbiorów konieczne jest wykazanie dotrzymania obowiązujących standardów ochrony środowiska przed hałasem na terenach objętych prawną ochroną przed hałasem.

Podejście takie umożliwi dużo szybszą ocenę wpływu oddanej inwestycji na kształt klimatu akustycznego i jednocześnie nie pozwala użytkować instalacji w przypadku przekroczenia standardów ochrony.

Po zakończeniu inwestycji, a przed oddaniem jej do użytkowania stwierdza się obowiązek przeprowadzenia jednorazowych pomiarów poziomu hałasu w środowisku zgodnie z referencyjną metodyką pomiarową określoną rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 4 listopada 2008 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji oraz pomiarów ilości pobieranej wody [Dz. U. Nr 206 poz. 1291 2008 r.].

Wnioski

1. Przeprowadzone analizy pozwalają stwierdzić, że realizacja inwestycji wiązać się będzie z emisją hałasu do środowiska zarówno na etapie jej realizacji, jak też w okresie funkcjonowania.
2. Etap realizacji przedsięwzięcia wiązać się będzie głównie z emisją hałasu powodowaną przez transport materiałów budowlanych oraz elementów konstrukcyjnych wież. Nie będzie to oddziaływanie bardziej znaczące od występującego obecnie oddziaływania związanego z wykonywaniem prac na gruntach rolnych z wykorzystaniem ciągników i rolniczych maszyn samobieżnych (np. kombajny).
3. Okres funkcjonowania wiązać się będzie z emisją hałasu powodowanego przez pracę generatorów prądu oraz łopat turbin wiatrowych.
4. Oddziaływanie akustyczne na etapie budowy instalacji uznać należy za znikome, nie powodujące hałasu o poziomie przekraczającym poziomy dopuszczalny, zarówno w porze dziennej jak i w przypadku prowadzenia prac budowlanych w porze nocnej.
5. Oddziaływanie akustyczne na etapie funkcjonowania farmy wiatrowej będzie w istotny sposób uzależnione od warunków pracy elektrowni, a w szczególności od prędkości wiatrów. Stwierdzono, że praca elektrowni z maksymalnym poziomem mocy akustycznej nie będzie powodować przekroczenia poziomów dopuszczalnych w porze dziennej. W porze nocnej w celu dotrzymania dopuszczalnych poziomów hałasu środowisku konieczne jest redukcowanie poziomu mocy akustycznej poszczególnych turbin, a w niektórych przypadkach nawet ich wyłączenie
6. Wynikające z obliczeń dla poziomów progowych, maksymalne dopuszczalne wartości poziomów mocy akustycznych poszczególnych turbin wiatrowych, które to wartości umożliwiają spełnienie wymagań w zakresie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku w porze nocnej i dziennej przy funkcjonowaniu całej farmy tj. pracy wszystkich turbin jednocześnie, przedstawiono w tabeli nr 7.1-14.

Tabela 7.1-14 Maksymalne dopuszczalne poziomy mocy akustycznej turbin wiatrowych w porze nocnej i dziennej.

Turbina	Poziom mocy akustycznej [dB(A)]	
	Pora dnia (6-22)	Pora nocy (22-6)
Z2	105,4	wyłączona
Z5	105,4	99,8
Z6	105,4	99,8
Z7	105,4	104,6

7. Praca wszystkich przeanalizowanych źródeł hałasu nie będzie powodować przekroczeń standardów jakości środowiska w zakresie emisji hałasu, pod warunkiem spełnienia wymagań określonych w rozdziale „Wskazania do decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach realizacji inwestycji”.
8. Instalacja nie wymaga prowadzenia ciągłego ani okresowego monitoringu poziomu hałasu w środowisku. Jedynie przed oddaniem instalacji do użytkowania stwierdza się konieczność przeprowadzenia pomiarów poziomu hałasu w środowisku zgodnie z obowiązującą metodyką referencyjną.

7.1.2 Oddziaływanie infradźwięków

Definicja infradźwięków i ich oddziaływanie na człowieka

Hałasem infradźwiękowym przyjęto nazywać hałas, w którego widmie występują składowe o częstotliwościach od 1 do 20 Hz, czyli składowe poniżej zakresu odbioru ludzkiego ucha. Obecnie w literaturze coraz powszechniej używa się również pojęcia hałas niskoczęstotliwościowy, które obejmuje szerszy zakres częstotliwości od około 10 Hz do 250 Hz. W przypadku hałasu turbin wiatrowych rozpatrywać powinno się oba zakresy: hałasu infradźwiękowego hałasu i niskoczęstotliwościowego. Infradźwięki i hałas niskoczęstotliwościowy charakteryzują się bardzo dużą długością fali (powyżej 17 m od częstotliwości 20 Hz) i przez to są słabo tłumione i mogą rozchodzić się na duże odległości [41].

Infradźwięki wbrew powszechnemu mniemaniu o ich niesłyszalności, są odbierane w organizmie specyficzną drogą słuchową (głównie przez narząd słuchu). Słyszalność ich zależy od poziomu ciśnienia akustycznego. Stwierdzono jednak dużą zmienność osobniczą w zakresie percepcji słuchowej infradźwięków, szczególnie dla najniższych częstotliwości. Progi słyszenia infradźwięków są tym wyższe, im niższa jest ich częstotliwość i wynoszą dla przykładu: dla częstotliwości 6 ÷ 8 Hz około 100 dB, a dla częstotliwości 12 ÷ 16 Hz około 90 dB. Poza specyficzną drogą słuchową infradźwięki odbierane są także przez receptory czucia wibracji. Progi tej percepcji znajdują się o 20 ÷ 30 dB wyżej niż progi słyszenia [41].

Gdy poziom ciśnienia akustycznego przekracza wartość 140 - 150 dB, infradźwięki mogą powodować trwałe, szkodliwe zmiany w organizmie. Możliwe jest występowanie zjawiska rezonansu struktur i narządów wewnętrznych organizmu, subiektywnie odczuwane już od 100 dB jako nieprzyjemne uczucie wewnętrznego wibrowania. Jest to obok ucisku w uszach jeden z najbardziej typowych objawów stwierdzonych przez osoby narażone na infradźwięki. Jednak dominującym efektem wpływu infradźwięków na organizm, jest ich działanie uciążliwe, występujące już przy niewielkich przekroczeniach progu słyszenia. Działanie to charakteryzuje się subiektywnie określonymi stanami nadmiernego zmęczenia, dyskomfortu, senności, zaburzeniami równowagi, sprawności psychomotorycznej oraz

zaburzeniami funkcji fizjologicznych. Obiektywnym potwierdzeniem tych stanów są zmiany w ośrodkowym układzie nerwowym, charakterystyczne dla obniżenia stanu czuwania [41].

Źródła infradźwięków

Źródła infradźwięków można podzielić na naturalne i sztuczne. Głównymi naturalnymi źródłami hałasu infradźwiękowego w środowisku są fale morskie, silny wiatr, trzęsienia ziemi, pioruny, duże wodospady oraz wulkany. Głównymi sztucznymi źródłami hałasu infradźwiękowego w środowisku są ciężkie pojazdy samochodowe, drgania mostów, eksplozje, odrzutowce i śmigłowce, przemysł, a ostatnio także elektrownie wiatrowe. Źródła hałasu infradźwiękowego występują również w środowisku pracy biurowej (urządzenia systemu klimatyzacji i wentylacji, dźwigi, urządzenia sieci informatycznej, hałas docierający z zewnątrz - głównie pochodzący od ruchu komunikacyjnego).

Ocena infradźwięków

Hałas infradźwiękowy w środowisku otwartym, w tym od turbin wiatrowych, jest nienormowany i nie posiada zdefiniowanych wskaźników do oceny jego szkodliwości dla ludzi. Zupełnie inaczej wygląda sytuacja hałasu infradźwiękowego na stanowisku pracy. Jego uciążliwość została dokładnie zbadana oraz opracowane zostały standardy jego oceny i dokładnie określone wartości dopuszczalne. Hałas infradźwiękowy na stanowiskach pracy jest charakteryzowany przez równoważny poziom ciśnienia akustycznego skorygowany charakterystyką częstotliwością G [42,43]. Jego dopuszczalny poziom odniesiony do dnia pracy wynosi 102 dBG (poziom ten jest zmniejszany dla młodocianych i kobiet w ciąży). Oprócz wskaźnika jednoliczbowego określone są także dopuszczalne poziomy hałasu dla pasm tercjowych od 10 Hz do 25 Hz.

W ramach prac badawczych nad infradźwiękami generowanymi przez turbiny wiatrowe zasadne jest użycie w punkcie wyjściowym istniejących wskaźników określonych dla stanowisk pracy.

Infradźwięki turbin wiatrowych

W istniejących opracowaniach[44;45;46;47;48] problem hałasu infradźwiękowego powstającego podczas pracy nowoczesnych turbin wiatrowych opisywany jest jako mały lub nie większy od hałasu powstającego w paśmie słyszalnym (powyżej 20 Hz). Poziom emisji infradźwięków jest na tyle mały, że w praktycznie nieodczuwalny nawet w pobliżu turbiny.

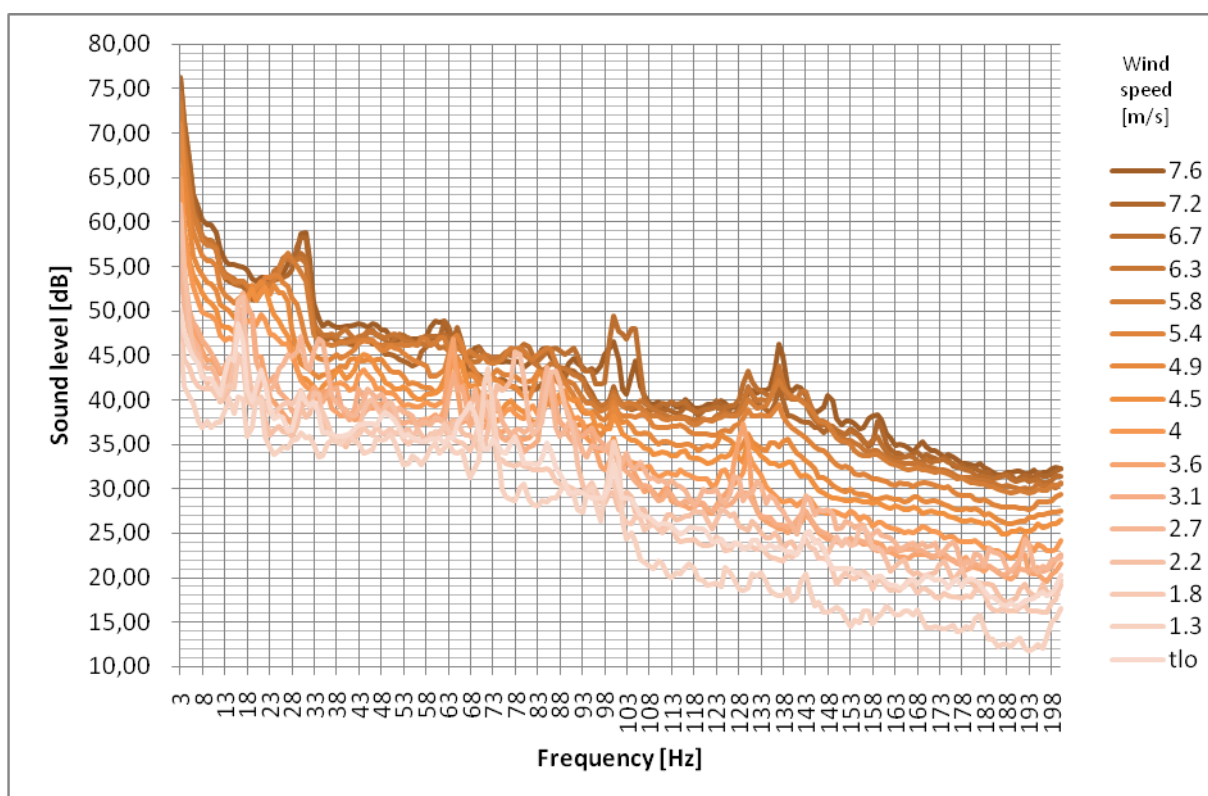
Typowy zakres poziomu mocy akustycznej turbiny wiatrowej mieści się w zakresie od 100 do 110 dBA. Żeby odczuć hałas infradźwiękowy w odległości 300 metrów, poziom mocy akustycznej źródła powinien wynosić co najmniej 145 dB na częstotliwości 10 Hz i więcej dla niższych częstotliwości bądź większych zasięgów. Nie ma danych wskazujących, że turbiny wiatrowe kiedykolwiek generowały poziom choćby zbliżone do wartości 140 dB.

Z informacji dostępnych od producentów turbin wiatrowych poziom mocy akustycznej typowej turbiny wiatrowej dla tercji 16 Hz wynosi mniej niż 110 dB przy wietrze 10 m/s. Najwyższe poziomy infradźwięków mierzone obok turbin i odnotowane w literaturze wynosiły poniżej 90 dB przy 5 Hz i mniej przy wyższych częstotliwościach w miejscach oddalonych o 100 m.

Oznacza to, że poziom infradźwięków już w odległości 100m będzie się wahał w zakresie 50-55 dB, co jest znacznie poniżej progu percepcji wynoszącego 85 dB. Częstotliwości mniejsze niż 16 Hz posiadają jeszcze wyższy próg percepcji i wymagają źródeł o znacznie większych poziomach mocy akustycznej. Dlatego poziom ciśnienia

dźwięku generowany przez turbiny wiatrowe dla bardzo małych częstotliwości infradźwiękowych (<16 Hz) jest znacznie mniejszy od progu percepcji dla tych częstotliwości. Zgodnie z polską normą PN ISO 7196 infradźwięki o poziomie 90 dBG i mniejszym są przez większość ludzi nie wyczuwalne.

Potwierdzeniem powyższych stwierdzeń są pomiary wykonane w Polsce przy turbinie wiatrowej, wchodzącej w skład nowo oddanej do użytkowania farmy wiatrowej składającej się z 15 jednakowych turbin, o sumarycznej mocy elektrycznej 30 MW [47]. Podczas wykonanych pomiarów określono poziom hałasu infradźwiękowego i niskoczęstotliwościowego dla różnych prędkości wiatru z przedziału od 1,3 m/s do 7,6 m/s. W żadnym z pomiarów poziom hałasu infradźwiękowego, mierzony liniowo, bez jakichkolwiek krzywych warzenia, nie przekraczał poziomu 80 dB, a dla większości częstotliwości był znacznie mniejszy. Wyniki opisywanych badań przedstawione zostały na wykresie poniżej.



Rysunek 7.1-1 Widma amplitudowe sygnałów akustycznych niskiej częstotliwości generowanych przez badaną turbinę wiatrową wyznaczone dla różnych prędkości wiatru [47]

Wnioski

Wszystkie przytoczone argumenty pozwalają jednoznacznie stwierdzić, że hałas infradźwiękowy generowany przez turbiny wiatrowe jest niepercypowany na obszarach gdzie zwykle występuje zabudowa mieszkaniowa.

Na podstawie znanych i wiarygodnych wyników można stwierdzić, że praca turbin wiatrowych generuje hałas o składowych infradźwiękowych. Jednakże w przypadku badanych turbin poziomy te są dużo poniżej poziomów progowych, powyżej których byłyby one szkodliwe dla człowieka, nawet pomimo braku ważenia otrzymanych wyników krzywą ważenia G. W przypadku zastosowanie krzywej ważenia G, prezentowane na rysunku 7.1-1 wyniki posiadałyby jeszcze mniejsze wartości.

W rozpatrywanej farmie wiatrowej Zarzecze Jeleniewskie najmniejsza odległość turbiny wiatrowej od terenów objętej ochroną przed hałasem wynosi około 110m. Na podstawie powyższych danych można jednoznacznie stwierdzić, że dla rozpatrywanej farmy wiatrowej Zarzecze Jeleniewskie, brak będzie oddziaływania infradźwiękowego na terenach objętych ochroną przed hałasem.

7.1.3 Oddziaływanie drgań

Definicja i źródła drgań

Wibracjami nazywa się niskoczęstotliwościowe drgania akustyczne rozprzestrzeniające się w ośrodkach stałych. Powstają one między innymi podczas prowadzenia prac budowlanych oraz ziemnych z wykorzystaniem ciężkiego sprzętu: koparek, ładowarek, spychaczy czy pojazdów ciężarowych, a także podczas pracy urządzeń mechanicznych. Prace z użyciem takiego sprzętu wykonywane będą przy stawianiu turbin, a więc na etapie realizacji inwestycja będzie źródłem drgań rozchodzących się w gruncie. Dodatkowo sama turbina, będąca złożonym urządzeniem mechanicznym, również będzie źródłem drgań przenoszonych poprzez płytę fundamentową do gruntu.

Wskaźniki oceny drgań

Wpływ wibracji na zdrowie człowieka jest rozpoznany, głównie dzięki problematyce występowania wibracji na stanowiskach pracy w przemyśle ciężkim i budownictwie. W prawodawstwie polskim brak jest jednak przepisów regulujących kwestię wpływu drgań mechanicznych na środowisko, wartości normatywnych określających dopuszczalne wielkości przenoszonych drgań do środowiska oraz metod szacowania propagacji drgań w gruncie. Dlatego ochrona obiektów oraz ludzi przed wibracjami odbywa się na podstawie obowiązujących przepisów prawa budowlanego:

- Norma PN-88/B02171 „Ocena wpływu drgań na ludzi w budynkach”,
- Norma PN-85/B02170 „Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłoże na budynki”.

Norma PN-88/B02171 „Ocena wpływu drgań na ludzi w budynkach” określa próg odczuwalności drgań na poziomie prędkości drgań wynoszącej 0,1 mm/s. Według normy oceny dokonuje się poprzez porównanie wartości zmierzonej v_k dla analizowanego kierunku drgań z odpowiednią wartością dopuszczalną dla tego kierunku oraz przeznaczenia budynku v_{kdop} . Dopuszczalne wartości drgań wyznacza się ze wzoru:

$$v_{kdop} = v_k \cdot n$$

gdzie:

- v_{kdop} – dopuszczalna wartość prędkości w kierunku odbioru drgań,
- v_k – wartość prędkości odpowiadająca progowi odczuwalności drgań przez człowieka,
- n – współczynnik zależny od przeznaczenia pomieszczenia.

Wartość współczynnika n przedstawiono w tabeli 7.1-15. Wartość ta zależna jest nie tylko od przeznaczenia pomieszczenia, ale również od krotności występowania zdarzeń w ciągu doby.

Tabela 7.1-15 Wartości współczynnika n , służące do wyznaczania dopuszczalnych prędkości drgań, w zależności od przeznaczenia pomieszczeń wg PN-88/B02171

Przeznaczenie pomieszczenia w budynku	Pora występowania drgań	Wartość n w zależności od charakteru drgań i ich powtarzalności	
		drgania ustalone (ciągłe lub przerywane) oraz drgania sporadyczne o krotności większej niż 10/dobę	drgania sporadyczne o krotności nie przekraczającej 10/dobę
Sale operacyjne w szpitalach, precyzyjne laboratoria i pomieszczenia podobnego przeznaczenia ¹⁾	dzień, noc	1	1
Szpitale, sale chorych w normalnych warunkach i pomieszczenia podobnego przeznaczenia	dzień	2	8
	noc	1	4
Mieszkania, internaty i pomieszczenia podobnego przeznaczenia	dzień	4	32 ²⁾
	noc	1,4	4
Biura, urzędy, szkoły i pomieszczenia podobnego przeznaczenia	dzień, noc	4	64 ²⁾
Warsztaty pracy i pomieszczenia podobnego przeznaczenia	dzień, noc	8 ³⁾	128

- 1) Wartość współczynnika n dotyczy czasu, w którym w salach operacyjnych odbywają się operacje albo w laboratoriach bardzo precyzyjne czynności.
- 2) Współczynnik n może być podwojony, jeżeli dotyczy drgań sporadycznych uprzednio zapowiedzianych, np. sygnałami ostrzegawczymi, komunikatami.
- 3) Współczynnik n może być podwojony w warsztatach pracy przemysłu ciężkiego

Norma PN-85/B02170 „Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłozę na budynki” zawiera przeznaczone do przybliżonej oceny działania drgań przekazywanych przez podłozę na niektóre typy budynków skale wpływów dynamicznych (SWD). Skale te stosować można w przypadku budynków z elementów murowanych oraz budynków z wielkich bloków. Utworzono dwie skale wpływów dynamicznych:

- SWD-I – dla budynków zwartych o małych wymiarach zewnętrznych rzutu poziomego, jedno- lub dwukondygnacyjnych o wysokości nie przekraczającej żadnego z wymiarów rzutu poziomego
- SWD-II – dla budynków nie wyższych niż pięć kondygnacji, których wysokość jest mniejsza od podwójnej najmniejszej szerokości oraz dla budynków niskich (do dwóch kondygnacji) nie spełniających warunków skali SWD-I

Skale SWD mają pięć stref:

- strefa I – drgania nieodczuwalne przez budynek
- strefa II – drgania odczuwalne przez budynek, ale nieszkodliwe dla konstrukcji; następuje przyspieszone zużycie budynku i pierwsze rysy w wyprawach, tynkach itp.
- strefa III – drgania szkodliwe dla budynku, powodujące lokalne zarysowania i spękania, przez co osłabiają konstrukcje budynku i

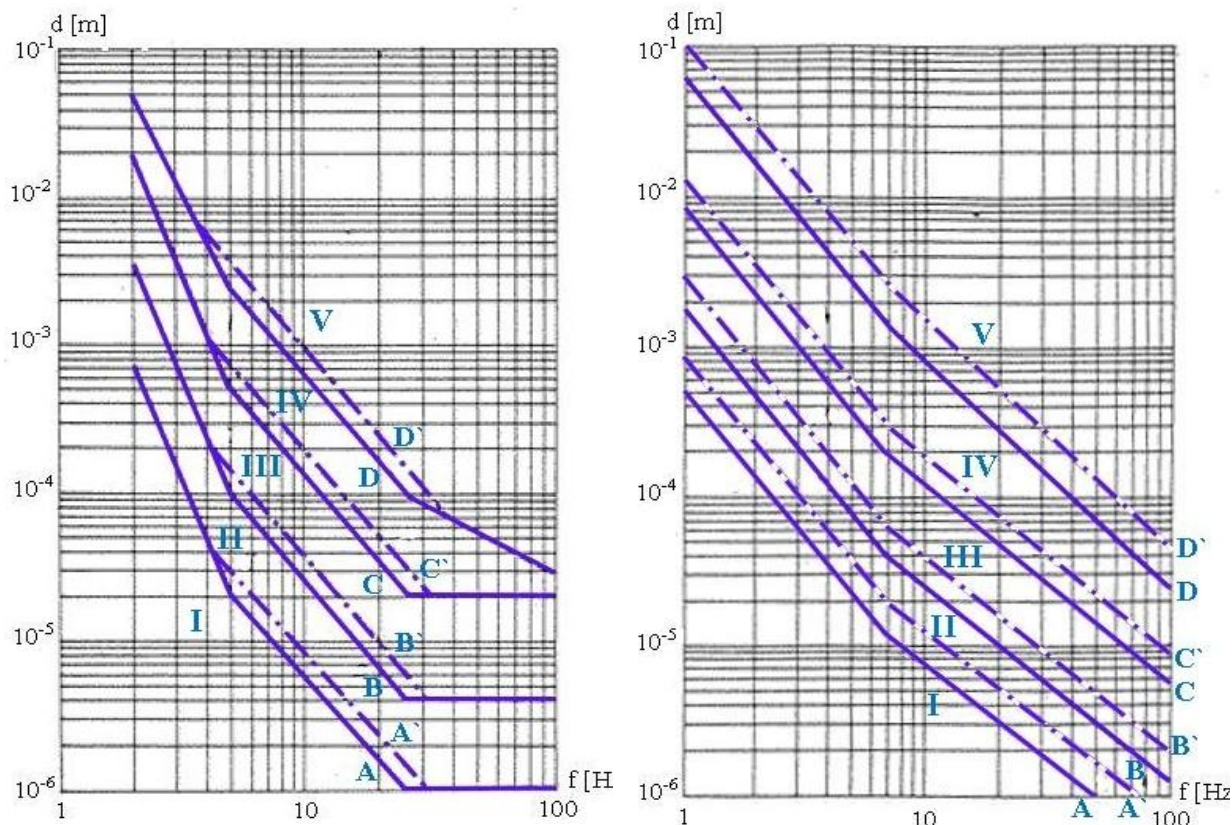
zmniejszają jego nośność oraz odporność na dalsze wpływy dynamiczne, nastąpić może odpadanie wypraw i tynków

- strefa IV – drgania o dużej szkodliwości dla budynku, stanowiące zagrożenie bezpieczeństwa ludzi, powodujące liczne spękania, lokalne zniszczenia murów i innych pojedynczych elementów budynku; istnieje możliwość spadania zawieszonych przedmiotów, odpadanie płyt wypraw sufitów, wysunięcie się belek stropowych z łożysk, itp.
- strefa V – drgania powodują awarie budynku przez walenie się murów, spadanie stropów, itp.

Poszczególne strefy skali oddzielone są czterema liniami granicznymi:

- A – dolna granica odczuwalności drgań przez budynek i dolna granica uwzględnienia wpływów dynamicznych, przy drganiach poniżej tej granicy można nie uwzględniać wpływów dynamicznych
- B – granica sztywności budynku, dolna granica powstawania zarysowań i spękań w elementach konstrukcyjnych
- C – granica wytrzymałości pojedynczych elementów budynku, dolna granica ciężkich szkód budowlanych
- D – granica stateczności konstrukcji, dolna granica awarii całego budynku

Granice stref podane są w dwóch wariantach, zależnych od oceny stanu budynku, typu podłoża i rodzaju drgań. Klasyfikację do poszczególnych wariantów przeprowadza się na podstawie zasad przedstawionych w normie. Poniżej przedstawiono skale SWD w postaci graficznej.



Rysunek 7.1-2 Skale SWD (lewa: SWD-I; prawa: SWD-II)

Drgania turbin wiatrowych

Na etapie realizacji inwestycji

Prace prowadzone podczas prac budowlanych oraz ziemnych z wykorzystaniem ciężkiego sprzętu: koparek, ładowarek, spychaczy czy pojazdów ciężarowych, a więc prace na etapie realizacji inwestycji będą źródłem drgań rozchodzących się w gruncie. W związku jednak z tym, że większość prac prowadzona będzie w znacznej odległości od zabudowań, a według normy PN-85/B02170 „Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłoże na budynki” można pominąć obciążenie budynku wywołane drganiami przekazywanymi przez podłoże, jeżeli budynek znajduje się w odległości większej niż 20 m od źródła drgań technologicznych (wbijanie pali, wibromłoty, itp.) lub w odległości większej niż 25 m od źródła drgań przemysłowych, oddziaływanie w zakresie wibracji na etapie realizacji inwestycji uznać można za niewielkie.

Zwiększona uciążliwość w zakresie drgań wystąpić może także podczas przejazdu poszczególnych elementów turbin wiatrowych, oraz innych elementów budowlanych dostarczanych na teren inwestycji transportem drogowym. Przewiduje się, że w okresie tygodnia odbywać się będzie nie więcej niż kilka przejazdów dużych ładunków. Do transportu elementów elektrowni używane będą specjalnie do tego celu przeznaczone samochody ciężarowe z naczepami. Pojazdy ciężarowe poruszać się będą w znacznych odstępach czasowych, tak aby umożliwić wyprzedzanie innym użytkownikom dróg. Ze względu na małe natężenie ruchu pojazdów ciężarowych, emisja drgań do środowiska powodowanego przez nie będzie pomijalnie mała i nie jest analizowana.

Na etapie funkcjonowania inwestycji

Po oddaniu inwestycji jedynym źródłem drgań przenoszonych do podłoża będzie praca urządzeń mechanicznych znajdujących się w gondoli oraz wymuszona wiatrem praca całej konstrukcji. Rozkład drgań u podnóża wieży turbiny oraz na fundamencie opisany został w załączniku Z.2. książki profesora Tomasza Boczara „Energetyka wiatrowa. Aktualne możliwości wykorzystania” [40]. Przedstawione wielkości drgań są niewielkie, a w paśmie od 1 Hz do 200 Hz, w którym dokonuje się oceny szkodliwości, mieszczą się w dolnych granicach strefy I. Biorąc pod uwagę fakt, że wykonane przez profesora Boczara badania odnoszą się do drgań w bezpośrednim otoczeniu i na samej konstrukcji turbiny oraz fakt, że odległość do najbliższych zabudowań będzie rzędu kilkuset metrów, należy wykluczyć jakikolwiek wpływ drgań generowanych przez turbinę wiatrową na tereny z zabudową.

Wnioski

Wszystkie przytoczone argumenty pozwalają jednoznacznie stwierdzić, że drgania generowane przez turbiny wiatrowe będą poniżej wszystkich wskaźników oceny na obszarach gdzie zwykle występuje zabudowa mieszkaniowa.

Na podstawie znanych i wiarygodnych wyników można stwierdzić, że praca turbin wiatrowych generuje drgania. Jednakże w przypadku badanych turbin poziomy te są dużo poniżej poziomów progowych, powyżej których byłyby one szkodliwe.

W rozpatrywanej farmie wiatrowej Zarzecze Jeleniewskie najmniejsza odległość turbiny wiatrowej od terenów z zabudową wynosi około 110m. Na podstawie powyższych danych można jednoznacznie stwierdzić, że dla rozpatrywanej farmy wiatrowej Zarzecze Jeleniewskie, brak będzie oddziaływania drgań na terenach najbliższej zabudowy.