



Pozazawodowe narażenie na hałas niskoczęstotliwościowy – analiza na podstawie wybranego środka transportu

Adam Zagubień
Politechnika Koszalińska

1. Wstęp

Niniejszy artykuł wskazuje na konieczność podjęcia dyskusji, mającej doprowadzić do międzynarodowej harmonizacji metod analiz i oceny hałasu w szerokim zakresie częstotliwości, tj. od 1 do 20 000 Hz, uwzględniających zawodową i pozazawodową ekspozycję na hałas. Ze względu na obowiązujące w różnych krajach na świecie odmienne metody wykonywania pomiarów i ocen oddziaływania hałasu w zakresie niskich częstotliwości, powstają trudności w porównywaniu wyników oraz ustaleniu wspólnej polityki w tym zakresie. Badania hałasu w zakresie częstotliwości słyszalnych wykonywane są od wielu lat na całym świecie. Przykładowo hałas komunikacyjny, na który narażona jest największa liczba ludności, w tzw. zakresie słyszalnym jest dobrze monitorowany, zarówno w środowisku pracy jak i w środowisku naturalnym. Problem polega na braku uwzględniania w tym monitoringu hałasu o niskich częstotliwościach, ze względu na stosowanie funkcji korekcji A (Jabben & Verheijen 2012, Profaska i in. 2012). W ostatnich latach wzrosło zainteresowanie naukowców hałasem infradźwiękowym i niskoczęstotliwościowym. Zainteresowanie to ma związek, z jednej strony z powstawaniem nowych źródeł dźwięków o niskich częstotliwościach, jak np. turbiny wiatrowe (Jakobsen 2005, Salt & Hullar 2010, Boczar i in. 2012, Ingielewicz & Zagubień 2014, Pierzga i in. 2015) i dokładniejszego monitoringu znanych źródeł np. hałasu komunikacyjnego (Can i in. 2011,

Jabben & Verheijen 2012, Yi & Papparaju 2013, Ziarań 2013), a z drugiej strony, z rozwojem i większą dostępnością sprzętu pomiarowego oraz metod badawczych.

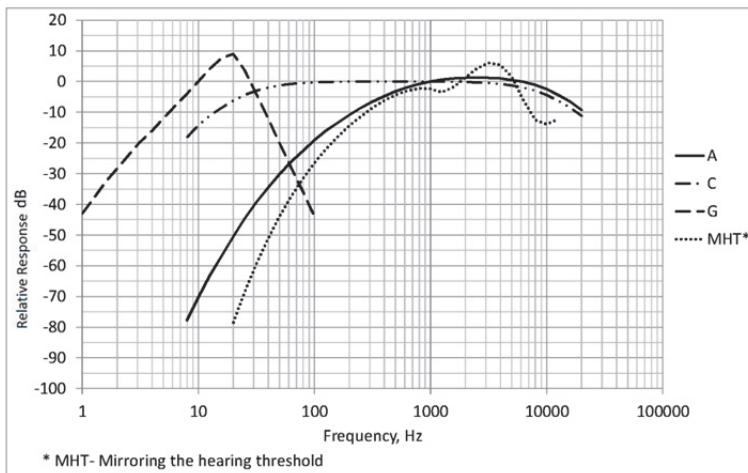
Osobnym problemem w prawidłowej ocenie narażenia człowieka na hałas jest rozdzielenie aktywności człowieka na zawodową i pozazawodową. Wyznaczony poziom ekspozycji na hałas pozazawodowy, w połączeniu z poziomem ekspozycji na hałas w środowisku pracy, umożliwia wyznaczenie całkowitego dobowego poziomu ekspozycji. Może mieć to istotne znaczenie podczas szacowania ryzyka uszkodzenia słuchu wywołanego działaniem hałasu, szczególnie w przypadku osób, u których narażenie na hałas poza miejscem pracy jest większe od narażenia związanego z aktywnością zawodową lub porównywalne z nim (Dudarewicz i in. 2007). Poziomy dopuszczalne (Dz. U. poz. 826. 2007, Dz. U. poz. 1109. 2012) w środowisku naturalnym mają zapewnić pracownikom komfort odpoczynku po pracy. Jednak pomiędzy środowiskiem pracy, a środowiskiem naturalnym istnieje jeszcze codzienna ekspozycja pracownika na hałas np. podczas rozrywki (Smeatham 2002, Dudarewicz i in. 2007) oraz w czasie dojazdu do pracy. Zwiększanie świadomości społecznej dotyczącej zagrożeń akustycznych w codziennym życiu człowieka pozwoli na świadomą identyfikację problemu oraz poprawę jakości wypoczynku i wydajności w pracy (Lis i in. 2015).

W niniejszym artykule infradźwiękami nazwano dźwięki o częstotliwościach od 1 do 20 Hz zgodnie z normą ISO 7196:1995 (ISO 7196 1995). Dźwięki o niskich częstotliwościach nie zostały jeszcze standaryzowane, jednak przez większość naukowców zakres tych częstotliwości określany jest w granicach 10 do 200 Hz (Pawlas i in. 2013). Przykładowe zestawienie zawarto w tabeli 1.

Natomiast dźwięki powszechnie uważane za tzw. słyszalne, to dźwięki w zakresie częstotliwości 20-20 000 Hz mimo, że formalnie krzywe równej głośności dotyczą częstotliwości 20 do 12 500 Hz (ISO 226 2003). W celu lepszego zobrazowania przebiegu krzywej proggu słyszenia na tle krzywych korekcji A, C, G, przedstawiono lustrzane odbicie krzywej proggu słyszenia (oznaczenie MHT) względem poziomej osi przechodzącej przez 0 dB – rysunek 1.

Tabela 1. Zestawienie zakresów niskich częstotliwości w różnych krajach
Table 1. Summary of low frequency range in different countries

Kraj	Norma	Zakres częstotliwości [Hz]
Szwecja	SP INFO 1996:17	31,5-200
Dania	Nr. 9 1997	5-160
Niemcy	DIN 45680	8-125
Holandia	NSG 1999	20-100
Finlandia	Asumisterveysohje 2003	20-200
Litwa	LST ISO 1996-2:2008	8-200
Austria	ÖNORM S 5007	10-80



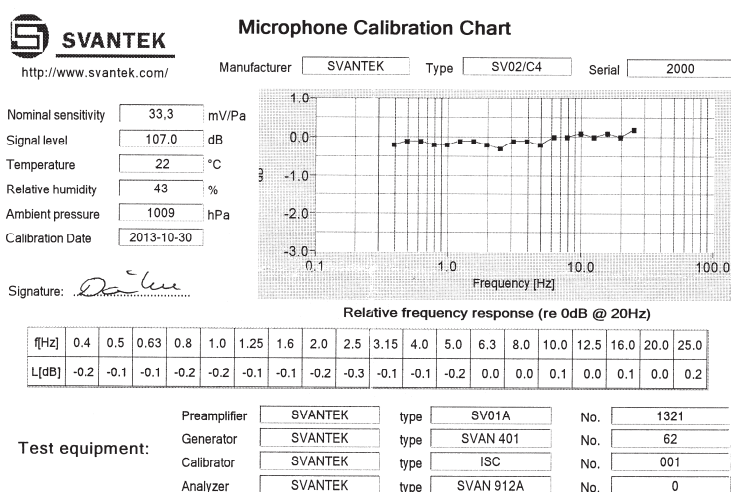
Rys. 1. Krzywe korekcji i lustrzane odbicie krzywej proggu słyszenia
Fig.1. Weighting functions and mirroring the hearing threshold

Źródłem dźwięku będącym podstawą analiz w niniejszym artykule jest jadący samochód z zamkniętym i uchylonym szyberdachem. Jak wiadomo, takie źródło emituje dźwięki w szerokim zakresie częstotliwości z przewagą dźwięków o niskich częstotliwościach.

2. Metodologia i zakres wykonanych badań

Pomiary ciśnienia akustycznego wykonano cyfrowym analizatorem i miernikiem poziomu dźwięku oraz drgań SVAN 912AE klasy 1. Zestaw wyposażony był w analizator i rejestrator dźwięku, przedwzmac-

niacz mikrofonowy SV01A, mikrofon SV02/C4L, osłonę przeciwwietrzną oraz kalibrator akustyczny. Charakterystykę mikrofonu w zakresie niskich częstotliwości przedstawiono na rysunku 2. Cały zestaw posiadał ważne świadectwo wzorcowania. Analizy prowadzone były w pasmach tercjowych (1/3 oktawy) w przedziale od 1 Hz do 20 kHz. Czas pojedynczego pomiaru ze względu na ustabilizowany poziom emitowanego hałasu i możliwość wykluczenia zauważalnych zakłóceń wynosił 10 sekund. Warunki meteorologiczne spełniały standardy pomiarowe i podczas pomiarów wynosiły: temperatura 6°C, wilgotność 74%, ciśnienie 1010 hPa – pomiar z własnej stacji meteo. Prędkość wiatru na wysokości 10 m nie przekraczała 4 m/s – odczyt ze stacji meteo w Lipsku.



Rys. 2. Charakterystyka mikrofonu pomiarowego w zakresie niskich częstotliwości ciśnienia akustycznego

Fig. 2. Microphone characteristics within the range of low frequencies of sound pressure

Poziom hałas zmierzono wewnątrz samochodu osobowego NISSAN INFINITI G37 COUPE. Podczas pomiarów samochód jechał autostradą A9 w Niemczech, w godzinach porannych przy minimalnym ruchu, co ograniczyło wpływ innych źródeł hałasu generowanego przez przejeżdżające pojazdy. Pomiaru wykonywano przy różnych prędkościach samochodu od 120 do 200 km/godz. i przeprowadzono je na możliwie jednorodnych odcinkach drogowych. Innym zmiennym parametrem

analiz było uchylenie okna dachowego, w którym porównywano dwa przypadki:

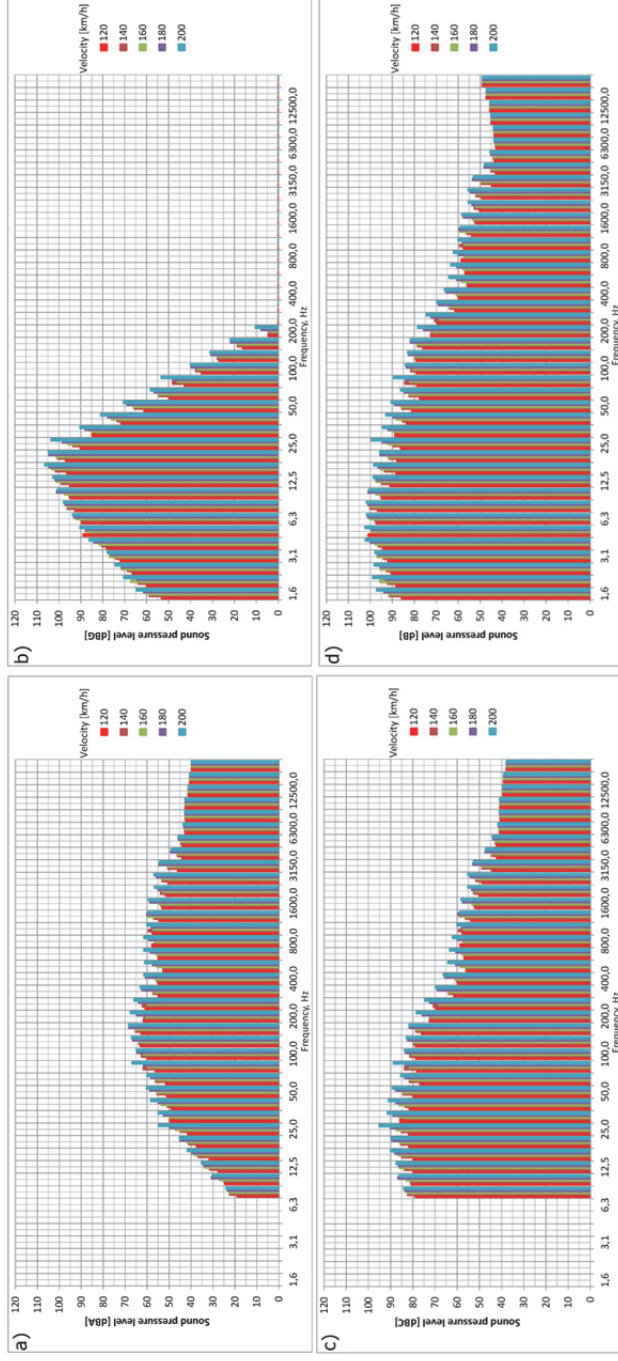
- wszystkie okna zamknięte;
- okno dachowe częściowo otwarte (uchylone do góry maksymalnie, około 5 cm).

Dźwięki mierzono na wysokości głowy kierowcy, tzn. zestaw pomiarowy zainstalowano pomiędzy przednimi siedzeniami na podłokietniku tak, aby mikrofon znajdował się na wysokości narządu słuchu kierowcy. Do prezentacji wyników pomiarów zastosowano funkcje korekcyjne A, C, G (rys. 1) oraz HP – bez korekcji. HP jest nazwą własną zastosowaną w używanym mierniku określającą pomiar bez korekcji w całym zakresie pomiarowym, wynoszącym 0,4-20000 Hz.

3. Analiza uzyskanych wyników

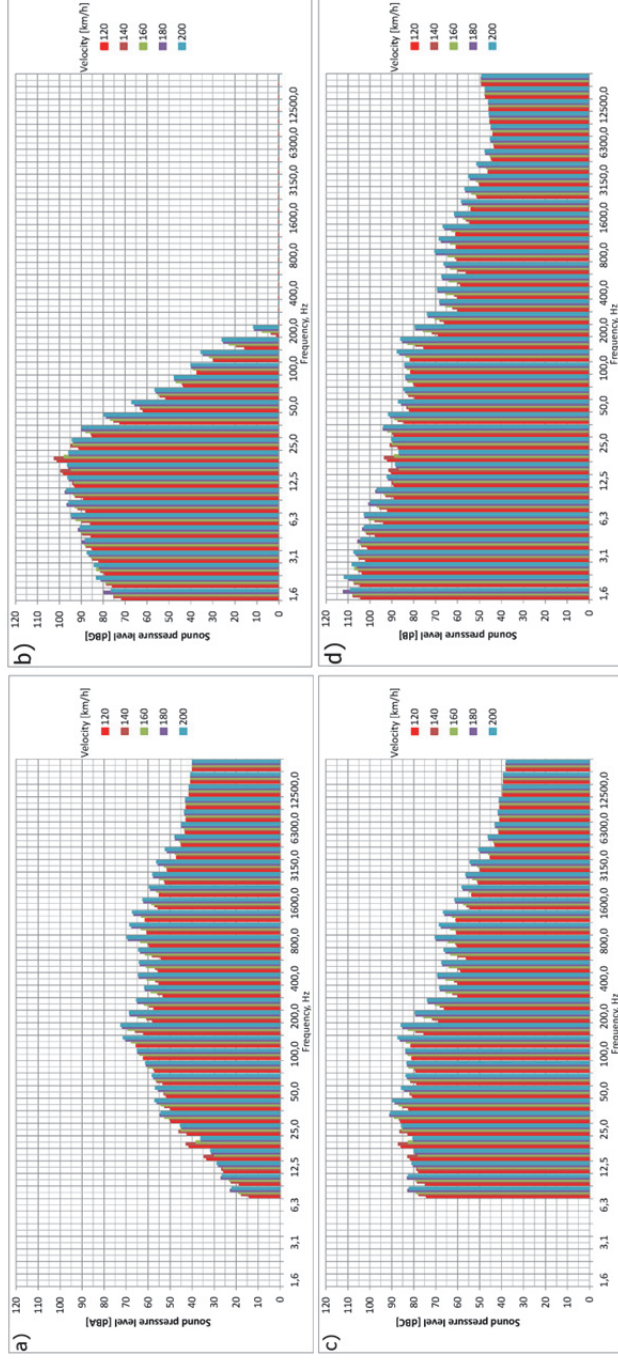
Cyrkulacja powietrza w kabinie samochodu może być realizowana na różne sposoby, np.: intensywna wentylacja z klimatyzacją lub uchylanie oraz otwieranie okien. Jeśli zostanie wybrany sposób wymiany powietrza w kabinie przez uchylenie lub otwarcie okien doprowadzi do pogorszenia się komfortu akustycznego pasażerów i kierowcy. Podczas jazdy z prędkościami autostradowymi zwiększa się ekspozycja na hałas w szczególności w zakresie niskich częstotliwości dźwięku. Sytuację tą obrazują przedstawione poniżej wyniki analiz tercjowych. W jeździe miejskiej efekt ten jest znacznie mniejszy ze względu na niskie prędkości przejazdu. Na rysunkach 3a-3d pokazano analizy tercjowe wykonane w kabinie samochodu podczas przejazdu przy oknach zamkniętych, a na rysunkach 4a-4d przy uchylonym szyberdachu.

Wyniki analiz tercjowych wskazują wzrost wartości ciśnienia akustycznego w całym zakresie częstotliwości w przypadku przejazdu z uchylonym szyberdachem, jednak największe przyrosty zaobserwowano w zakresie najniższych częstotliwości drgań akustycznych (rys. 3b i 3d oraz rys. 4b i 4d) i dla częstości środkowej 1,6 Hz różnica ta sięga prawie 20 dB.



Rys. 3. Analizy trzeciego hałasu w kabinie samochodu przy zamkniętych oknach dla różnych prędkości jazdy: **a)** przy użyciu korekcji A; **b)** przy użyciu korekcji G; **c)** przy użyciu korekcji C; **d)** HP – bez korekcji

Fig. 3. One-third octave analyses of noise inside car with closed windows for different speeds: **a)** A-weighting; **b)** G-weighting; **c)** C-weighting; **d)** HP – without correction



Rys. 4. Analizy trzeciego harmoniku w kabinie samochodu przy uchyłonym szyberdachu dla różnych prędkości jazdy: **a)** przy użyciu korekcji A; **b)** przy użyciu korekcji C; **c)** przy użyciu korekcji G; **d)** HP – bez korekcji

Fig. 4. One-third octave analyses of noise inside car with sunroof set ajar for different speeds: **a)** A-weighting; **b)** G-weighting; **c)** C-weighting; **d)** HP – without correction

Na podstawie uzyskanych zależności widać, że istnieje konieczność prowadzenia analiz i oceny hałasu w szerokim zakresie częstotliwości. Mimo wyraźne wysokich poziomów dźwięku w niskim zakresie częstotliwości (rys. 3b i 3d oraz rys. 4b i 4d), ze względu na brak jednolitych kryteriów oceny, autor nie podejmuje się określenia czy są to wartości zagrażające zdrowiu. Można natomiast stwierdzić, że uciążliwość tego hałasu będzie zależała od czasu jego oddziaływania. Uzyskane wartości $L_{G,eq} = 103-111$ dB(G) dla analiz (rys. 3b i 4b) przekraczają np. poziom odniesienia $L_{G,eq} = 102$ dB(G) określony polską normą PN-Z-01338:2010 (PN-Z-01338 2010) jako kryterium uciążliwości odniesione do 8. godzinowego dnia pracy lub do tygodnia pracy. Można dodać, że na przykład (Chatillon 2006) podaje $L_{G,eq} = 102$ dB(G) jako wartość graniczną dla 8. godzinowego czasu pracy. Odnosząc się do progów słyszenia niskich częstotliwości (Van der Berg 2005) z jaką 50% populacji odbiera dźwięki, przykładowo dla przejazdu z prędkością 120 km/h obserwuje się przekroczenia tych progów w zakresie słyszalnym tj. powyżej częstotliwości 20 Hz – tabela 2.

Tabela 2. Rezultaty pomiarów w odniesieniu do progów słyszenia (Van der Berg 2005)

Table 2. The results of measurements for the hearing thresholds (Van der Berg 2005)

Częstości	Próg słyszenia (50%)	Samochód z zamkniętymi oknami	Samochód z uchylonym szyberdachem
Hz	dB	dB	dB
4	119	95	102
10	103	95	88
20	85	88	92
50	50	81	82
100	34	79	82

Zestawienie w Tabeli 3 w zakresie infradźwiękowym pokazuje przekroczenia progów słyszenia (Moller & Pedersen 2004) dla przejazdu z prędkością 120 km/h powyżej częstotliwości 8 Hz.

Tabela 3. Rezultaty pomiarów w odniesieniu do progów słyszenia (Moller & Pedersen 2004)

Table 3. The results of measurements for the hearing thresholds (Moller & Pedersen 2004)

Częstości	Próg słyszenia	Samochód z zamkniętymi oknami	Samochód z uchylonym szyberdachem
Hz	dB	dB	dB
1	122	85	105
2	115	88	105
4	108	95	102
8	98	101	91
10	92	95	88
12,5	89	91	89
16	82	88	90
20	74	88	92

Mając na uwadze wyniki pomiarów, stwierdzono, że ekspozycja na hałas infradźwiękowy i niskoczęstotliwościowy nie kończy się wraz z opuszczeniem zakładu pracy. Często osoby narażone na wysokie poziomy hałasu niskoczęstotliwościowego na stanowiskach pracy, dojeżdżają do pracy drogami szybkiego ruchu czy autostradami z prędkościami od 110 do 130 km/h, a w Niemczech nawet z prędkościami 200 km/h. Czas takiego dojazdu do pracy trwa w wielu przypadkach ponad jedną godzinę dziennie. Przykładowo ekspozycja ośmiogodzinna o wartości $L_{Geq8} = 98$ dB nie powinna mieć negatywnego oddziaływania na zdrowie pracownika. Natomiast jeśli zostanie dodana godzinna ekspozycja podczas dojazdu do pracy o wartości $L_{Geq1} = 110$ dB to sumarycznie na 9 godzin otrzyma się ekspozycję na hałas infradźwiękowy $L_{Geq9} = 102,2$ dB, czyli lekko przekroczony jest próg uciążliwości. Przypadek ten nie dotyczy tylko pracowników fabryk, ale również specjalistów i pracowników nauki rzadkich specjalności, którzy prowadzą konsultacje lub wykłady w wielu miejscach oddalonych od siebie o kilkaset kilometrów. Można stwierdzić, że pracownicy poddają się tej dodatkowej ekspozycji nieświadomie, gdyż po prostu nie słyszą zagrożenia, w częstotściach poniżej 20 Hz lub słyszą je słabo w częstotściach nieco powyżej 20 Hz. W przypadku hałasu słyszalnego w częstotściach powyżej 200 Hz do takiej sytuacji nie dochodzi, gdyż ewentualne zagrożenie jest identyfiko-

wane przez narząd słuchu, a narażenie na wysoki poziom hałasu może być wywoływane przez pracownika świadomie. W tabeli 4 zestawiono poziomy równoważny rejestrowanego hałasu z zastosowaniem różnych krzywych korekcji. Wyników nie przypisywano konkretnym prędkościom przejazdu, lecz podano je w przedziałach dla wszystkich badanych prędkości przejazdu, mając świadomość, że dla innych pojazdów wyniki będą zbliżone, ale jednak różne.

Tabela 4. Parametry zmierzonego hałasu

Table 4. Measured noise parameters

Źródło hałasu	Równoważny poziom dźwięku A (L_{Aeq})	Równoważny poziom dźwięku C (L_{Ceq})	Równoważny poziom dźwięku G (L_{Geq})	Równoważny poziom dźwięku bez korekcji (L_{eq})
	[dBA]	[dBC]	[dBG]	[dB]
Samochód z zamkniętymi oknami – prędkość 120-200 km/h	70,6-76,5	92,4-97,2	103,1-105,6	105,9-112,2
Samochód z uchylonym szyberdachem – prędkość 120-200 km/h	71,5-79,0	93,0-100,7	103,3-111,4	115,2-118,6

Wyniki analiz tercjowych (rys. 3a i 4a) ze względu na kształt krzywej korekcji A (rys. 1) pozwalają jedynie na określenie poziomu ciśnienia akustycznego w tzw. zakresie słyszalnym. Warto zauważyć, że mimo odczuwalnego podczas pomiarów pogorszenia się komfortu akustycznego w kabinie, wartości na wykresach – rys. 3a i 4a różnią się nieznacznie, podobnie jak wartości na wykresach – rys. 3c i 4c. Związane jest to z charakterem źródła hałasu tj. modelem samochodu, w którym prowadzono analizy, a nie z zastosowanymi korekcjami.

4. Wnioski

Hałasu infradźwiękowego i niskoczęstotliwościowego nie można w sposób prawidłowy oceniać stosując funkcję korekcji A. Krzywa ta, jak widać na rysunku 1, doskonale nadaje się do ocen hałasu w zakresie częstości słyszalnych, ponieważ jest niemalże lustrzanym odbiciem krzywej proggu słyszenia (ISO 226 2003). Część autorów (Leventhall i in. 2003, Jabben & Verheijen 2012, Ziaran 2013) uważa, że prowadzenie analiz i ocen przy zastosowaniu korekcji C pozwoliłoby uwzględnić dźwięki o niskich częstotliwościach w mierzonym poziomie hałasu. Jednak autorzy ci zauważają również, że stosowanie korekcji C niesie za sobą problem obliczeniowy wykonywanych prognoz akustycznych, ponieważ większość źródeł hałasu zdefiniowana jest w dB(A), do których dostosowane są powszechnie używane i sprawdzone algorytmy obliczeniowe. Wymagałoby to konieczności określenia zupełnie nowych poziomów dopuszczalnych opisanych charakterystyką C. Ponadto brak jest przyjętego standardu określającego jednoznacznie zakres częstotliwości hałasu niskoczęstotliwościowego. Jedyny międzynarodowy standard dotyczący dźwięków o niskich częstotliwościach to norma (ISO 7196 1995) w zakresie infradźwiękowym.

Wydaje się być celowe dążenie, aby prace mające doprowadzić do ustalenia regulacji prawnych i standardów międzynarodowych dotyczących ochrony środowiska naturalnego oraz środowiska pracy przed hałasem w niskim zakresie częstotliwości prowadzić dwutorowo. Po pierwsze, kontynuować badania prowadzące do zdefiniowania równoważnych poziomów dopuszczalnych w dB(C) oraz standardu określającego zakres hałasu niskoczęstotliwościowego. Po drugie, jak dotychczas, hałas w zakresie częstości słyszalnych mierzyć, analizować i oceniać za pomocą ważenia krzywą A oraz stosować łącznie metody analiz i oceny wraz z poziomami dopuszczalnymi hałasu infradźwiękowego ważonego krzywą G (ISO 7196 1995). Prowadzenie łącznie ocen przy zastosowaniu korekcji A i G pozwala pełniej uwzględnić oddziaływanie na organizm człowieka dźwięków w szerszym zakresie częstotliwości niż dotychczas (Salt & Hullar 2010).

Należy zauważyć, że ze względu na nadal fragmentaryczne badania wpływu infradźwięków i hałasu niskoczęstotliwościowego na zdrowie człowieka, szczególnie podczas długotrwałej ekspozycji, trudno jest

określić rozsądne poziomy dopuszczalne. Przyjmowanie poziomów dopuszczalnych infradźwięków i hałasu niskoczęstotliwościowego na granicy progów słyszenia i odczuwania, a często poniżej tej granicy (Leventhall 2003, Pawlas i in. 2013) potwierdza małą ilość dostępnych badań, prowadzącą do zachowawczego podejścia przy określaniu ujednoczonych regulacji prawnych. Z drugiej strony to zachowawcze podejście uzasadnione jest faktem, iż pomiary oraz ocena zagrożenia hałasem infradźwiękowym i niskoczęstotliwościowym prowadzona jest głównie w miejscach pracy. Natomiast narażenie to nie kończy się wraz z opuszczeniem budynku zakładu pracy, a pracownik nie jest w stanie sam ocenić zagrożenia własnym narządem słuchu.

Zasadnym jest, aby oceny wpływu narażenia i poziomy dopuszczalne na hałas infradźwiękowy i niskoczęstotliwościowy dotyczące miejsca pracy, uwzględniały również pozazawodową aktywność pracownika, zwracając uwagę na jego miejsca odpoczynku, przerwy oraz czas przebywania w środkach transportu. Próbę określenia wspólnego wskaźnika ekspozycji zawodowej i pozazawodowej podjęto w pracy (Dudarewicz 2007). Wprowadzona w tej publikacji metoda ilościowej oceny narażenia na hałas w zakresie słyszalnych częstotliwości, mogłaby być zdaniem autora rozszerzona na hałas infradźwiękowy i niskoczęstotliwościowy. Jednak aby tak się stało, potrzebny jest dostęp do dużej ilości badań i pomiarów. Baza danych wyników pomiarów poziomów ciśnienia akustycznego związana z aktywnością pozazawodową człowieka prezentowana w publikacji (Dudarewicz 2007) powinna być rozszerzana i prowadzona przez administrację rządową w celu powszechnej dostępności wyników. Powszechne stosowanie metod ankietowych oszacowania narażenia na hałas, dałoby możliwość identyfikacji wszystkich stanowisk pracy wymagających ochrony akustycznej pracownika. Zwiększyłoby świadomość pracowników na temat zagrożenia utraty zdrowia oraz wpłynęłoby na komfort ich życia.

Literatura

- Boczar, T., Malec, T., Wotzka, D. (2012). Studies on Infrasound Noise Emitted by Wind Turbines of Large Power. *Acta Physica Polonica A*. 122(5), 850-853.
- Can, A., Dekoninck, L., Rademaker, M., Van Renterghem, T., De Baets, B., Botteldooren, D. (2011). Noise measurements as proxies for traffic parameters in monitoring networks. *Science of The Total Environment*, 410-411, 198-204.

- Chatillon, J. (2006). Limites d'exposition aux infrasons et aux ultrasons – Etude bibliographique, Hygiene et Securite du Travail – Cahiers de notes documentaires, *INRS, 2éme trimestre*, 67-77.
- Dudarewicz, A., Pawlaczyk-Łuszczynska, M., Śliwińska-Kowalska, M. (2007). Developing the metod for assessing non-occupational exposure to noise. *Med. Pracy*, 58(3), 231-242.
- Dz. U. Nr 120 poz. 826 (2007). *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku*. Warszawa: Dziennik Ustaw.
- Dz. U. 2012 Nr 0 poz. 1109. (2012). *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 października 2012 r. zmieniającym rozporządzenie w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku*. Warszawa: Dziennik Ustaw.
- Ingielewicz, R. & Zagubień, A. (2014). Infrasound noise of natural sources in environment and infrasound noise of wind turbines. *Polish Journal of Environmental Studies*, 23, 1323-1327.
- ISO 226:2003 (2003). *Acoustics – Normal equal-loudness level contours*. Geneva: International Organization for Standardization.
- ISO 7196:1995 (1995). *Acoustics – Frequency weighting characteristic for infrasound measurements*. Geneva: International Organization for Standardization.
- Jabben, J., & Verheijen, E. (2012). Options for Assessment and Regulation of Low Frequency Noise. *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control*, 31(4), 225-238.
- Jakobsen, J. (2005). Infrasound Emission from Wind Turbines. *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control*, 24(3), 145-155.
- Leventhall, G., Pelmear, P., Benton, S. (2003). *A review of Published Research on Low Frequency Noise and Its Effects*. London: Defra Publications.
- Lis, T., Nowacki, K., Bendkowska-Senator, K. (2015). Kształtowanie optymalnych warunków pracy przy występowaniu hałasu zawodowego i pozazawodowego. *XVIII Konferencja Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji, Zakopane 1-03.03.2015*.
- Moller, H., & Pedersen, C.S. (2004). Hearing at low and infrasonic frequencies. *Noise and Health*, 6(23), 37-57.
- Pawlas, K., Pawlas, N., Boroń, M., Szłapa, P., Zachara, J. (2013). Infrasound and low frequency noise assessment at workplaces and environment – review of criteria. *Environmental Medicine*, 16(1), 82-89.
- Pierzga, R., Boczar, T., Wotzka, D. (2015). Measurements and Acoustic Analyses of Infrasound Noise Emitted by Operation of Small, Building Mounted Wind Farm. *Acta Physica Polonica A*, 128(2), 294-299.

- PN-Z 01338:2010 (2010). *Akustyka. Pomiar i ocena hałasu infradźwiękowego na stanowiskach pracy*. Warszawa: PKN.
- Profaska, M., Korban, Z., Kernert, R. (2012). Sample Surveys of Nuisance of Noise Emissions from Communication Pathway. *Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection)*, 14, 800-813.
- Salt, A.N., & Hullar, T.E. (2010). Responses of the ear to low frequency sounds, infrasound and wind turbines. *Hearing Research*, 268, 12-21.
- Smeatham, D. (2002). *Noise levels and noise exposure of workers in pubs and clubs — A review of the literature. Prepared by the Health and Safety Laboratory for the Health and Safety Executive. Research Report 026*. United Kingdom: www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr026.pdf
- Van der Berg, M. (2005). *Influence of low frequency noise on health and well-being*. UK: Informal Draft No GBR-41-8.
- Vercammen, M. (2007). Criteria for low frequency noise. *Proceedings of the 19th International Congress on Acoustics, Madrid*.
- Yi, P., & Paparaju, S. (2013). Field Investigation of Traffic Noise by Pickup Trucks and Sports Utility Vehicles. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 96, 2939-2944.
- Ziaraan, S. (2013). Low Frequency Noise and Its Assessment and Evaluation. *Archives of Acoustics*, 38(2), 265-270.

Non-occupational Exposure to Low Frequency Noise – the Analysis on the Basis of Chosen Mean of Transport

Abstract

This article is the next voice in the discussion leading to international harmonization of methods of analyses and noise assessment in the wide range of frequencies, from 1 to 20 000 Hz. Introducing different methods and assessments of influence of low frequency noise on environment in many countries all over the world has caused difficulties in comparing the results and also made it impossible to establish common policy on this field. Because of fragmentary research in influence of infrasounds and low frequency noise on human, especially during long exposure, it is difficult to determine permissible levels. Determining those levels on the borders of hearing or perception threshold or often below them shows how little research is available, which consequently leads to cautious approach when it comes to establishing uniform legal regulations. Proper applying methods of measurements and the right assessment of noise influence on human body both in working and natural environment requires the correlation to the real way of noise acceptance by people, which means permissible noise levels safe for people's health. Exposure to low frequency noise was

highlighted with the exclusion of workplace beyond the places defined as potential noise threat. This article presents own results of measurements which show that there are opportunities and needs for conducting noise analyses in the wide range of frequencies. It was suggested the direction of future work. It was pointed out that the assessment of infrasound and low sound noise influence and permissible levels should concern not only workplace but also relax and entertainment places, or means of transport. That is why a drive by a simple car was used here, to make own noise measurements and to present the analysis of results. Creating generally accessible database of results of noise measurements connected with non-occupational man activity was suggested.

It seems reasonable that work on establishing legal regulations and international standards regarding the protection of natural and working environment against low frequency noise should be double-track. Firstly, the research to define the permissible levels and standards for the range of low frequency noise should be continued. Secondly, the so called audible noise should be measured, analyzed and assessed using the A-weighting and also there should be gradually introduced methods, analyses, assessments and permissible levels of infrasound when G-weighting is applied.

Streszczenie

Poprawne stosowanie metod pomiarów i dokonywanie ocen oddziaływania hałasu na organizm ludzki zarówno w środowisku pracy jak i w środowisku naturalnym wymaga korelacji z rzeczywistym sposobem odbioru hałasu przez ludzi, a co za tym idzie z bezpiecznymi dla zdrowia ludzi poziomami dopuszczalnymi hałasu. Zwrócono uwagę na ekspozycję na hałas niskoczęstotliwościowy odbywającą się poza miejscem pracy i poza miejscami zdefiniowanymi jako potencjalne zagrożenie takim hałasem. W artykule przedstawiono własne wyniki pomiarów które wskazują, że są możliwości i potrzeby prowadzenia analiz hałasu w szerokim zakresie częstotliwości oraz zasugerowano kierunek prowadzenia dalszych prac. Zauważono, że oceny wpływu narażenia oraz poziomy dopuszczalne na hałas infradźwiękowy i niskoczęstotliwościowy powinny dotyczyć nie tylko miejsc pracy ale również miejsc odpoczynku, rozrywki oraz w środkach transportu.

Wskazano na konieczność podjęcia dyskusji, mającej doprowadzić do międzynarodowej harmonizacji metod analiz i oceny hałasu w szerokim zakresie częstotliwości, tj. od 1 do 20 000 Hz, uwzględniających zawodową i pozazawodową ekspozycję na hałas. Ze względu na obowiązujące w różnych krajach na świecie odmienne metody wykonywania pomiarów i ocen oddziaływania hałasu w zakresie niskich częstotliwości, powstają trudności w porównywaniu wyników oraz ustaleniu wspólnej polityki w tym zakresie.

Zauważono, że ze względu na nadal fragmentaryczne badania wpływu infradźwięków i hałasu niskoczęstotliwościowego na zdrowie człowieka, szczególnie podczas długotrwałej ekspozycji, trudno jest określić rozsądne poziomy dopuszczalne. Przyjmowanie poziomów dopuszczalnych infradźwięków i hałasu niskoczęstotliwościowego na granicy progów słyszenia i odczuwania, a często poniżej tej granicy, potwierdza małą ilość dostępnych badań, prowadzącą do zachowawczego podejścia przy określaniu ujednoliconych regulacji prawnych. Z drugiej strony to zachowawcze podejście uzasadnione jest faktem, iż pomiary oraz ocena zagrożenia hałasem infradźwiękowym i niskoczęstotliwościowym prowadzona jest głównie w miejscach pracy. Zaproponowano, aby prace mające doprowadzić do ustalenia regulacji prawnych i standardów międzynarodowych dotyczących ochrony środowiska naturalnego oraz środowiska pracy przed hałasem w niskim zakresie częstotliwości prowadzić dwutorowo. Po pierwsze, kontynuować badania prowadzące do zdefiniowania równoważnych poziomów dopuszczalnych w dB(C) oraz standardu określającego zakres hałasu niskoczęstotliwościowego. Po drugie, jak dotychczas, hałas w zakresie częstości słyszalnych mierzyć, analizować i oceniać za pomocą ważenia krzywą A oraz stosować łącznie metody analiz i oceny wraz z poziomami dopuszczalnymi hałasu infradźwiękowego ważonego krzywą. Prowadzenie łącznie ocen przy zastosowaniu korekcji A i G pozwala pełniej uwzględnić oddziaływanie na organizm człowieka dźwięków w szerszym zakresie częstotliwości niż dotychczas.

Słowa kluczowe:

poziom ekspozycji na hałas pozazawodowy, poziomy hałasu, pomiary hałasu, infradźwięki, hałas niskoczęstotliwościowy

Keywords:

non-occupational noise exposure level, noise levels, noise measurements, infrasound, low frequency noise