

Wiedza o środowisku

Elektrownie wiatrowe – czy infradźwięki mają szkodliwy wpływ na zdrowie?

Wiatraki potrzebują mało miejsca, szybko się je buduje i taniej wytwarzają energię odnawialną. Jakie są najczęstsze wątpliwości związane z ich funkcjonowaniem?

Z energii wiatru można efektywnie wytwarzać energię odnawialną. Jak w przypadku każdej nowej technologii także tutaj musi być zawczasu uwzględnione oddziaływanie na zdrowie człowieka i środowisko naturalne. Fakt, że elektrownie wiatrowe emitują dźwięki jest znany i brany pod uwagę podczas poszukiwania odpowiednich lokalizacji. Jednocześnie pojawia się coraz więcej obaw, że urządzenia te emitują obok dźwięków słyszalnych także infradźwięki, które mają szkodliwy wpływ na zdrowie ludzi. Ale co to takiego infradźwięki? Jak powstają? Czy faktycznie zagrażają zdrowiu człowieka? Istnieją przecież także naturalne źródła infradźwięków, takie jak np. grzmot czy kipiel morska.

W przypadku infradźwięków chodzi o dźwięki, które mają na tyle niską częstotliwość, że zwykle ludzie ich nie słyszą. Tylko jeśli ich poziom (quasi natężenie dźwięku) jest bardzo wysoki, możemy słyszeć lub odczuwać infradźwięki.

Badania naukowe pokazują, że infradźwięki pociągają za sobą skutki tylko wtedy, jeśli człowiek może je usłyszeć lub odczuć. Według aktualnych badań naukowych poziom infradźwięków emitowanych przez elektrownie wiatrowe w powszechnie przyjętej odległości od zabudowy mieszkalnej leży znacznie poniżej zakresu słyszalności i odczuwalności. W związku z tym, infradźwięki nie mają żadnego szkodliwego oddziaływania na zdrowie człowieka i środowisko naturalne.

1 Co to są infradźwięki?

Dźwięk rozchodzi się w powietrzu z prędkością około 343 metrów na sekundę, co odpowiada 1.235 kilometrom na godzinę. Określa się to także jako prędkość dźwięku. Przy tym drgania powietrza rozchodzą się jako fale dźwiękowe. Każdy, kto choć raz stał podczas koncertu przed wielkim głośnikiem basowym, zna ten fenomen - niskie dźwięki są słyszalne nie tylko uszami, lecz, ich fale dźwiękowe są odczuwane w ciele jako pulsowanie. Toteż każdy dźwięk ma nie tylko próg słyszalności, lecz także próg odczuwania dźwięku.

Czy dźwięk jest wysoki czy niski, zależy od jego częstotliwości, która jest wyrażana w hercach (Hz). Częstotliwość 1 herca odpowiada występowaniu jednego zdarzenia (cyklu) w ciągu 1 sekundy. Dźwięki niskie mają niską częstotliwość, dźwięki wysokie mają częstotliwość wysoką.

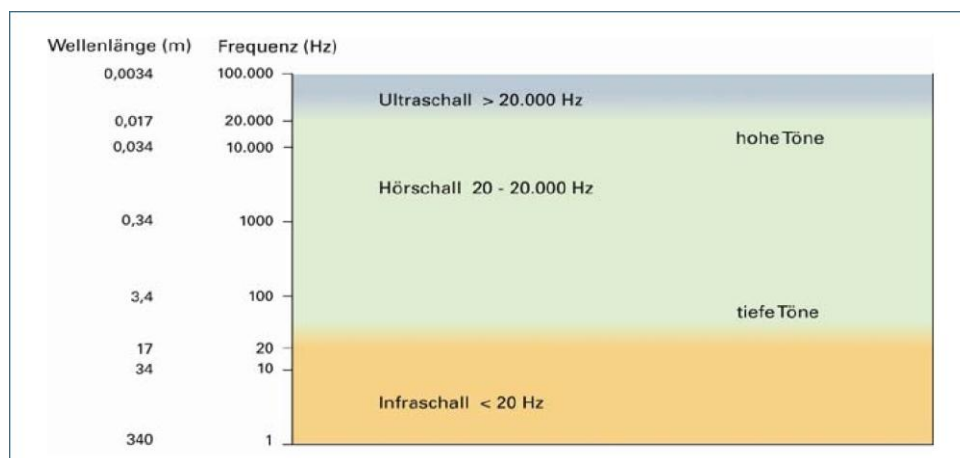
Fale dźwiękowe o częstotliwości w przedziale od 20 do 20.000 Hz są określane jako **dźwięk słyszalny** (patrz rys. 1). W tym przedziale człowiek jest w stanie rozróżniać wysokość i natężenie dźwięku. Dźwięki niskie od 20 do 60 Hz możemy wprawdzie słyszeć, jednak z wielką trudnością rozróżniamy ich wysokość. Tylko w przedziale od 60 do 20.000 Hz jesteśmy w stanie dobrze rozróżniać wysokość i natężenie dźwięku. W tym zakresie częstotliwości znajduje się mowa i muzyka. Ucho ludzkie najczulej reaguje na dźwięki o średnim zakresie częstotliwości od 500 do 5.000 Hz.

Fale dźwiękowe o częstotliwości powyżej zakresu słyszalnego dla człowieka są określane jako **ultradźwięki**. Na przykład nietoperze posługują się ultradźwiękami, aby uzyskać obraz swojego otoczenia. W medycynie ultradźwięki są stosowane do badania wnętrza ciała ludzkiego, na przykład u kobiet w ciąży lub przy urazach powypadkowych.

Jako **infradźwięki** określa się dźwięki powietrzne o częstotliwości poniżej 20 Hz¹. W tym niskim zakresie częstotliwości ucho ludzkie nie odbiera żadnych dźwięków. Natomiast słonie i walenie błękitne wykorzystują infradźwięki do komunikacji na duże odległości.

Dźwięki o niskiej częstotliwości znajdują się w zakresie częstotliwości poniżej 100 Hz. Obejmują one infradźwięki i dźwięki niskie – jeszcze odbierane przez ucho ludzkie.

Fale dźwiękowe to okresowe drgania cząsteczek powietrza, rozchodzących się w powietrzu jako drgania. Drgania o niskiej częstotliwości mają wyraźnie większą długość fali niż dźwięki słyszalne o wysokiej częstotliwości. Przy 20.000 Hz długość fali wynosi prawie 1,7 centymetra, przy 20 Hz około 17 metrów. Przy 10 Hz długość fali wynosi 34 metry, przy 1 Hz około 340 metrów (patrz rys. 1).



Rys. 1:
To jak dobrze ludzie słyszą otaczający ich dźwięk, zależy także od jego częstotliwości.

¹ ISO 7196, März 1995: Acoustics – Frequency-weighting characteristic for infrasound measurements

2 Jak człowiek odbiera infradźwięki?

Ludzie odbierają dźwięki w pierwszej kolejności przy pomocy zmysłu słuchu - ucha. Ta percepcja słuchowa określana jest jako „słyszenie”. W zakresie niskich częstotliwości (poniżej 100 Hz) zmienia się jakość i sposób słyszenia. Wrażliwość na wysokość dźwięku zmniejsza się i zanika całkowicie w zakresie infradźwięków. Słyszenie -w ścisłym znaczeniu tego słowa- nie istnieje w zakresie infradźwięków. Jednak także w zakresie infradźwięków jest możliwa percepcja bodźca dźwiękowego przy pomocy . To pewien szczególny rodzaj „słyszenia”. Do tego jest jednak konieczny znacznie wyższy poziom ciśnienia akustycznego niż w zakresie dźwięków słyszalnych.

Obok percepcji słuchowej, uchem, dźwięki o niskiej częstotliwości mogą być odbierane przy pomocy innych zmysłów: zmysłu dotyku i równowagi. Ten rodzaj percepcji określany jest jako „odczuwanie”. W zakresie dźwięków o niskiej częstotliwości granica pomiędzy „słyszeniem” a „odczuwaniem” jest płynna. Podczas gdy czułość ucha ludzkiego w zakresie niskich częstotliwości znacząco spada, człowiek może przy wysokim poziomie infradźwięków odczuwać je w ciele. Poprzez uszy i inne części ciała (np. płuca, nos, zatokę czołową) odczuwa pulsowanie i wibracje. Te odczucia nie mogą już być określane pojęciami „głośny” lub „cichy”, lecz tylko „silny” lub „słaby”. Zmianom ciśnienia powietrza może dodatkowo towarzyszyć uczucie ucisku w uszach, porównywalne z uczuciem ciśnienia w uszach podczas startu samolotu. Przełykanie śliny w celu zrównoważenia poziomu ciśnienia w uszach przez trąbkę Eustachiusza nie jest w stanie złagodzić tego odczucia.

Gdzie jest zatem granica pomiędzy słyszeniem, odczuwaniem i ciszą? Tabela 1 pokazuje poziom progu słyszalności i progu odczuwania. Próg słyszalności został przy tym tak ustawiony, że 50 procent ludności nie odbiera odnośnej częstotliwości poniżej podanego poziomu jako słyszalnej. W nowych regulacjach³ poziom odczuwania został tak zdefiniowany, że poniżej tego poziomu 90 procent ludności nie odczuwa infradźwięków.

Tak samo jak w przypadku dźwięków słyszalnych w zależności od osoby zmienia się granica, od której dźwięk o niskiej częstotliwości może być usłyszany. Dla około 68 procent ludności próg słyszalności znajduje się w zakresie plus/minus sześciu decybeli(dB) wokół wartości podanych w tabeli 1. Wskazuje się jednak na osoby szczególnie wrażliwe na dźwięki o niskiej częstotliwości (ok. 2,5 procent ludności), w przypadku których próg słyszalności należy ustalić co najmniej o dwanaście decybeli niżej niż w przypadku wartości średniej. Opisy przypadków wskazują na fakt, że, pojedyncze osoby także przy przekroczeniu progu słyszalności odczuwają infradźwięki poprzez wibracje obiektów ewentualnie ciała lub mają odczucia sensoryczne poprzez uszy.

Z tabeli 1 wynika ponadto następujący fizjologiczny związek. Im niższa częstotliwość tym wyższy musi być poziom ciśnienia akustycznego– a więc głośność – aby człowiek coś odbierał. Dla przykładu: przy 8 hercach poziom ciśnienia akustycznego musi wynosić ok. 100, natomiast przy 16 hercach wystarczy 76 decybeli. Przy 100 hercach (nie ujęto w tabeli) wystarczyłyby 23 decybele.

Tab. 1: Progi słyszalności² i progi odczuwania³ w zakresie częstotliwości infradźwięków.

Próg	Poziom ciśnienia akustycznego przy częstotliwości ⁴				
	8 Hz	10 Hz	12,5 Hz	16 Hz	20 Hz
Próg słyszalności	103 dB(Z)	95 dB(Z)	87 dB(Z)	79 dB(Z)	71 dB(Z)
Próg odczuwania	100 dB(Z)	92 dB(Z)	84 dB(Z)	76 dB(Z)	68,5 dB(Z)

² DIN 45680, Marzec 1997: Pomiary i ocena emisji hałasu o niskiej częstotliwości w sąsiedztwie

³ Szkic DIN 45680, August 2011: Pomiary i ocena emisji hałasu o niskiej częstotliwości

⁴ Środkowa częstotliwość tercji

3 Jak infradźwięki oddziałują na człowieka?

Przy ocenie wpływu na zdrowie infradźwięki (< 20 Hertz) i dźwięki o niskiej częstotliwości (< 100 Hertz) są często rozpatrywane wspólnie, ponieważ już poniżej 100 herców zmienia się jakość i rodzaj percepcji słuchowej.

Istnieje kilka prac dotyczących biologicznych oddziaływań dźwięków niskiej częstotliwości o wysokiej intensywności. Mniej zbadane są skutki długotrwałej ekspozycji na dźwięki niskiej częstotliwości o niskim poziomie ciśnienia akustycznego. Urząd ds. Ochrony środowiska zlecił z tego powodu w roku 2011 opracowanie studium, które zajęło się kompleksowo tymi tematami ⁵.

Bardzo wysokie poziomy ciśnienia akustycznego leżące dużo powyżej progu słyszalności mogą prowadzić do uszkodzenia słuchu nie tylko w zakresie dźwięków słyszalnych, lecz także w zakresie infradźwięków. Zaobserwowana podczas badań na zwierzętach (świnkach morskich) granica od której występowało uszkodzenie słuchu wynosiła 133 decybele. Także obserwacje ludzi wykazują, że infradźwięki o poziomie ciśnienia akustycznego powyżej 140 decybeli mogą prowadzić do uszkodzenia słuchu. W przypadku poziomu ciśnienia akustycznego od 185 do 190 decybeli dochodzi do uszkodzenia błony bębenkowej.

Ponadto dyskutuje się o oddziaływaniu bardzo wysokiego poziomu ciśnienia akustycznego – a więc słyszalnych infradźwięków – na serce i układ krwionośny, które to oddziaływania po części zaobserwowano podczas eksperymentów na zwierzętach oraz u ludzi. Także zmęczenie, spadek sprawności, zamroczenie, zawroty głowy, spadek częstości oddechów, problemy ze snem i zwiększone zmęczenie poranne oraz możliwe drgania rezonansowe organów są przedstawiane jako oddziaływanie infradźwięków powyżej progu słyszalności.

Od progu słyszalności ewentualnie odczuwanie infradźwięki może prowadzić do zaburzeń i odczuć negatywnych. Często jednak infradźwięki i dźwięki występują wspólnie w zakresie progu słyszalności. Z tego powodu pojawiające się reakcje nie mogą być jednoznacznie przypisane infradźwiękom. Wychodzi się jednak z założenia, że oddziaływania negatywne infradźwięków są silniejsze niż dźwięków słyszalnych.

W przypadku poziomu infradźwięków leżącego poniżej progu słyszalności, nie stwierdzono jak dotąd u ludzi żadnego negatywnego wpływu na słuch, serce i układ krwionośny ani nie zaobserwowano żadnych innych symptomów. Jak dotąd powstało jednak niewiele opracowań dotyczących oddziaływania infradźwięków poniżej progu słyszalności.

Dotychczasowe dane wskazują na fakt, że wpływ infradźwięków na zdrowie występuje dopiero od progu słyszalności, a więc tylko w zakresie dźwięków słyszalnych. Porównując wysokość emisji infradźwięków wytwarzanych przez elektrownie wiatrowe z progiem słyszalności i odczuwania jest oczywiste, że emisje leżą poniżej progu słyszalności i progu odczuwania. Infradźwięki emitowane przez elektrownie wiatrów nie mogą więc być przez ludzi ani słyszane ani odbierane w inny sposób. Tym samym nie należy zakładać żadnego negatywnego oddziaływania na zdrowie.

⁵ FKZ-Nr. 3711 54 199: Studium dotyczące oddziaływań infradźwięków – Skutki wpływu infradźwięków na ludzi – oparciu o różnorodne źródła.

4 Gdzie powstają infradźwięki?

Infradźwięki powstają jako efekt różnego rodzaju zjawisk fizycznych. Istnieją zarówno naturalne jak i sztuczne źródła infradźwięków.

4.1 Źródła naturalne

Do naturalnych głośnień źródeł zaliczają się na przykład następujące zjawiska i fenomeny:

- erupcje wulkanów, trzęsienia ziemi
- kipiela morska, wysokie fale
- lawiny śnieżne i kamieniste
- silny porywisty wiatr, nawałnice i ulewy
- grzmoty podczas burzy

Jeśli infradźwięki powstają wskutek zjawisk pogodowych i falowania morza, mówimy o sygnałach znanych pod nazwą „**microbaroms**”.

Naturalne hałasy infradźwiękowe charakteryzują się najczęściej wysokim poziomem. Z reguły przekraczają nawet poziom infradźwięków pochodzących ze źródeł sztucznych. Dla przykładu szkwał może osiągnąć głośność nawet do 135 decybeli ⁶.

4.2 Źródła sztuczne

Liczne urządzenia i działalność człowieka mogą emitować oprócz słyszalnych dźwięków także wysoki poziom infradźwięków. Przykłady ⁶:

- duże turbiny gazowe, stacje sprężarkowe, tłoki, wibratory budowlane, kompresory, pompy
- środki transportu (ciężarówki, statki, samoloty, silniki odrzutowe, śmigłowce)
- rozsadzanie i eksplozje
- uderzenie dźwiękowe samolotów
- systemy głośnikowe o dużej mocy w zamkniętych pomieszczeniach

Infradźwięki powstają praktycznie podczas wszystkich czynności i procesów, które wywołują dźwięki. W przypadku instalacji przemysłowych możliwy jest w niektórych miejscach pracy wysoki poziom infradźwięków. W pozostałych przypadkach ten poziom jest tak niski, że infradźwięki nie są odbierane (szczegóły dotyczące percepcji, patrz rozdział 2).

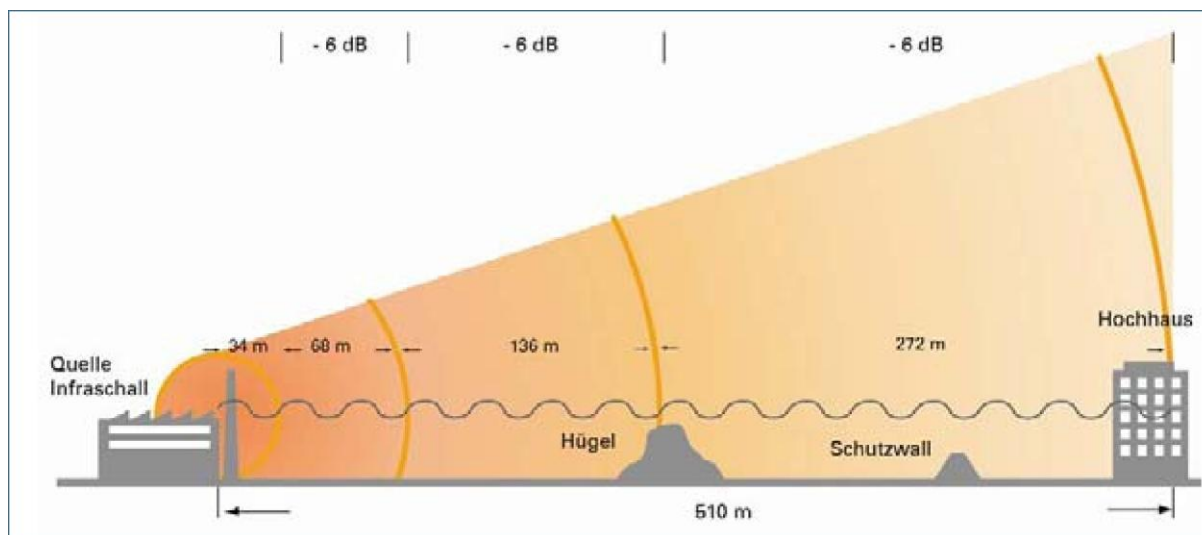


Zdj. 2 i 3: Naturalne i sztuczne źródła infradźwięków

⁶ BORGMANN, R.: Podręcznik „Promieniowanie niejonizujące– ultradźwięki“, AKNIR, 2005

5 Jak rozchodzą się infradźwięki?

Z powodu większej długości fali infradźwięków ma inne właściwości niż dźwięk słyszalny. Fale dźwiękowe o niskiej częstotliwości są mniej tłumione przez otoczenie niż te o wysokiej częstotliwości, w przypadku których część jest pochłaniana przez powietrze lub ziemię. Ponadto przeszkody takie jak: skały, drzewa, ściany ochronne lub budynki nie ekranują skutecznie fal dźwiękowych o niskiej częstotliwości, ponieważ w porównaniu do długości fali są względnie małe (rys. 4). Na dłuższym dystansie dźwięk o dużej długości fali zmniejsza się prawie w stosunku geometrycznym. Gdy odległość się podwaja, to energia akustyczna rozprzestrzenia się na czterokrotnej powierzchni. Odpowiednio poziom obniża się o 6 decybeli (dB).



Rys. 4: w przypadku infradźwięków długość fali jest większa niż budynki mieszkalne, drzewa i ściany ochronne. Dlatego słabo ją tłumią, poziom dźwięku spada niezależnie od otoczenia, gdy odległość podwaja się, zmniejsza się on o sześć decybeli. W przykładzie przedstawiono infradźwięk o częstotliwości 10 herców i długości fali 34 metrów.

6 Czy elektrownie wiatrowe emitują infradźwięki?

Każdy ruch rotora powoduje turbulencje powietrza przez co powstają dźwięki w całym zakresie częstotliwości. Ze względu na fakt, że łopaty elektrowni wiatrowych są bardzo duże i obracają się wolno, to emitowany przez nie poziomy dźwięk, jest znacząco niższy niż w przypadku szybko obracających się śmigieł. Wibracje łopat i wieży emitują fale o niskiej częstotliwości. Nowoczesne elektrownie wiatrowe, których łopaty są umieszczone przed wieżą tj. zwrócone w stronę wiatru, emitują mniej infradźwięków niż urządzenia starsze, których łopaty przesuwają się z tyłu wieży i regularnie znajdują się po stronie odwietrznej.

Bawarski Urząd ds. Ochrony Środowiska przeprowadził w latach 1998 – 1999 w Wiggensbach pod Kempten długoterminowe pomiary emisji hałasu elektrowni wiatrowej o mocy 1-MW (Typ Nordex N54). Tabela 2 i rysunek 5 prezentują istotne wyniki. Opracowanie potwierdza, że dźwięki emitowane przez elektrownie wiatrową w zakresie infradźwięków leżą znacznie poniżej progu odczuwania a tym samym nie prowadzą do negatywnych oddziaływań.⁷ Poza tym stwierdzono, że infradźwięki, których źródłem jest wiatr są o wiele silniejsze niż te, których źródłem jest tylko elektrownia wiatrowa.

⁷ HAMMERL C., FICHTNER, J.: Długoterminowe pomiary emisji hałasu, elektrowni wiatrowa 1 MW- Nordex N54 iw Wiggensbach pod Kempten (Bawaria); Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Januar 2000, S. 67;
 ► <http://www.lfu.bayern.de/laerm/messwerte/doc/windenergieanlage.pdf>, pobrano 19.11.2011

Tab. 2: Poziom infradźwięków w odległości 250 m od elektrowni wiatrowej o mocy 1-MW różna prędkość wiatru

Prędkość wiatru	Poziom ciśnienia akustycznego przy częstotliwości ⁹				
	8 Hz	10 Hz	12,5 Hz	16 Hz	20 Hz
6 m/s Łagodna bryza wiatru źródłem mierzonych dźwięków była głównie elektrownia wiatrowa	58 dB(Z) ¹⁰	55 dB(Z)	54 dB(Z)	52 dB(Z)	53 dB(Z)
15 m/s Silny burzowy wiatr, źródłem mierzonych dźwięków był głównie wiatr	75 dB(Z)	74 dB(Z)	73 dB(Z)	72 dB(Z)	70 dB(Z)

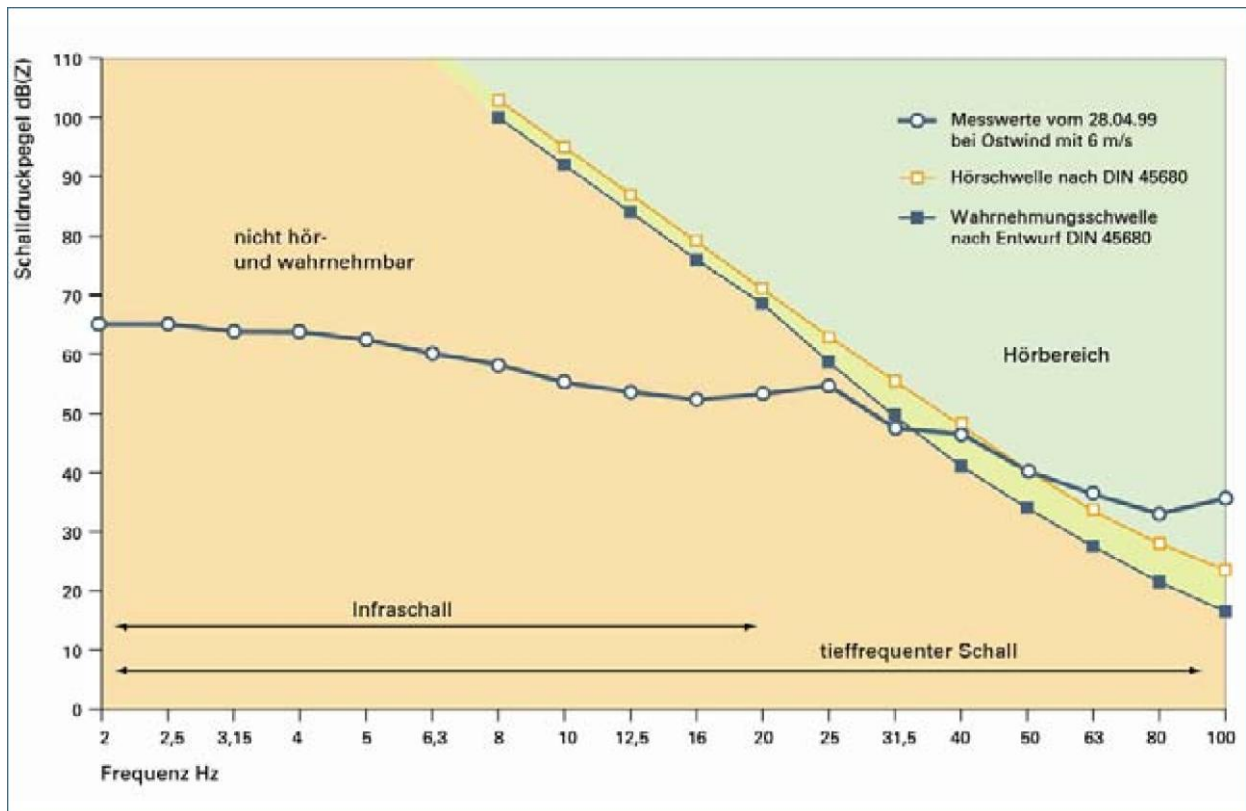


Abb. 5: Zbadana elektrownia wiatrowa emituje fale dźwiękowe, które są słyszalne przez człowieka stojącego na balkonie oddalonym o 250 metrów tylko w zakresie powyżej 40 Hz. Zakres infradźwięków nie jest tutaj odczuwalny, ponieważ leży poniżej progu słyszalności i progu odczuwania⁷.

Także wyniki innych badań wykazały, że poziom infradźwięków emitowanych przez elektrownie wiatrowe leży znacząco poniżej progu słyszalności i odczuwania.

Pomiary emisji elektrowni wiatrowej o mocy 1,5-MW (Typ Südwind S 77) na farmie wiatrowej Hohen Pritz w odległości 600 metrów doprowadziły do wyniku, że krzywa progu słyszalności w zakresie infradźwięków

⁸ Long-Term Equivalent continuous sound level (L_{eq}): Czas oddziaływania uśrednionego poziomu ciśnienia akustycznego

⁹ Środkowa częstotliwość tercji

¹⁰ dB(Z): nieoceniony średni poziom ciśnienia akustycznego

została znacząco przekroczona. Pomiędzy stanem „elektrownia wiatrowa uruchomiona” a dźwiękami przy wyłączonej elektrowni nie zauważono żadnej znaczącej różnicy.¹¹

Opracowanie duńskie, w którym oceniono dane uzyskane z i małych i dużych elektrowni wiatrowych (80 kW do 3,6 MW) dochodzi do tego samego wniosku. „Elektrownie wiatrowe emitują z pewnością infradźwięki, ale ich poziom jest bardzo niski, jeśli wziąć pod uwagę czułość człowieka na ten typ częstotliwości. Nawet przy samej elektrowni wiatrowej poziom ciśnienia akustycznego leży znacznie poniżej normalnego progu słyszalności i z tego powodu infradźwięki nie są postrzegane jako problem dla elektrowni wiatrowych o tej samej konstrukcji i wielkości, jak te badane.”¹²

Aspekty prawne

Infradźwięki mogą wywoływać negatywne skutki, jeśli przekraczają poziom progu odczuwania człowieka zgodnie ze szkicem DIN 45680³. W przypadku elektrowni wiatrowych ten poziom w żadnym razie nie jest przekraczany.

Wiele sądów zajmowało się problemem Infradźwięków. Sąd administracyjny w Würzburgu stwierdził podsumowująco „poza tym jak do tej pory nie ma wystarczających naukowo udowodnionych wskazań pokazujących negatywne skutki emitowanych przez elektrownie wiatrowe infradźwięków na zdrowie ludzi. A czyż w przypadku kompleksowych oddziaływań, odnośnie których brak jeszcze dostatecznych wyników badań naukowych, państwowe przepisy ochronne zgodnie z Art. 2 Ust. 1 GG nie nakazują podjęcia wszystkich możliwych działań ochronnych. Z tego powodu wydający rozporządzenie nie jest zobowiązany do zaostrożenia wartości granicznych (lub ich zapisania) w celu ochrony przed imisjami w stosunku do których brak jest pewnych naukowych wyników badań.” (Sąd Administracyjny Würzburg, Wyrok z dnia 7 czerwca 2011, AZ W 4 K 10.754)

7 Podsumowanie

Poziom emitowanych do otoczenia przez elektrownie wiatrowe infradźwięków leży znacząco poniżej granicy słyszalności i odczuwania, więc zgodnie z obecnym stanem wiedzy nie mogą one wywoływać żadnych szkodliwych skutków dla zdrowia ludzi. Szkodliwe skutki oddziaływania infradźwięków (< 20 Hertz) na zdrowie ludzi, można udowodnić w tych przypadkach, w których został przekroczony próg słyszalności i odczuwania. Brak dowiedzionych szkodliwych skutków oddziaływania infradźwięków poniżej tych progów.

KÖTTER CONSULTING ENGINEERS KG: Raport techniczny Nr. 27257-1.002 określenie i ocena hałasu emitowanego przez elektrownie wiatrową w parku wiatrowym Hohen Pritz. 2010, S. 33,

► <http://www.lung.mv-regierung.de/dateien/infraschall.pdf>, pobrano 19.11.2011

¹² Møller, H., Pedersen, S.: Hałas o niskiej częstotliwości emitowany przez duże elektrownie wiatrowe – Tłumaczenie z duńskiego „Lavfrekvent støj fra store vindmøller”, 2010, S. 41

► http://unserattelberg.files.wordpress.com/2011/06/tieffrequenter_larm_von_grossen_windkraftanlagen-1.pdf, pobrano 19.11.2011

8 Literatura i linki

8.1 Literatura

BRITISH WIND ENERGY ASSOCIATION (Hrsg.): Low frequency noise and wind turbines. 2005, BWEA Briefing Sheet, London

BUND NRW (Hrsg.): Energia wiatru w Północnej Nadrenii- Westfalli – regulacje i argumenty Argumente. – In: BUND FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ DEUTSCHLAND, LANDESVERBAND, NORDRHEIN-WESTFALEN (Hrsg.): BUND Position, 2004, Eigenverlag, Düsseldorf

DOTT et al.: Infradźwięki i dźwięki o niskiej częstotliwości– temat dotyczący odnoszącej się do środowiskowej ochrony zdrowia w Niemczech? Informacja komisji „metody i zagwarantowanie jakości w medycynie środowiskowej“. Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz 2007; 50: 1582–1589

► http://edoc.rki.de/documents/rki_ab/re67fIHRghoUo/PDF/22wFEQ7q9U2VE.pdf, pobrano 21.12.2011

HAMMERL C., FICHTNER, J.: Długoterminowe pomiary emisji hałasu, elektrowni wiatrowa 1 MW- Nordex N54 w Wiggensbach pod Kempten (Bawaria); Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Januar 2000 ► www.lfu.bayern.de/laerm/messwerte/doc/windenergieanlage.pdf, aufgerufen am 19.11.2011

HEALTH PROTECTION AGENCY: Health effects of exposure to ultrasound and infrasound. Report of the independent Advisory Group on Non-ionising Radiation. Februar 2010

► www.hpa.org.uk/webc/HPAwebFile/HPAweb_C/1265028759369, aufgerufen am 21.12.2011

JAKOBSEN J.: Infrasound emission from wind turbines. – In: Journal of low frequency noise, vibration and active control. 2005, 24(3): 145–155.

KLUG, H.: Infradźwięki emitowane przez elektrownie wiatrowe: Rzeczywistość czy mity? DEWI Magazin 20, 2002, 6 ► www.dewi.de/dewi/fileadmin/pdf/publications/Magazin_20/02.pdf, aufgerufen am 20.12.2011

KÖTTER CONSULTING ENGINEERS KG: Raport techniczny Nr. 27257-1.002 określenie i ocena hałasu emitowanego przez elektrownię wiatrową w parku wiatrowym Hohen Pritz. 2010 ► www.lung.mv-regierung.de/dateien/infraschall.pdf, pobrano 19.12.2011

LANDESUMWELTAMT NORDRHEIN-WESTFALEN: Informacje na temat emisji i imisji hałasu / elektrownie wiatrowe. Eigenverlag, 2001, Essen

LANDESUMWELTAMT NORDRHEIN-WESTFALEN: Elektrownia Wiatrowa i ochrona przed imisjami. – In: LUA NRW (Hrsg.) Materialien Nr. 63., 2002, Essen

MØLLER, H., PEDERSEN, S.: Dźwięki o niskiej frekwencji emitowane przez duże elektrownie wiatrowe – Tłumaczenie z duńskiego „Lavfrekvent støj fra store vindmøller“, 2010 ► http://unersattelberg.files.wordpress.com/_/2011/06/tieffrequenter_larm_von_grossen_windkraftanlagen-1.pdf, aufgerufen am 19.12.2011

O’NEILL et al.: Low frequency noise and infrasound from wind turbines. – In: Noise Control Engineering Journal 2011, 59: 135–157

8.2 Linki

BAWARSKIE MINISTERSTWO OCHRONY ŚRODOWISKA I ZDROWIA : Atlas energii Bawaria.

► www.energieatlas.bayern.de

9 Osoby kontaktowe

W przypadku pytań dotyczących infradźwięków proszę zwracać się do:

Bayerisches Landesamt für Umwelt
Infoline: 0821 9071-5444

Pytania i sugestie odnośnie zawartości, redakcji i wyboru tematów do publikacji UmweltWissen oraz zapytania odnośnie wyszukiwania i przygotowania materiałów szkoleniowych proszę kierować do:

Bayerisches Landesamt für Umwelt, UmweltWissen
Telefon: 0821 9071-5671
E-Mail: umweltwissen@lfu.bayern.de Internet:
www.lfu.bayern.de/umweltwissen

Zapytania prywatne do Bayerische Landesamt für Umwelt proszę kierować na adres naszego

biura: E-Mail: oeffentlichkeitsarbeit@lfu.bayern.de

Aktualne wydanie znajdują Państwo pod adresem:

► www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/uw_117_windkraftanlagen_infraschall_gesundheit.pdf
oder ► http://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_klima_00077.htm

Impressum:

Herausgeber:
Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Telefon: 0821 9071-0
Telefax: 0821 9071-5556
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: <http://www.lfu.bayern.de>

Bearbeitung:
LfU, Ökoenergie-Institut Bayern: Dr. Stephan Leitschuh
LfU, Ref. 26: Georg Eberle, Johann Fichtner
LGL, Sachgebiet AP2, Arbeits- und Umweltepidemiologie:
Dr. Dorothee Twardella
LfU, Ref. 12, UmweltWissen: Friederike Bleckmann

Bildnachweis:
© Eisenhans - Fotolia.com: Abb 2; © Friday - Fotolia.com: Abb. 3

Bayerisches Landesamt für Gesundheit
und Lebensmittelsicherheit (LGL)
Eggenreuther Weg 43
91058 Erlangen
Telefon: 09131 6808-0
Telefax: 09131 6808-2102
E-Mail: poststelle@lgl.bayern.de
Internet: <http://www.lgl.bayern.de>

Stand:
Februar 2012

Diese Druckschrift wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbenden oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden. Bei publizistischer Verwertung – auch von Teilen – wird um Angabe der Quelle und Übersendung eines Belegexemplars gebeten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die Broschüre wird kostenlos abgegeben, jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Diese Broschüre wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Inter-netangebote sind wir nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 089 122220 oder per E-Mail unter direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.