

# Hałas niskoczęstotliwościowy w samochodach osobowych

Adam Zagubień, Katarzyna Wolniewicz

*W artykule przedstawiono analizę hałasu niskoczęstotliwościowego w wybranych modelach samochodów osobowych. Badania prowadzono w dwóch wariantach: przejazd z zamkniętymi wszystkimi oknami oraz przejazd z uchylonym szyberdachem. Pojazdy poruszały się po autostradzie z dużymi prędkościami. Autorzy nie dokonują oceny zarejestrowanych wyników badań, wskazują jedynie na wysokie poziomy hałasu infradźwiękowego i niskoczęstotliwościowego w pojazdach osobowych poruszających się z prędkościami autostradowymi.*

**Słowa kluczowe:** hałas niskoczęstotliwościowy, infradźwięki, pomiary hałasu

## Wstęp

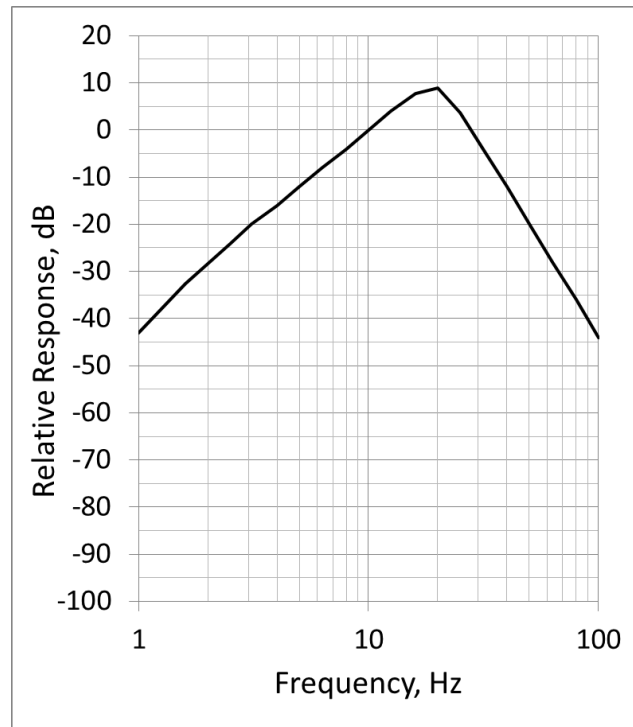
Samochody są źródłem emitującym dźwięki w szerokim zakresie częstotliwości z przewagą dźwięków o niskich częstotliwościach. Podstawą analiz w niniejszym artykule jest hałas niskoczęstotliwościowy oraz infradźwiękowy pochodzący od samochodów jadących z prędkością powyżej 120 km/h z zamkniętym i uchylonym szyberdachem.

W związku z trwającą harmonizacją metod analiz i oceny hałasu w szerokim zakresie częstotliwości, tj. od 1 do 20 000 Hz, problem oceny hałasu niskoczęstotliwościowego podnoszony jest w wielu publikacjach [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Problem ten w szerszym zakresie dotyczy również naszego kraju, ponieważ w Polsce brakuje uregulowań prawnych o dopuszczalnych poziomach hałasu zarówno infradźwiękowego jak

i niskoczęstotliwościowego w środowisku pracy oraz zalecanych metodach pomiarowych.

W niniejszym artykule infradźwiękami nazwano dźwięki o częstotliwościach od 1 do 20 Hz zgodnie z normą ISO 7196 [7], natomiast hałasem niskoczęstotliwościowym określa się dźwięki niepożądane o częstościach od 8 do 250 Hz [1, 8]. Należy zauważyć, że zakres częstości hałasu niskoczęstotliwościowego jest odmienny w różnych krajach. Dla przykładu w Niemczech jest to zakres od 8 do 125 Hz, w Szwecji od 31,5 do 200 Hz, a na Litwie od 8 do 200 Hz [9].

Wiadomym jest, że wysokie poziomy infradźwięków oraz hałasu niskoczęstotliwościowego mogą powodować u ludzi nadmierne zmęczenie oraz dekoncentrację [4]. Autorzy nie dokonują oceny zarejestrowanych wyników badań, wskazują jedynie na wysokie poziomy hałasu infradźwiękowego oraz niskoczęstotliwościowego w pojazdach osobowych poruszających się z prędkościami autostradowymi.



Rys. 1. Krzywa korekcji G [7]

## 1. Metodyka prowadzonych badań

Otrzymane wyniki ciśnienia akustycznego uzyskano korzystając z cyfrowego miernika poziomu dźwięku oraz drgań SVAN 912AE klasy 1. Zestaw składał się z analizatora i rejestratora dźwięku, przedwzmacniacza mikrofonowego SV01A, mikrofonu SV02/C4L, osłony przeciwwietrznej oraz kalibratora akustycznego. Wszystkie elementy wchodzące w skład zestawu posiadały ważne świadectwo wzorcowania. Badania przeprowadzone były w pasmach tercjowych (1/3 oktawy) w przedziale od 1 Hz do 20 kHz. Z uwagi na wyrównany poziom emitowanego dźwięku i możliwość eliminacji widocznych zakłóceń czas pojedynczego pomiaru wynosił 10 sekund. Dokonywano poboru minimum trzech prób z każdego badanego środka transportu drogowego. Warunki meteorologiczne zarejestrowane podczas wykonywania pomiarów były zgodne z ogólnie przyjętą metodyką i wynosiły: temperatura 6-10 °C, wilgotność 74-78 % (brak opadów) ciśnienie 1010-1018 hPa, prędkość wiatru 1-3 m/s. Pomiaru parametrów meteorologicznych dokonano przenośną stacją meteo na postoju.

Zestaw pomiarowy umieszczano w przedniej części kabiny każdego z badanych samochodów. Mikrofon pomiarowy znajdował się na wysokości ucha kierowcy pojazdu. Odczyty hałasu niskoczęstotliwościowego, w tym również infradźwięków dokonywano przy różnych prędkościach samochodu od 120 do 200 km/godz. i przeprowadzono je na możliwie jednolitych fragmentach drogowych. Ze względu na fakt prowadzenia badań przy prędkościach przejazdu niedozwolonych w Polsce, pomiary realizowano na autostradach niemieckich. Drugim zmiennym parametrem pomiaru było uchylanie szyberdachu. Analizie poddano dwa przypadki:

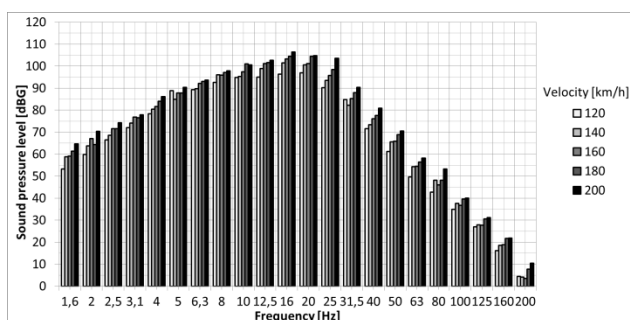
- wszystkie okna zamknięte,
- szyberdach częściowo otwarty (uchylony do góry maksymalnie, około 5 cm).

Celowo wybrano modyfikację polegającą na uchylaniu lub nie szyberdachu, ponieważ jest to element pojazdu, który może być montowany niezależnie od kształtu nadwozia.

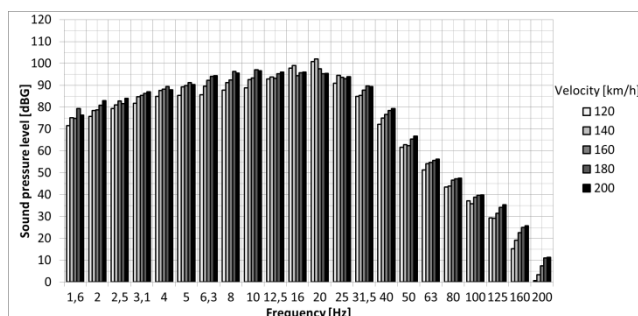
Badania prowadzono w dwóch grupach pojazdów osobowych: dwudrzwiowe coupe C i duże SUV S. Niezależnie od marki pojazdu, w poszczególnych grupach pojazdów wyniki pomiarów kształtowały się podobnie. Dla obu grup pojazdów przedstawiono przykładowe analizy widmowe hałasu infradźwiękowego korygowane krzywą G oraz bez korekcji.

## 2. Wyniki badań

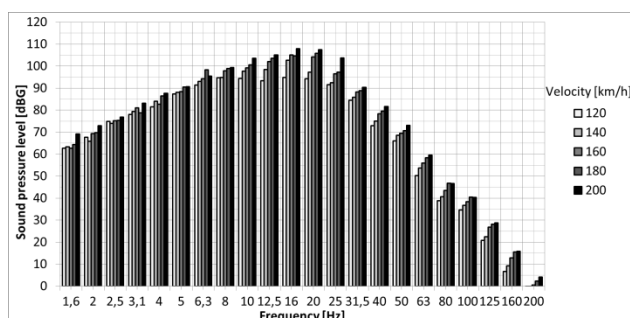
Wyniki pomiarów hałasu niskoczęstotliwościowego zaprezentowano w dwojaki sposób. Po pierwsze pokazano analizy tercjowe korygowane krzywą G – rys.2 do rys.5. Po drugie pokazano wyniki analiz tercjowych bez korekcji na tle krzywych progowych THL ISO226 [10] oraz THL NL [11] – rys. 6 do rys.9 w zakresie częstotliwości od 1,6 do 200 Hz. Jedyną znormalizowaną krzywą progową, obrazującą możliwości słyszenia ludzkiego ucha jest ta opisana w normie ISO [10]. Jako drugą krzywą progową, dla przedziału niskich częstotliwości dźwięku od 4 do 20 Hz, wybrano propozycję holenderską [11].



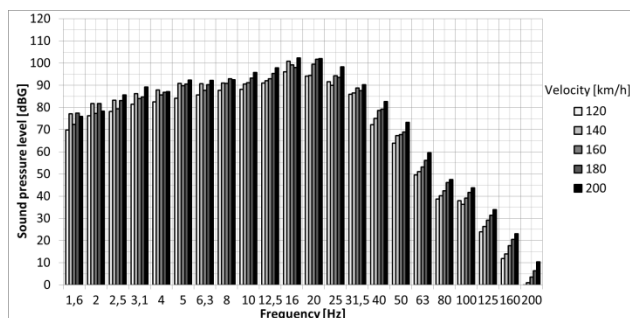
Rys. 2. Analiza widmowa hałasu G w kabinie pojazdu C – okna zamknięte



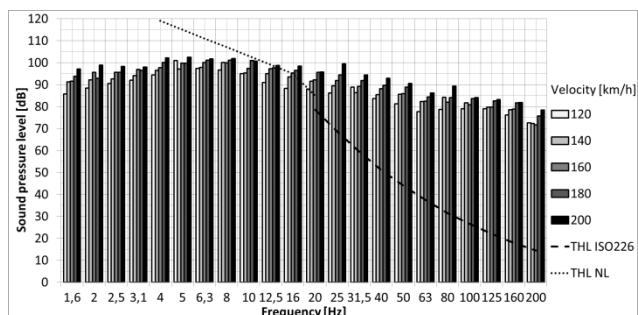
Rys. 3. Analiza widmowa hałasu G w kabinie pojazdu C – uchylony szyberdach



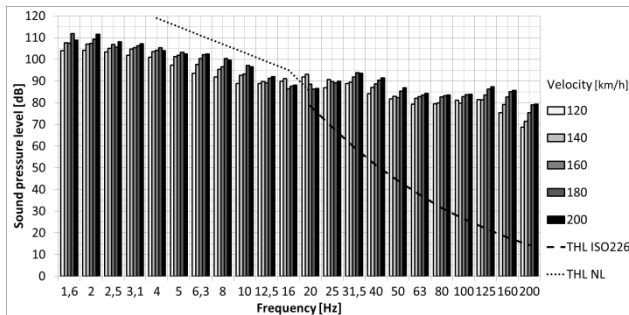
Rys. 4. Analiza widmowa hałasu G w kabinie pojazdu S – okna zamknięte



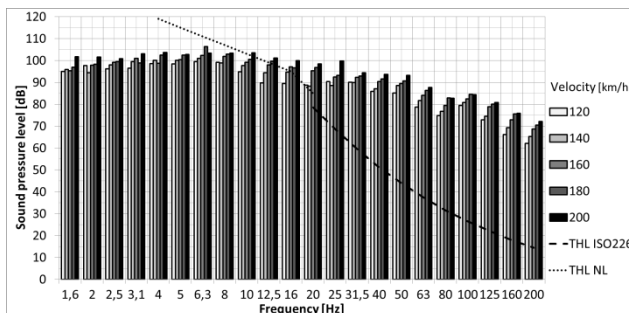
Rys. 5. Analiza widmowa hałasu G w kabinie pojazdu S – uchylony szyberdach



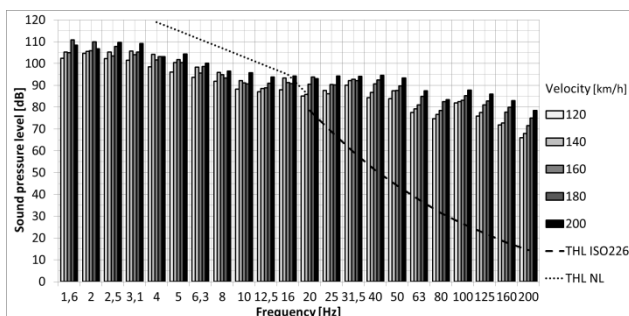
Rys. 6. Niekorygowane analizy widmowe hałasu w kabinie pojazdu C na tle progów słyszenia – okna zamknięte



**Rys. 7.** Niekorygowane analizy tercjowe hałasu w kabinie pojazdu C na tle progów słyszenia – uchylony szyberdach



**Rys. 8.** Niekorygowane analizy tercjowe hałasu w kabinie pojazdu S na tle progów słyszenia – uchylony szyberdach



**Rys. 9.** Niekorygowane analizy tercjowe hałasu w kabinie pojazdu S na tle progów słyszenia – uchylony szyberdach

Poniżej, w tabeli 1 zestawiono wyniki pomiarów równoważnego poziomu dźwięku korygowanego krzywą G [7] - oznaczenie  $L_{Geq}$  oraz bez korekcji - oznaczenie  $L_{eq}$ . Prezentowane wyniki wskazują, że pojazdy jadące z uchylonym szyberdachem generują w kabinie pojazdu mniejsze poziomy hałasu infradźwiękowego, w stosunku do emisji z zamkniętymi wszystkimi oknami, mimo wyraźnie słyszalnego podczas pomiarów, zwiększenia poziomu ciśnienia akustycznego odbieranego subiektywnie w zakresie akustycznym. To subiektywne odczucie widoczne jest w wynikach zestawianych w tabeli 1., w kolumnie zawierającej wyniki równoważnego poziomu dźwięku bez korekcji  $L_{eq}$  otrzymane w przedziale częstotliwości od 1,6 do 20 000 Hz. Wyniki równoważnego poziomu dźwięku  $L_{Geq}$ , zgodnie z krzywą korygującą wyniki nieskorygowane dotyczą zakresu częstotliwości od 1,6 do 100 Hz, jak na rys. 1. zgodnie z normą [7].

**Tabela 1.** Zestawienie równoważnego poziomu dźwięku w badanych typach samochodów

Źródło hałasu	Prędkość pojazdu	Równoważny poziom dźwięku G ( $L_{Geq}$ )	Równoważny poziom dźwięku bez korekcji ( $L_{eq}$ )
	[km/h]	[dBG]	[dB]
SUV z zamkniętymi wszystkimi oknami	120	102,4	107,8
	140	106,5	109,3
	160	109,9	110,9
	180	110,9	113,1
	200	113,2	114,2
SUV z zamkniętymi oknami i uchylonym szyberdachem	120	100,8	113,1
	140	103,8	115,4
	160	104,4	116,1
	180	105,4	117,7
	200	107,3	117,3
Coupe z zamkniętymi wszystkimi oknami	120	103,1	105,9
	140	106,5	108,3
	160	108,0	110,0
	180	110,0	110,0
	200	111,1	112,2
Coupe z zamkniętymi oknami i uchylonym szyberdachem	120	103,9	115,2
	140	103,6	116,7
	160	103,3	117,4
	180	104,5	117,7
	200	104,6	118,6

## Wnioski

Wyniki przeprowadzonych pomiarów wskazują na przekroczenia poziomu uciążliwości 102 dBG zapisanego w normie PN-Z

01338 [12]. Zmierzone wartości kształtują się na poziomach ekspozycji w przedziale od 102,4 do 113,2 dBG.

Analiza uzyskanych wyników, prowadzi do następujących wniosków:

- każdy z pojazdów ma inną charakterystykę widma hałasu wewnątrz pojazdu, charakterystyczną dla swojej grupy,
- w częstościach środkowych analizy tercjowej 16 Hz oraz 20 Hz (zakres infradźwiękowy) nieznacznie jest przekroczony próg odbierania dźwięków przez ludzkie ucho,
- pojazdy jadące z uchylonym szyberdachem generują w kabinie pojazdu mniejsze poziomy hałasu infradźwiękowego, w stosunku do emisji z zamkniętymi wszystkimi oknami, rys. 6 i rys. 7 oraz rys. 8 i rys. 9.
- w częstościach słyszalnych powyżej 20 Hz wszystkie pojazdy jadące z prędkością powyżej 120 km/h emitują wewnątrz kabiny, poziomy dźwięku wyższe od proggu słyszenia ludzkiego ucha.

Wiadomym jest, że wysokie poziomy infradźwięków mogą powodować nadmierne zmęczenie oraz dekoncentrację [10] i są szczególnie niebezpieczne w środowisku pracy. Mogą prowadzić do zwiększonej wypadkowości w pracy. Jednak mimo przekroczeń poziomu uciążliwości 102 dBG w badanych pojazdach nie obserwujemy zwiększonej wypadkowości pojazdów na drogach ekspresowych i autostradach. Przykładowo według raportu komisji europejskiej za rok 2015, Niemcy należały do pięciu krajów o najmniejszej wypadkowości, mając wiele kilometrów autostrad bez ograniczeń prędkości przejazdu. Można, zatem stwierdzić, że autostrady i drogi ekspresowe należą do najbezpieczniejszych dróg. Należałoby się zastanowić, czy poziom 102 dBG jest dobrze dobranym kryterium uciążliwości. Bardziej istotnym jest fakt, czy w badanym widmie hałasu są pasma, w których przekroczony jest znacznie próg odbioru tych dźwięków przez ludzkie ucho.

## Bibliografia

1. Pawlaczek-Luszczynska M., Szymczak W., Dudarewicz A., Śliwińska-Kowalska M. *Proposed Criteria for Assessing Low Frequency Noise Annoyance in Occupational Settings*. International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health, 19(3), pp 185-197, 2006.
2. Zagubień A. *Pozazawodowe narażenie na hałas niskoczęstotliwościowy – analiza na podstawie wybranego środka transportu*. Rocznik Ochrona Środowiska, 18, pp 626-641, 2016.
3. Leventhall G., Pelmear P., Benton S. *A review of Published Research on Low Frequency Noise and Its Effects*. London: Defra Publications 2003.
4. Pawlas K., Pawlas N., Boroń M., Szłapa P., Zachara J., *Infrasound and low frequency noise assessment at workplaces and environment – review of criteria*. Environmental Medicine, 16(1), pp 82-89, 2013.
5. Zagubień A. Wolniewicz K. *Everyday exposure to occupational/non-occupational infrasound noise in our life*. Archives of Acoustics. Vol. 41, (4), pp 659-668, 2016.
6. Ziaran S. *Low Frequency Noise and Its Assessment and Evaluation*. Archives of Acoustics, 38(2), pp 265-270, 2013.
7. ISO 7196:2002. *Acoustics – Frequency weighting characteristic for infrasound measurements*. Geneva: International Organization for Standardization 2002.
8. Mirowska M. *Evaluation of Low-Frequency Noise in Dwellings*. New Polish Recommendations. Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control, 20(2), pp 67-74, 2001.
9. Šaliūnas D., Volkovas V. *Analysis of Assessments of Low Frequency Noise from Wind Turbines. Calculations of Impact Range According to HN 30:2009*. Environmental Research, Engineering and Management, 2013. No. 1(63), pp 48-59, 2013.
10. ISO 226:2003. *Acoustics – Normal equal-loudness level contours*. Geneva: International Organization for Standardization 2003.
11. NSG Nederlandse Stichting Geluidhinder, Richtlijn Laagfrequent geluid, Delft 1999.
12. PN-Z 01338:2010. *Akustyka. Pomiar i ocena hałasu infradźwiękowego na stanowiskach pracy*. Warszawa: PKN 2010.

## Autorzy:

Dr inż. Adam Zagubień – WILŚiG, Politechnika Koszalińska, ul.Śniadeckich 2, 75-453 Koszalin

Mgr Katarzyna Wolniewicz – doktorantka, WILŚiG, Politechnika Koszalińska

## Low frequency noise in passenger cars

The article presents an analysis of low frequency noise in selected models of passenger cars. The study has been performed in two variants: travel with all windows closed and travel with the sliding roof half-open. The vehicles moved along the motorway with high speeds. The authors do not evaluate the recorded study results, but only indicate the high levels of infrasound and low frequency noise in passenger cars moving at motorway speeds.

**Key words:** low frequency noise, infrasound, noise measurement.