

*górnictwo skałe, bezpieczeństwo pracy,
hałas niskoczęstotliwościowy*

Michał STOPA*

HAŁAS NISKOCZĘSTOTLIWOŚCIOWY W GÓRNICTWIE SKALNYM

Przedstawiono przybliżoną charakterystykę i obszary występowania hałasu niskoczęstotliwościowego w środowisku naturalnym oraz związanym z wykonywaniem pracy zawodowej. Zwrócono uwagę na nieprecyzyjną definicję zjawiska oraz brak regulacji prawnych dotyczących oceny narażenia człowieka na ten czynnik. Zawarto również informacje na temat stanu wiedzy na świecie o wpływie czynnika na organizm.

1. WPROWADZENIE

Pod pojęciem hałasu interpretujemy zazwyczaj zjawisko występowania nie przyjemnego w naszym odczuciu poziomu ciśnienia akustycznego, powodującego automatyczny odruch zasłaniania małżowiny usznej i mrużenia oczu. Czynność tą wykonujemy instynktownie w celu ochrony części ciała przed uszkodzeniem lub upośledzeniem ich funkcji. Takie ryzyko istnieje i zależy od poziomu ciśnienia akustycznego i szybkości jego zmian w jednostce czasu. Zmienność zjawiska zależy od jego źródła. Nasze narządy poddane są działaniu zjawiska falowego, kompresji i dekompresji cząsteczek powietrza względem ciśnienia atmosferycznego (rys. 1) zgodnie z narzuconą przez dane źródło zmiennością. Jako dźwięk odbieramy drgania mechaniczne ośrodka (gazowego, płynnego, stałego) w trakcie których energia odprowadzana jest ze źródła za pomocą fal akustycznych.



Rys. 1. Fale kompresji i dekompresji cząsteczek powietrza

Fig. 1. Compression and decompression wave effects on air molecules

* Politechnika Wroclawska, Instytut Górnictwa, 50-051 Wrocław, pl. Teatralny 2,
michal.stopa@pwr.wroc.pl

Jeśli skala zjawiska przewyższa zależną od indywidualnej osobniczej odporności tolerancję, w organizmie dochodzi do szeregu procesów, które można interpretować jako reakcja obronna. Problem się znacząco komplikuje, kiedy hałas ten wykracza poza zakres wykrywalności narządu słuchu. Czy można to wciąż nazwać hałasem? Jaka jest wtedy reakcja obronna organizmu?

Ogólnie przyjęte jest, że zakres słyszalny dźwięku wynosi 20 Hz–20 kHz. Największą czułość wykazuje ludzki narząd słuchu przy zakresie 1000–3000 Hz. Progiem bólu przyjęto określać poziom ciśnienia akustycznego 110–140 dB, zaś 150 dB – progiem uszkodzenia słuchu. Badania wykazują, że ludzki narząd słuchu jest w stanie zinterpretować jako dolną granicę zakresu słyszalności dźwięki o częstotliwości 20 Hz, a w niektórych przypadkach nawet niższej aż do 4 Hz, przy odpowiednio wysokim poziomie ciśnienia akustycznego oraz odpowiednich warunkach przeprowadzenia badań [1]. Mają one zatem potencjał mogący spowodować upośledzenie i uszkodzenie narządu słuchu. Nie oznacza to jednak, że te niesłyszalne, poniżej wspomnianych 4 Hz, nie mają żadnego wpływu [2].

Jeżeli spojrzeć na problem szerzej, niż tylko z punktu widzenia funkcjonowania narządów słuchu, należałoby zwrócić również uwagę na wpływ opisywanego zjawiska na inne części ludzkiego ciała, ich budulec, czyli tkankę oraz płyny ustrojowe oraz zmiany (fizyczne i chemiczne) ich funkcjonowania przy różnych warunkach zewnętrznych [1]. Wymagałoby to monitorowania parametrów takich jak ciśnienie tętnicze, puls, poziom hormonów w krótkim czasie narażenia (na wysokie poziomy hałasu niskoczęstotliwościowego) oraz długim czasie narażenia (przy naturalnie występujących poziomach ciśnień sygnałów niskiej częstotliwości). Jest to zatem bardzo skomplikowany proces i jak dotąd niewiele jest wyników badań, które dotyczą takiej analizy [7].

Dane z literatury przedmiotu sugerują, że ekspozycja na zmiany ciśnienia w zakresach niskich częstotliwości może być przyczyną zaburzeń i zmian: pracy narządów słuchu, morfologicznych, sercowo-naczyniowych, neurobehawioralnych oraz pracy innych narządów organizmu, szczególnie w związku z ich ekspozycją na sygnały o częstotliwościach rezonansowych [5].

2. REGULACJE PRAWNE

Definicja hałasu niskoczęstotliwościowego jest nieco kłopotliwa. Nie ma jednej, globalnej definicji. Czynnikiem ten nie figuruje w Polsce w wykazie czynników szkodliwych. Brak konkretnych przepisów prawnych dotyczących oceny jego wpływu na organizm człowieka powoduje, że ich opis jest rozmyty. Oto kilka przykładów interpretacji zakresu widma hałasu niskoczęstotliwościowego [3]: w Polsce (instrukcja ITB 358/98) – ok. 10–250 Hz,, wg normy ISO 7196:1995(E) – 20–250 Hz,

w Niemczech (wg normy DIN 45680:1997) – 8–100 Hz, w Wielkiej Brytanii <200 Hz, w innych opracowaniach <150 Hz.

Ocenie szkodliwości i uciążliwości podlega lub podlegał jednak pewien podzakres hałasu niskoczęstotliwościowego, tj. hałas infradźwiękowy. Jego definicja ewoluuje od początku lat 1970.: w Szwecji – 1–80 Hz, w Rosji – 2–31,5 Hz, w Polsce – 4–31,5 Hz, później 8–31,5 Hz [8], w Wielkiej Brytanii – 10–160 Hz.

Przepisy te zakładały wpływ hałasu infradźwiękowego w głównej mierze na narząd słuchu i za pomocą różnych metod, odwołujących się do różnych wartości dopuszczalnych pozwalały określić stopień uciążliwości lub szkodliwości tego czynnika. Umożliwiało to przeprowadzenie oceny ryzyka zawodowego zatrudnionych na tych stanowiskach lub wymuszało na przedsiębiorcach, których instalacje przemysłowe powodowały narażenie mieszkańców sąsiadujących z nimi budynków na działaniach ograniczających to zjawisk. Na temat hałasu infradźwiękowego takie informacje można znaleźć w źródłach [9 – 12].

Według obecnego stanu prawnego w Polsce ani hałas infradźwiękowy ani niskoczęstotliwościowy nie są objęte żadnymi ograniczeniami. Dyrektywa 2003/10/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 6 lutego 2003 r. w sprawie minimalnych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa dotyczących narażenia pracowników na ryzyko spowodowane czynnikami fizycznymi (hałasem) zawiera podpunkt 8, który mówi wprost, że obecna wiedza na tematy wpływu, jaki narażenie na hałas może wywołać dla zdrowia i bezpieczeństwa jest niewystarczająca, zwłaszcza w zakresie skutków hałasu innych niż skutki o charakterze słuchowym. Biorąc pod uwagę poprawiający się stan wiedzy o problemie i wyniki najnowszych badań można spodziewać się pojawienia w najbliższym czasie tej problematyki w systemie legislacyjnym. Powstanie wówczas możliwość uwzględnienia tego czynnika w ocenie ryzyka zawodowego pracownika oraz obowiązek wykonywania specjalistycznych pomiarów w celu określenia poziomu narażenia.

Instrukcja 358/98 Instytutu Techniki Budowlanej wyszczególnia zalecane poziomy ciśnienia akustycznego hałasu niskoczęstotliwościowego w pomieszczeniach mieszkalnych. Wstępna ocena dokonywana jest graficznie (rys. 3). Jeżeli w zmierzonym widmie występują poziomy większe niż określone tzw. charakterystyką A10 – można przejść do właściwej oceny.

Brytyjski departament DEFRA zaproponował w 2005 roku kryteria limitujące środowiskowy hałas niskoczęstotliwościowy w porze nocnej.

Tabela 1

Kryteria uciążliwości hałasu niskoczęstotliwościowego wg DEFRA

Częstotliwość [Hz]	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160
Poziom [dB/Lin]	92	87	83	74	64	56	49	43	42	40	38	36	34

Według amerykańskiej ACGIH (American Conference of Industrial Hygienists) poziomy ciśnienia akustycznego dla częstotliwości z przedziału 1–80 Hz nie powinny przekraczać 145 dB (SPL). Japońskie dyrektywy mówią o poziomie 92 dB/G dla hałasu generowanego przez turbiny wiatrowe. Niektóre przepisy wymagają, aby uwzględnić w ocenie również poziom hałasu słyszalnego i jeśli w znaczący sposób (10–20 dB) przewyższa on wartością rejestrowane poziomy hałasu niskich częstotliwości to pozwalają uznać ten czynnik za nieistotny. To wszystko dowodzi, że problem opisywanego zjawiska jest wciąż niedostatecznie zbadany.

3. ŹRÓDŁA I EFEKTY DZIAŁANIA HAŁASU NISKOCZĘSTOTLIWOŚCIOWEGO

Źródła hałasu niskoczęstotliwościowego w środowisku życia i pracy człowieka można podzielić na naturalne oraz sztuczne. Do najważniejszych z nich zaliczyć należy źródła:

- naturalne: burze, tornada, podmuchy wiatru i ich interakcja z otoczeniem, wodospady i inne związane z ruchem wody, naturalne zmiany ciśnienia atmosferycznego, elektryczna aktywność atmosfery, zorze, deszcze meteorytów, trzęsienia ziemi, osunięcia terenu, lawiny,
- sztuczne: kabiny (ruch oraz dynamiczne odkształcenia ich konstrukcji) pojazdów, silniki Diesla, kompresory, dmuchawy i wentylatory, systemy wentylacji, samoloty i śmigłowce, transport kolejowy, kołowy i morski, turbiny wiatrowe, kołysanie wysokich budynków wywołane działaniem wiatru, eksplozje materiałów wybuchowych (militarne i przemysłowe), testy nuklearne.

Różnorodność źródeł opisywanego czynnika powoduje, że przeciętny człowiek jest narażony na jego działanie właściwie przez całą dobę. Oprócz czysto przemysłowych przyczyn powstawania tego zjawiska mamy też szereg naturalnych jego inicjatorów. W przeciętnych warunkach pracy wpływ źródeł naturalnych w konfrontacji z przemysłowymi można uznać za marginalny, pełniący rolę tła. Nie oznacza to jednak, że po opuszczeniu stanowiska pracy kontakt z istotnymi poziomami hałasu niskoczęstotliwościowego zostaje przerwany.

Często w okolicy domów czy mieszkań znajdują się źródła, które powodują, że problem dotyczy człowieka również „po godzinach”. Jest to powodem narastającej ilości konfliktów na linii przedsiębiorca – lokalna społeczność dotyczących pojawiającego się uciążliwego czynnika w miejscach odpoczynku ludzi, np. elektrownie wiatrowe, stacje kompresorów, instalacje klimatyzacji budynków [4].

Trwałe narażenie na działanie hałasu niskoczęstotliwościowego oznacza trwałe tego skutki. Dla samego tylko pasma hałasu infradźwiękowego zidentyfikowano:

- zbadane skutki narażenia: bóle narządów słuchu, wibracja organów, utrata słuchu, irytacja, wahania nastroju, senność,
- przewidywane skutki narażenia: zmiany w systemie sercowo-naczyniowym, osłabienie skupienia i funkcji poznawczych, zaburzenia pracy cytoszkieletu.

4. HAŁAS NISKOCZĘSTOTLIWOŚCIOWY W GÓRNICTWIE SKALNYM

Zjawisko występowania hałasu niskoczęstotliwościowego w górnictwie skalnym jest powszechne. Biorąc pod uwagę najistotniejsze jego źródła wyszczególniono charakterystyczny dla każdej z maszyn przedział częstotliwości, w których otrzymane wyniki pomiarów były najwyższe (tab. 2). Granice, w których odnotowano wyższe od przeciętnych wartości ciśnienia akustycznego, wynosiły 6,3–80 Hz. Mieszczą się one zatem w przywołanych wcześniej definicjach hałasu niskoczęstotliwościowego, wykraczając poza ramy czynnika określanego jako hałas infradźwiękowy.

Tabela 2

Charakterystyczne pasma częstotliwości

Maszyna	Przedziały częstotliwości w trakcie pomiarów [Hz]
ładowarka	6,3–16
koparka	20–40
wozidło	20–63
koparka z młotem hydraulicznym	10–40
wiertnica samojezdna	12,5–40
dźwig samojezdny	40–80

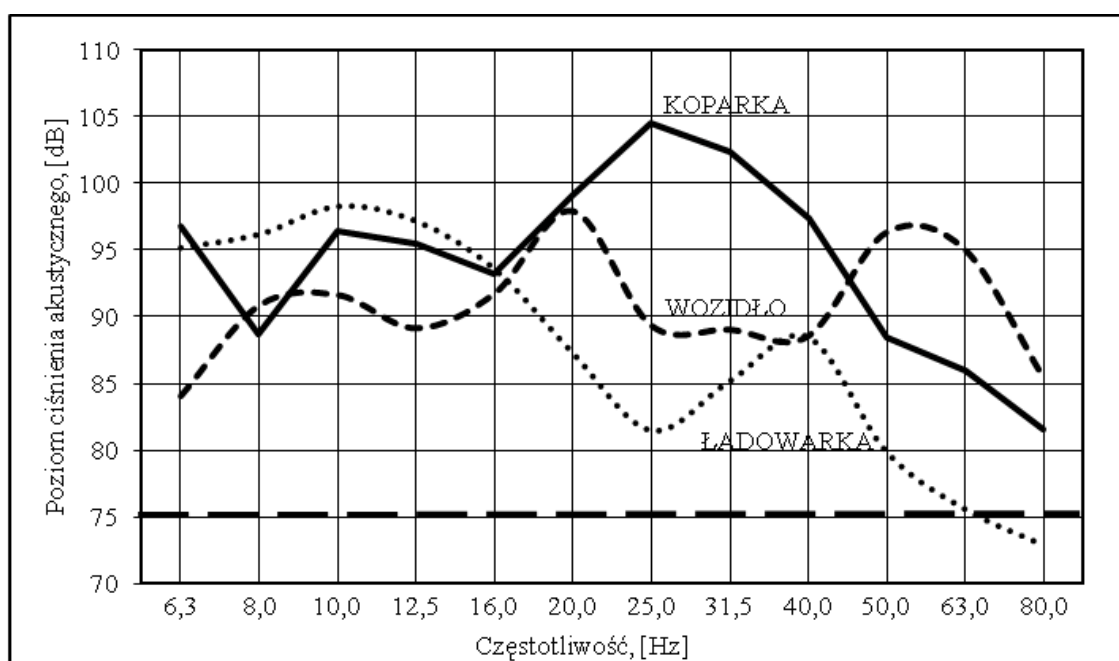
Tabela 3

Wyniki pomiarów hałasu niskoczęstotliwościowego

Częstotliwość [Hz]	Ładowarka		Koparka		Wozidło		Młot hydrauliczny		Wiertnica		Dźwig	
	[dB/Lin]											
	L_{Lineq}	L_{Linmax}	L_{Lineq}	L_{Linmax}	L_{Lineq}	L_{Linmax}	L_{Lineq}	L_{Linmax}	L_{Lineq}	L_{Linmax}	L_{Lineq}	L_{Linmax}
6,3	95,2	120,3	96,8	114,0	84,0	100,7	93,3	108,0	84,0	99,6	49,7	85,0
8	96,2	120,3	88,7	115,4	90,8	106,6	93,3	107,2	87,0	104,3	50,2	86,2
10	98,3	123,5	96,4	119,9	91,6	106,8	97,6	115,4	91,0	107,8	51,3	83,9
12,5	97,2	121,7	95,4	116,3	89,1	107,2	99,2	111,1	95,0	110,5	74,1	81,2
16	93,6	117,7	93,2	111,2	91,7	109,2	94,9	115,7	96,7	109,7	64,2	85,5
20	87,3	112,5	99,2	113,1	97,9	113,7	97,3	116,7	97,6	113,0	67,0	85,6
25	81,5	107,5	104,5	119,6	89,3	107,9	100,2	117,2	95,1	104,8	70,4	87,7
31,5	85,2	105,9	102,4	119,1	89,0	104,6	97,2	112,7	99,0	107,6	70,6	84,3
40	88,5	104,5	97,4	111,3	88,5	104,1	94,0	112,6	96,3	109,1	85,0	95,6
50	79,9	105,3	88,4	107,4	96,3	116,5	90,9	109,1	90,5	103,9	91,1	106,2
63	75,6	98,7	85,9	105,9	95,0	111,9	89,4	106,2	87,7	101,9	89,9	106,7
80	72,9	91,8	81,5	101,4	85,4	99,2	81,1	99,1	80,9	96,6	82,6	100,1

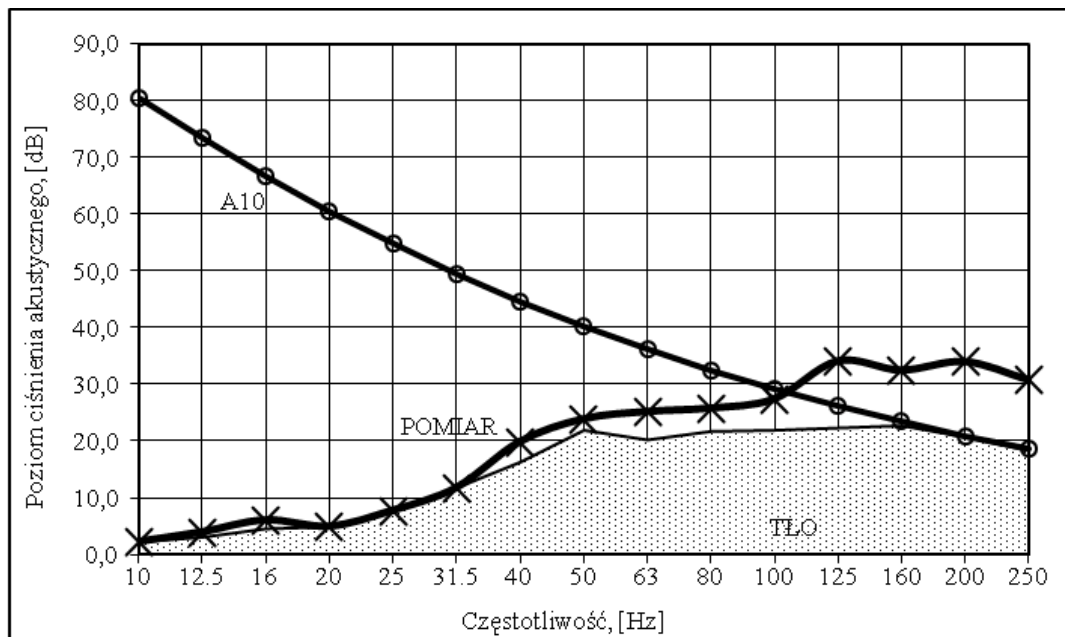
Można stwierdzić, że hałas w zakresie niskich częstotliwości, mierzony z włączoną charakterystyką liniową, przekraczając wartość 75 dB/Lin nie pozostaje obojętny dla funkcjonowania organizmu człowieka [6]. W tabeli 3 przedstawiono średnią arytmetyczną kilku minutowych pomiarów najbardziej charakterystycznej czynności wykonywanej przez maszyny w zakładach górnictwa skalnego.

Rysunek 2 przedstawia widma hałasu (miernik z włączoną charakterystyką liniową) najbardziej reprezentatywnych dla ogółu górnictwa skalnego maszyn: koparki, wozidła i ładowarki. We wszystkich maszynach poziomy ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych, charakterystycznych dla tych źródeł przedziałów widma, przewyższają opisaną wcześniej wartość 75 dB.

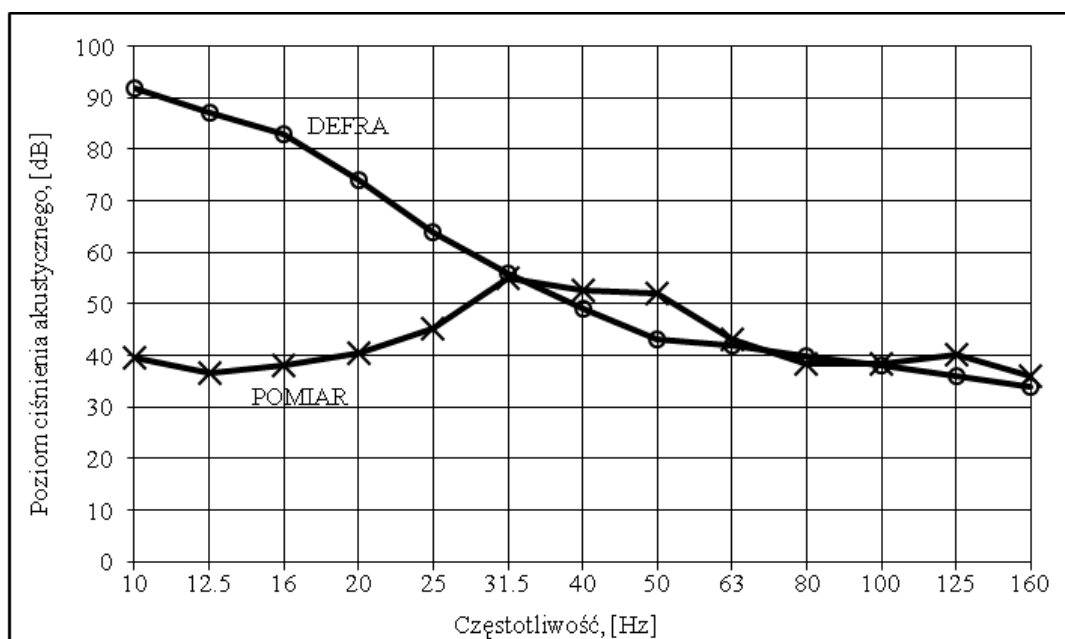


Rys. 2. Widma hałasu w maszynach
Fig. 2. Noise spectra in machines

Oceny działania zakładu górniczego dokonano też dwoma sposobami w pomieszczeniach mieszkalnych sąsiadujących z przedsiębiorstwami domów. Pierwsza z nich to ocena wstępna zgodnie z wymaganiami dokumentu, druga to zaproponowana przez brytyjski DEFRA [12]. Pomiary przeprowadzono w dwóch różnych lokalizacjach na terenie Dolnego Śląska. W obu przypadkach wstępna ocena prowadzi do wniosku, że istnieje prawdopodobieństwo uciążliwego działania hałasu niskoczęstotliwościowego. W przypadku metody pierwszej pasmo częstotliwości 125–250 Hz zawiera składowe które przekraczają uznane w metodzie jako neutralne poziomy reprezentowane przez krzywą A10. W metodzie drugiej poziomy ciśnienia akustycznego w widmie 40–50 Hz i 125–160 Hz przekraczają neutralną według DEFRA krzywą wartości dopuszczalnych.



Rys. 3. Wstępna ocena wg dokumentu [12]
 Fig. 3. Preliminary assessment by the document [12]



Rys. 4. Wstępna ocena wg wymagań DEFRA
 Fig. 4. Preliminary assessment as required by DEFRA

5. PODSUMOWANIE

Jak pokazują przedstawione wyniki pomiarów problem hałasu niskoczęstotliwościowego w górnictwie istnieje i może okazać się istotny, gdy wystąpi potrzeba jego monitorowania i uwzględnienia w ocenie ryzyka zawodowego. To samo może doty-

czyć kwestii funkcjonowania zakładu, w którego bliskim sąsiedztwie znajdują się budynki mieszkalne lub użyteczności publicznej.

Przewiduje się, że wyniki prowadzonych w świecie badań nad tym czynnikiem powinny doprowadzić do pojawienia się zapisów prawnych dotyczących ochrony zdrowia pracowników, jak i obostrzeń środowiskowych. Jest to istotny czynnik uciążliwy/szkodliwy, którego odbiór przez człowieka ma często charakter niewerbalny. Może to być przyczyną uspiętej czujności przebywającego w takich warunkach, a więc większego ryzyka przeoczenia problemu i wystąpienia w konsekwencji skutków narażenia zdrowia.

LITERATURA

- [1] DUCK F., DARBY S., HAAR G., HANSON M., LEVENTHALL G., NOBLE D., SIENKIEWICZ J., ZEQRİ., *Health Effects of Exposure to Ultrasound and Infrasound, Report of the Independent Advisory Group on Non-ionising Radiation*, Documents of the Health Protection Agency, Radiation, Chemical and Environmental Hazards, February 2010.
- [2] ALVES-PEREIRA M., CASTELO-BRANCO N., *Low Frequency Noise and Health Effects*, 2011.
- [3] ALVES-PEREIRA M., CASTELO-BRANCO N., KOTLICKA E., MOTYLEWSKI J., *Low frequency noise legislation*, Inter-noise, Istanbul 2007.
- [4] ROTHENBORG M., *Denmark accused of tinkering with wind turbine noise regulations*, Politiken, 2011.
- [5] *Low Frequency Noise*, Informal document No. GRB-42-12, 2005.
- [6] ATCHLEY A., BERNHARD R., HODGDON K., *Low Frequency Noise Study*, The Partnership for Air Transportation Noise and Emissions Reduction, Massachusetts Institute of Technology, 2007.
- [7] BENTON S., *Measurement Challenges in Assessing the Annoying Characteristics of Noise. Is Low Frequency a Special Case?*, Journal of Low Frequency Noise and Vibration, 16 (1), 13–24, 1997.
- [8] AUGUSTYŃSKA D., KACZMARSKA-KOZŁOWSKA A., KAMEDUŁA M., PAWLACZYK-ŁUSZCZYŃSKA M., ŚLIWIŃSKA-KOWALSKA M., *Nowelizacja wartości najwyższych dopuszczalnych natężeń (NDN) hałasu infradźwiękowego w środowisku pracy*, Medycyna Pracy nr 51, 2001.
- [9] PN-86/N-01338 – *Hałas infradźwiękowy. Dopuszczalne wartości poziomów ciśnienia akustycznego na stanowiskach pracy i ogólne wymagania dotyczące wykonywania pomiarów*.
- [10] Rozporządzenie MPiPS z 1 dnia grudnia 1989 r. ws. *najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy* (DzU 1989.69.417).
- [11] Rozporządzenie MPiPS z dnia 29 listopada 2002 r. ws. *najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy* (DzU 2002.217.1833).
- [12] Instrukcja 358/98 Instytutu Techniki Budowlanej – *Ocena hałasu niskoczęstotliwościowego w pomieszczeniach mieszkalnych*, Warszawa 1998.

LOW FREQUENCY NOISE IN ROCK MINING INDUSTRY

This article presents the approximate characteristics and areas of occurrence of low frequency noise in the natural and work environment. It draws attention to the imprecise definition of the phenomenon and the lack of legal regulations concerning the assessment of human exposure to this factor. It also contains information about the state of knowledge of the impact of this factor to the human body.