

## OCENA HAŁASU WZDŁUŻ WYBRANYCH TRAS KOMUNIKACYJNYCH AGLOMERACJI GÓRNOŚLĄSKIEJ

*W związku z ciągle rosnącą liczbą pojazdów samochodowych na drogach oraz postępującą rozbudową miast, infrastruktury drogowej oraz budową nowych ciągów komunikacyjnych, hałas stał się nieodzownym elementem naszego życia. Towarzyszy on nam praktycznie przez całą dobę i jest jednym z czynników degradujących środowisko oraz jest źródłem uciążliwości dla osób mieszkających w pobliżu dróg. W artykule przedstawiono wyniki badań hałasu komunikacyjnego występującego w sąsiedztwie wybranych tras komunikacyjnych aglomeracji górnośląskiej.*

### WSTĘP

Hałasem przyjęto nazywać dźwięk o dowolnym charakterze akustycznym, niepożądany w danych warunkach i przez daną osobę [1,2,8,11,13]. Jest więc to nie tylko dźwięk utrudniający lub uniemożliwiający pracę czy odpoczynek, dźwięk bądź dokuczliwy, bądź szkodliwy dla zdrowia, lecz także każdy dźwięk, który jest nieprzyjemny lub niepożądany.

Hałas oddziałuje na cały organizm w ośrodku powietrznym, ale najbardziej jest narażony na uszkodzenie organ słuchu. Z oddziaływaniem hałasu łączą się również szkodliwe dla człowieka drgania infra- i ultradźwiękowe działające na człowieka w ośrodku powietrznym i drgania mechaniczne oddziałujące przez kontakt bezpośredni. Hałas działający głównie na organ słuchu mieści się w tzw. paśmie audio akustycznym od 20Hz do 20kHz. Drgania akustyczne, zwłaszcza infradźwięki, leżące poza tym zakresem wpływają szczególnie szkodliwie na organy wewnętrzne, tkanki i układ nerwowy [1,2,8,11,13].

Oddziaływanie hałasu na organ słuchu powoduje skutki fizjologiczne i patologiczne. Do skutków fizjologicznych należy między innymi zjawisko zagłuszenia przez działający hałas innych pożądaných bodźców akustycznych oraz ograniczenie orientacji przestrzennej związane z opóźnieniem reakcji organu słuchu na bodźce akustyczne. W zależności od poziomu, szerokości widma i przebiegu w czasie działającego hałasu mogą wystąpić chwilowe ubytki słuchu. Zbyt duży poziom hałasu i zbyt długie przedłużenie czasu ekspozycji mogą wywołać zmiany patologiczne, których skutkiem są nieodwracalne ubytki słuchu, a w skrajnym przypadku głuchota. Hałas oddziałuje również na system nerwowy. Początkowo jest to oddziaływanie pobudzające, następnie zmęczenie objawiające się znużeniem, dekoncentracją lub depresją. Zmiany w systemie nerwowym, spowodowane hałasem, prowadzą do zaburzeń w czynnościach wegetatywnych, takich jak krążenie krwi, praca serca, oddychanie, zmiany w czynnościach gruczołów wydzielania wewnętrznego [1,2,8,11,13].

Obszar, w którym występują drgania akustyczne nosi nazwę pola akustycznego. Pole akustyczne swobodne opisują propagację dźwięku w wyidealizowanej przestrzeni, w której wpływ ograniczających je powierzchni (nie ma odbić) i znajdujących się w nim przedmiotów na rozkład tego pola jest pomijalny. Takie warunki są spełnione w otwartej przestrzeni powietrznej (wystarczająca z dala od powierzchni gruntu) lub w tzw. komorach bezdechowych, w których

fala dźwiękowa uderzająca w ścianę jest przez nią pochłaniana. W pewnych warunkach (po eksperymentalnym sprawdzeniu pola akustycznego), gdy wpływ powierzchni ograniczających ruch fali akustycznej jest nieznaczny, można przeprowadzić pomiary hałasu zakładając, że pole akustyczne nosi cechy pola swobodnego. Pole akustyczne rozproszone to obszar, w którym fala dźwiękowa odbija się tyle razy, że porusza się we wszystkich kierunkach z taką samą amplitudą i prawdopodobieństwem. Takie pole akustyczne w przybliżeniu występuje w tzw. komorach pogłosowych [1,2,8,11,13].

Najczęściej mierzoną wielkością pola akustycznego jest ciśnienie akustyczne, które jest różnicą między ciśnieniem istniejącym w środowisku w danej chwili, a ciśnieniem statycznym. Na jego podstawie określa się m.in. natężenie dźwięku lub moc akustyczną [1,2,8,11,13].

Pomiar ciśnienia akustycznego w bezwzględnych jednostkach fizycznych jest mało wygodny ze względu na dużą rozpiętość mierzonych wartości. Z tego względu wprowadzono jednostki względne, które umożliwiają podawanie poziomu ciśnienia akustycznego lub poziomu natężenia dźwięku w decybelach, które podają poziom mierzonej wielkości względem określonej wartości przyjętej jako odniesienie i wyrażają go w postaci logarytmicznej [1,2,8,11,13].

Przyjęte w akustyce wartości odniesienia odpowiadają progowi słyszalności tonu o częstotliwości 1000 Hz. Próg słyszalności jest definiowany jako najmniejszy poziom ciśnienia akustycznego tonu o określonej częstotliwości, wywołującego u słuchacza wrażenie słuchowe. Progiem słyszalności normalnym nazywa się próg wyznaczony na podstawie statystycznych badań audiometrycznych u ludzi o prawidłowym słuchu. Krzywą przedstawiającą próg słyszalności danego słuchacza w zależności od częstotliwości określa się mianem dolnej granicy słyszalności. Najniższy poziom dźwięku wykrywany przez ucho ludzkie wynosi 20μPa, a odpowiadające mu odchylenie membrany ucha jest mniejsze niż średnica pojedynczego atomu. Górna granica słyszalności jest krzywą przedstawiającą próg słyszenia bolesnego, czyli najmniejszy poziom ciśnienia akustycznego tonu o określonej częstotliwości, powodującego u danego słuchacza wrażenie bólu [1,2,8,11,13].

Odczuwane wrażenie słuchowe jest uzależnione nie tylko od poziomu natężenia dźwięku, lecz także od częstotliwości. Obrazują to tzw. krzywe izofoniczne, które są miejscem geometrycznym punktów odpowiadających tonom o różnych częstotliwościach, lecz o jednakowych poziomach głośności. Czułość słuchu jest największa w zakresie od ok. 3kHz do ok. 5kHz. Poziom głośności jest

porównawczą miarą głośności dźwięku w odniesieniu do głośności dźwięku wzorcowego za jaki został uznany ton o częstotliwości równej 1000Hz. Poziom głośności jest porównawczą miarą głośności dźwięku wzorcowego za jaki został uznany ton o częstotliwości równej 1000Hz. Poziom głośności jest wyrażany w fonach, których liczba jest równa poziomowi ciśnienia akustycznego w decybelach, wytwarzanego w punkcie obserwacji przez falę akustyczną bieżącą o częstotliwości 1000 Hz, wywołującego w ściśle określonych warunkach odbioru wrażenie takiej samej głośności, jak dźwięk badany [1,2,8,11,13].

W celu zbliżenia wyników fizycznych pomiarów natężenia dźwięku do rzeczywistego odczucia słuchowego wprowadzono w miernikach poziomu dźwięku odpowiednie korektory o charakterystykach częstotliwościowych związanych z krzywymi jednakowego poziomu głośności. Filtry korekcyjne dopasowują więc charakterystykę przyrządu pomiarowego do czułości ucha ludzkiego w taki sposób, aby wskazania tego przyrządu były miarą fizjologicznego odczuwania hałasu przez człowieka. Filtry mają charakterystyki częstotliwościowe odpowiadające międzynarodowym normom. Najczęściej jest stosowany filtr korekcyjny typu A, który ma charakterystykę częstotliwościową odwrotną w stosunku do krzywej jednakowej głośności 40 fonów. Izofona 40 fonów leży w środku optymalnego zakresu poziomów głośności, w którym zwykły żyć człowiek i jest dla nich zaadoptowany przez naturę. Filtry korekcyjne są stosowane również w celu zapewnienia porównywalnych warunków pomiaru hałasu i jego oceny [1,2,8,11,13].

Ciśnienie akustyczne odbierane przez ucho ludzkie lub mikrofon pomiarowy zależy od odległości od źródła dźwięku i od środowiska, w którym są obecnie fale dźwiękowe. To z kolei zależy od rozmiarów pomieszczenia i absorpcyjności powierzchni. Tak więc dokonując pomiaru ciśnienia akustycznego niekoniecznie oceniamy jak duży hałas generowany jest przez samą maszynę. Należy natomiast określić moc akustyczną dźwięku, ponieważ ta wielkość jest bardziej lub mniej niezależna od środowiska, ale jest charakterystycznym wskaźnikiem hałaśliwości źródła dźwięku [1,2,8,11,13].

Każdy drgający element maszyny emituje energię akustyczną. Moc akustyczna jest szybkością emitowania energii (energia emitowana w jednostce czasu). Natężenie dźwięku opisuje przepływ energii akustycznej przez jednostkę powierzchni. Jest wielkością wektorową, gdyż ma amplitudę i określony kierunek. Ciśnienie akustyczne jest natomiast wielkością skalarną, gdyż opisuje go tylko amplituda. Moc akustyczna może być odnoszona do ciśnienia akustycznego tylko z zachowaniem dokładnie kontrolowanych warunków w odniesieniu do pola akustycznego. Tradycyjne pomiary ciśnienia muszą być przeprowadzane w specjalnych pomieszczeniach akustycznych (bezechowych lub pogłosowych). Natężenie dźwięku można mierzyć w dowolnym polu akustycznym, np. w miejscu zainstalowania maszyny. Pomiar tej wielkości umożliwia określenie zarówno amplitudy, jak i kierunku propagacji dźwięku, dlatego jest bardzo przydatny do zlokalizowania źródła hałasu [1,2,8,11,13].

Źródłem drogowego hałasu komunikacyjnego są praca jednostki napędowej, wraz z układem odprowadzenia spalin oraz opływające pojazd masy powietrza podczas przemieszczania się, ale przy pewnych prędkościach (powyżej 30 km/h) dominuje hałas powstający na styku opona-nawierzchnia, pochodzący od pompowania powietrza przez bieżnik opony podczas toczenia się koła. Wprowadza to dodatkowy element analizy – ocenę nawierzchni drogi pod względem akustycznym. Nawierzchnie gładkie – asfaltowe lub betonowe, są bardziej korzystne pod względem oceny akustycznej od nawierzchni chropowatych lub bruku. Przy prędkości jazdy powyżej 60km/h różnica może osiągać nawet 6 dB. Najbardziej korzystne z punktu widzenia akustyki są nawierzchnie porowa-

te, które przy niewielkich prędkościach pojazdów (tereny zabudowane) są bardziej ciche od tradycyjnych nawierzchni asfaltowych [1,2,8,11,13].

Poruszający się po nawierzchni pojazd, przemieszczając się z określoną prędkością, charakteryzuje się inną mocą akustyczną, tak więc hałas jest funkcją liczby pojazdów, ich rodzaju oraz jakości i rodzaju drogi po której jadą. Ze względu na charakter oddziaływania w funkcji czasu, hałas drogowy traktowany jest jako ciągły, o zmiennych wartościach poziomu dźwięku [1,2,8,11,13].

Nie należy zapominać, że na hałas poruszających się pojazdów niezaprzeczalny wpływ ma ich stan techniczny. Na całym świecie prowadzone są badania zmierzające do projektowania nowych cichych pojazdów (w tym ich napędów), jak również zwiększania niezawodności elementów pojazdów i ich diagnostyki, co również przekłada się na zmniejszenie uciążliwości związanych z poruszającymi się po drogach pojazdami [3-7,9,10,12,15-19].

Ograniczenie hałasu przy pomocy środków organizacyjno-prawnych jest metodą stosunkowo niedrogą i bardzo skuteczną. Polega ona na prawidłowej z akustycznego punktu widzenia organizacji ruchu drogowego przez:

- ograniczenie hałaśliwości niektórych źródeł w drodze zakazów,
- ustalenie odpowiednich godzin pracy,
- ustanawianie stref ochronnych,
- ograniczenia prędkości,
- zakaz ruchu samochodów ciężarowych.

W przypadku dokonywania korekt w układzie komunikacyjnym miasta należy mieć na względzie podstawowe zasady:

- ograniczenia poziomu powstającego i rozprzestrzeniającego się hałasu należy dokonywać wtedy, gdy w pobliżu znajduje się (lub może znajdować się) potencjalny odbiorca – człowiek,
- zmiany w organizacji ruchu na pewnym ograniczonym obszarze mogą pociągnąć za sobą nieoczekiwane, niekorzystne z akustycznego punktu widzenia zmiany w stosunkowo odległych rejonach miasta.

Techniczne metody czynnej ochrony przed hałasem polegają na jego zmniejszeniu u źródła, czyli redukcji emisji przez sam samochód. Na przeszkodzie stają trzy zasadnicze bariery: ekonomiczna, technologiczna i fizyczna. Masowe zastosowanie metod ograniczania hałasu przez samochód poważnie ograniczają wysokie koszty. Ten czynnik jest również decydujący przy wprowadzeniu niekonwencjonalnych środków transportu. Bariera technologiczna polega na tym, że tradycyjny napęd pojazdów wymusza określone rozwiązania konstrukcyjne, mogące limitować możliwości walki z hałasem. Ostatecznie fizyka nie pozwala na całkowicie ciche poruszanie. Po idealnym wyciszeniu wszelkich podzespołów napędowych pozostaje hałas toczenia się powstający podczas tarcia i uderzania opon o nawierzchnię [1,2,8,11,13].

Ostatnim rodzajem metod technicznych są środki biernie, czyli: strefowania akustyczne, lokalizacja i konstrukcja drogi oraz ekranowanie akustyczne [1,2,8,11,13].

Strefowanie polega na zastosowaniu dwóch głównych zasad:

- zapewnienie obszarom chronionym właściwej odległości od źródła hałasu,
- zgrupowanie głównych źródeł hałasu na jednym obszarze, niewymagającym ochrony akustycznej.

Przy konstruowaniu drogi należy wziąć pod uwagę dwa podstawowe zagadnienia: wybór rodzaju nawierzchni oraz uniemożliwienie przenikania drgań jezdni na tereny otaczające. Najlepszą z akustycznego punktu widzenia nawierzchnią jest gładki asfalt dla ruchu samochodów osobowych oraz beton przy znacznej liczbie

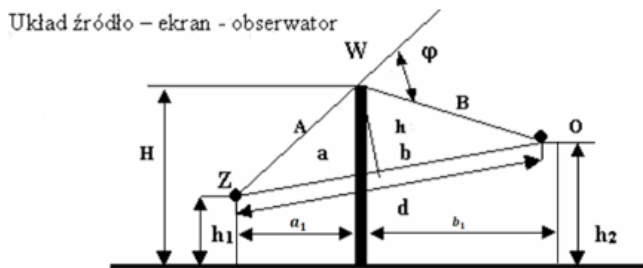
pojazdów ciężkich. Aby uzyskać kompromis, stosuje się nawierzchnie bitumiczne szorstkie [1,2,8,11,13].

Ekran akustyczny są naturalnymi lub sztucznymi przeszkodami ustawionymi między źródłem hałasu a obszarem chronionym. Ich zadaniem jest zmniejszenie poziomu natężenia dźwięków docierających do odbiorców (np. odgradzają osiedla od dróg szybkiego ruchu lub od zakładów przemysłowych) [1,2,8,11,13].

Działanie ekranu polega na wytworzeniu tzw. cienia akustycznego, czyli obszaru, do którego nie docierają bezpośrednio fale akustyczne, emitowane przez źródło hałasu. Wykorzystuje się w tym celu szereg zjawisk fizycznych takich jak: odbicie, pochłanianie oraz ugięcie fali na krawędzi. Ugięcie fali na krawędzi ekranu powoduje zmniejszenie efektywności ekranowania w obszarze cienia [1,2,8,11,13].

Skuteczność ekranowania określa się wielkością zwaną efektywnością akustyczną ekranu. Jest to różnica poziomu hałasu w punkcie obserwacji badana przed oraz po wybudowaniu ekranu [1,2,8,11,13].

Podstawowym schematem stosowanym przy obliczeniach ekranów jest układ źródło – ekran – obserwator (rys. 1).



Rys. 1. Układ źródło-ekran-obszawator [1]

Podstawowym parametrem określającym efektywność ekranu jest jego wysokość, dla danego położenia względem drogi (najczęściej podyktowane jest wymuszeniem skrajni drogowej). Istnieje wiele metod określania efektywności ekranu. Do podstawowych i najczęściej stosowanych zaliczana jest metoda Maekawy z Japonii [1]. Efektywność ekranizowania zgodnie z tą metodą jest określana wyrażeniem:

$$\Delta L_e = IL = 5 + 20 \log \frac{\sqrt{2\pi|N|}}{tgh\sqrt{2\pi|N|}} \text{ dB}, \quad (1)$$

gdzie N jest liczbą Fresnela określaną wzorem:

$$N = \frac{2\delta}{\lambda}, \quad (2)$$

Przy czym:

$$\delta = A + B - d \text{ [m]} \quad (3)$$

Kontrowersyjna przez wiele lat była liczba 5 dB we wzorze (1), wynikająca ze zjawisk dyfrakcyjnych zachodzących na krawędzi ekranu. Dla liczby Fresnela  $N \geq 1$  efektywność akustyczną ekranowania można obliczyć z przybliżonego wzoru:

$$\Delta L_e = IL = 10 \log(20N) \text{ [dB]} \quad (4)$$

W tabeli 1 przedstawiono dopuszczalne poziomy hałasu dla dróg [14].

Tab. 1. Dopuszczalne poziomy hałasu w [dB] dla dróg

Lp.	Przeznaczenie terenu	Pora dnia – przedział czasu odniesienia równy 16 godzinom (6.00-22.00)	Pora nocy – przedział czasu odniesienia równy 8 godzinom (22.00-6.00)
1.	a) Obszar A ochrony uzdrowiskowej	50	45
	b) Teren szpitali poza miastem		
2.	a) Teren zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej	61	56
	b) Teren zabudowy związanej ze stałym lub wielogodzinnym pobytem dzieci i młodzieży		
	c) Teren domów opieki		
	d) Teren szpitali w miastach		
3.	a) Teren zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej i zamieszkania zbiorowego	65	56
	b) Teren zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej z usługami rzemieślniczymi		
	c) Tereny rekreacyjno-wypoczynkowe poza miastem		
	d) Tereny zabudowy zagrodowej		
4.	Tereny w strefie śródmiejskiej miast powyżej 100 tysięcy mieszkańców ze zwartą zabudową mieszkaniową i koncentracją obiektów administracyjnych, handlowych i usługowych	68	60

Problematyka hałasu, w tym hałasu komunikacyjnego oraz metod walki z nim jest szeroko opisywana w literaturze [1,2,8,11,13].

## 1. OPIS BADAŃ

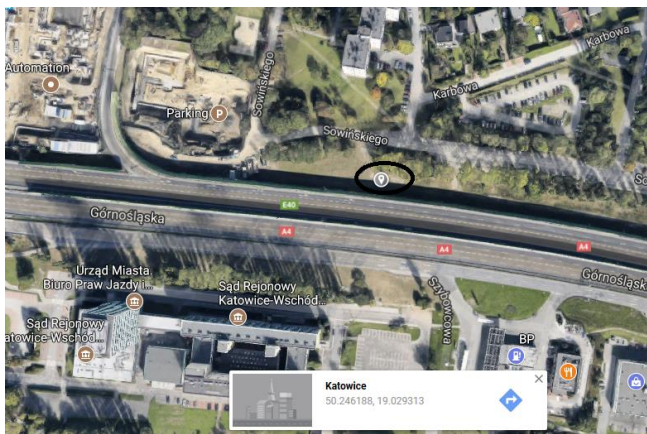
Celem przeprowadzonych badań była ocena hałasu wzdłuż wybranych tras komunikacyjnych aglomeracji górnośląskiej.

Do badań zostały wytypowane dwa miejsca:

- 1) w Katowicach, przy autostradzie A4 sąsiadującej z osiedlem Paderewskiego, przy ulicach Sowińskiego i Plebiscytowej (rys. 2-7),
- 2) w Tychach, w pobliżu drogi krajowej nr. 1, przy ulicach Filaretów i Cmentarnej (rys. 8-13).



Rys. 2. Lokalizacja miejsca pomiarów w Katowicach za ekranami akustycznymi



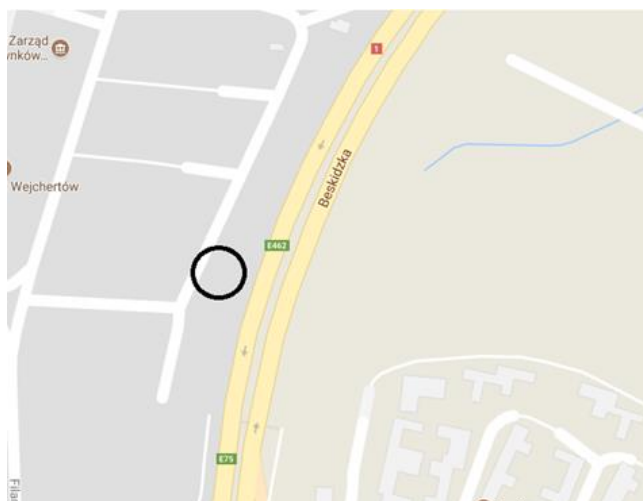
Rys. 3. Lokalizacja miejsca pomiarów w Katowicach za ekranami akustycznymi – widok z satelity



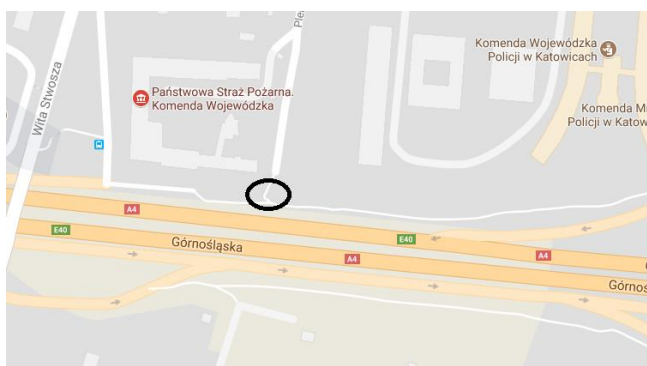
Rys. 7. Widok miejsca pomiarów w Katowicach bez ekranów akustycznych



Rys. 4. Widok miejsca pomiarów w Katowicach za ekranami akustycznymi



Rys. 8. Lokalizacja miejsca pomiarów w Tychach za ekranami akustycznymi



Rys. 5. Lokalizacja miejsca pomiarów w Katowicach bez ekranów akustycznych



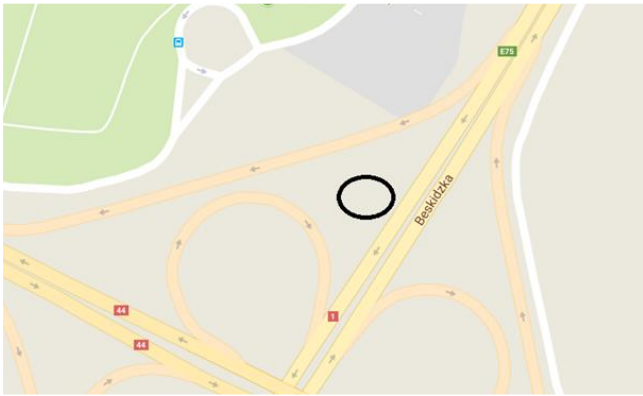
Rys. 9. Lokalizacja miejsca pomiarów w Tychach za ekranami akustycznymi – widok z satelity



Rys. 6. Lokalizacja miejsca pomiarów w Katowicach bez ekranów akustycznych – widok z satelity



Rys. 10. Widok miejsca pomiarów w Tychach za ekranami akustycznymi



Rys. 11. Lokalizacja miejsca pomiarów w Tychach bez ekranów akustycznych



Rys. 12. Lokalizacja miejsca pomiarów w Tychach bez ekranów akustycznych – widok z satelity



Rys. 13. Widok miejsca pomiarów w Tychach bez ekranów akustycznych

Pomiary przeprowadzono w godzinach, w których ruch pojazdów był największy.

Warunki atmosferyczne występujące w czasie badań przedstawiono w tabeli 2.

Tab. 2. Warunki atmosferyczne podczas wykonywania pomiarów

Temperatura	7-12 °C
Zachmurzenie	Pełne
Wiatr	Bezwietrznie
Opady	Brak

Zarówno przy ekranie akustycznym jak i w miejscach otwartych, w których nie występował ekran, mierzono:

- $L_{Aeq}$  – pomiar na wysokości 1 i 3 metrów w odległościach 5, 10, 30 metrów,
- widma hałasu – pomiar na wysokości 1 i 3 metrów w odległościach 5, 10, 30 metrów.

Wszystkie pomiary wykonane zostały cyfrowym analizatorem dźwięku DSA-50 (rys. 14).



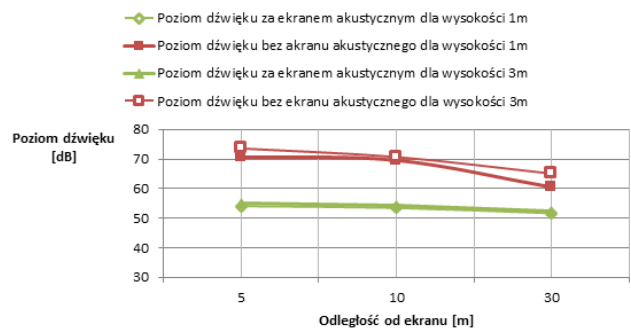
Rys. 14 Miernik poziomu dźwięku DSA-50

## 2. WYNIKI BADAŃ – KATOWICE

Wyniki pomiarów zestawiono w tabelach 3-5 oraz na rysunkach 15-21.

Tab. 3. Skuteczność ekranów – Katowice

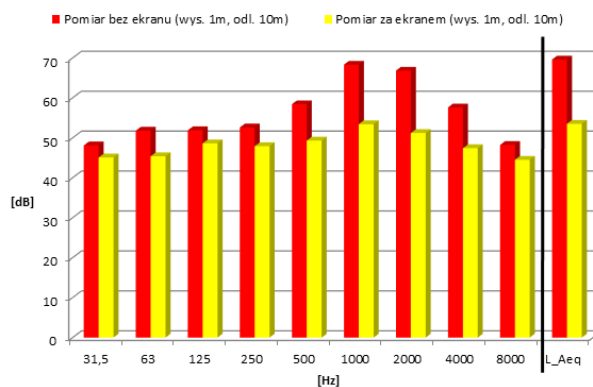
Wysokość punktu obserwacji	[m]	1	1	1	3	3	3
Odległość punktu obserwacji od ekranu	[m]	5	10	30	5	10	30
Odległość punktu obserwacji od drogi	[m]	7	12	32	7	12	32
Poziom dźwięku za ekranem	$L_{Aeq}$ [dB]	54,1	53,5	51,7	55,1	54,4	52,3
	$L_{AFmax}$ [dB]	57,5	56,1	53,8	57,4	57,2	54,1
Poziom dźwięku bez ekranu	$L_{Aeq}$ [dB]	70,7	69,6	60,5	73,6	70,7	65,1
	$L_{AFmax}$ [dB]	75,5	72,2	64,2	76,8	74,1	69,3
Obliczona skuteczność ekranu	[dB]	21,43	19,56	17,22	18,06	16,95	15,93
Faktyczna skuteczność ekranu	[dB]	16,6	16,1	8,8	18,5	16,3	12,8



Rys. 15. Skuteczność ekranów akustycznych – Katowice

**Tab. 4. Widmo poziomu dźwięku – wysokość pomiaru: 1m – Katowice**

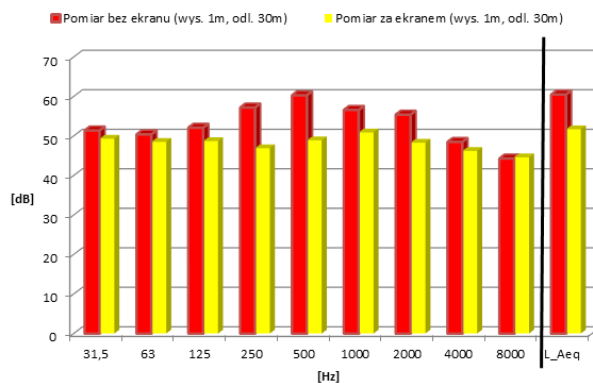
Częstotliwość	Pomiar bez ekranu (wys. 1m, odl. 5m)	Pomiar za ekranem (wys. 1m, odl. 5m)	Pomiar bez ekranu (wys. 1m, odl. 10m)	Pomiar za ekranem (wys. 1m, odl. 10m)	Pomiar bez ekranu (wys. 1m, odl. 30m)	Pomiar za ekranem (wys. 1m, odl. 30m)
[Hz]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
31,5	49,3	45,4	48,1	45,1	51,4	49,3
63	53,5	49,1	51,8	45,4	50,4	48,5
125	54,9	50,3	51,9	48,6	52,1	48,7
250	58,1	48,7	52,6	47,9	57,2	46,9
500	67,4	48,2	58,4	49,3	60,3	48,9
1000	72,5	51,6	68,3	53,4	56,6	50,9
2000	68,8	49,6	66,8	51,2	55,4	48,3
4000	60,2	46,8	57,6	47,4	48,5	46,2
8000	51,7	44,6	48,2	44,5	44,3	44,6



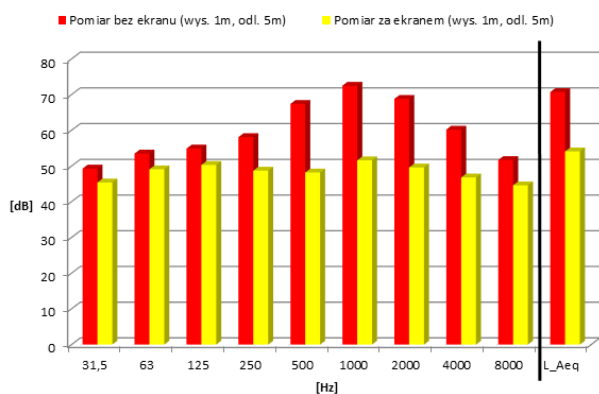
**Rys. 17. Widmo poziomu dźwięku dla wysokości pomiaru 1m i odległości 10m – Katowice**

**Tab. 5. Widmo poziomu dźwięku – wysokość pomiaru: 3m – Katowice**

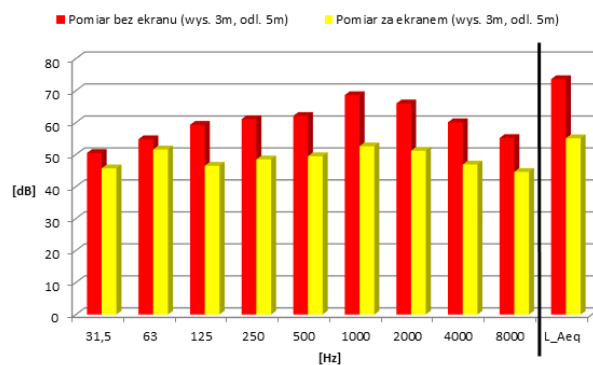
Częstotliwość	Pomiar bez ekranu (wys. 1m, odl. 5m)	Pomiar za ekranem (wys. 1m, odl. 5m)	Pomiar bez ekranu (wys. 1m, odl. 10m)	Pomiar za ekranem (wys. 1m, odl. 10m)	Pomiar bez ekranu (wys. 1m, odl. 30m)	Pomiar za ekranem (wys. 1m, odl. 30m)
[Hz]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
31,5	50,5	45,7	48,7	46,9	48,2	46,0
63	54,8	51,6	53,3	49,5	50,1	48,4
125	59,3	46,5	55,0	48,7	49,2	48,6
250	61,1	48,5	59,7	49,8	52,3	48,2
500	62,1	49,5	62,1	51,5	56,1	48,7
1000	68,6	52,6	70,2	52,4	61,7	50,4
2000	66,0	51,2	65,8	49,7	59,3	48,1
4000	60,1	46,9	58,6	47,0	51,8	45,7
8000	55,2	44,6	49,8	44,6	48,2	44,5



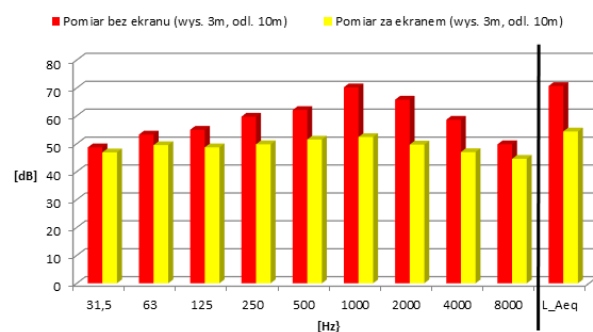
**Rys. 18. Widmo poziomu dźwięku dla wysokości pomiaru 1m i odległości 30m – Katowice**



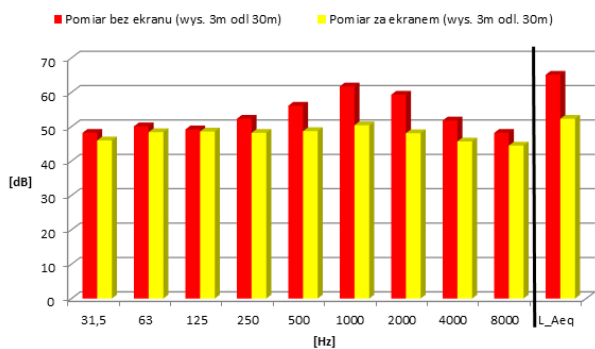
**Rys. 16. Widmo poziomu dźwięku dla wysokości pomiaru 1m i odległości 5m – Katowice**



**Rys. 19. Widmo poziomu dźwięku dla wysokości pomiaru 3m i odległości 5m – Katowice**



**Rys. 20. Widmo poziomu dźwięku dla wysokości pomiaru 3m i odległości 10m – Katowice**



Rys. 21. Widmo poziomu dźwięku dla wysokości pomiaru 3m i odległości 30m – Katowice

### 3. WYNIKI BADAŃ – TYCHY

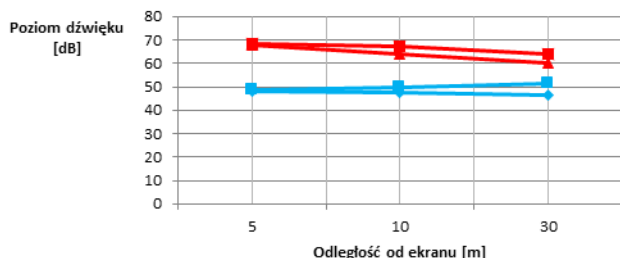
Wyniki pomiarów zestawiono w tabelach 6-8 oraz na rysunkach 22-28.

Tab. 6. Skuteczność ekranów – Tychy

Wysokość punktu obserwacji	[m]	1	1	1	3	3	3
Odległość punktu obserwacji od ekranu	[m]	5	10	30	5	10	30
Odległość punktu obserwacji od drogi	[m]	7	12	32	7	12	32
Poziom dźwięku za ekranem	$L_{Aeq}$ [dB]	48,0	47,6	46,7	48,9	49,6	51,3
	$L_{AFmax}$ [dB]	51,3	49,8	48,1	51,7	51,8	59,3

Poziom dźwięku bez ekranu	$L_{Aeq}$ [dB]	67,6	64,1	60,2	68,6	67,3	64,1
	$L_{AFmax}$ [dB]	72,9	68,3	64,8	71,0	70,2	68,3
Obliczona skuteczność ekranu	[dB]	20,49	18,81	15,65	16,95	16,19	15,65
Faktyczna skuteczność ekranu	[dB]	16,9	16,5	13,5	19,7	17,7	12,8

- Poziom dźwięku za ekranem akustycznym dla wysokości 1m
- Poziom dźwięku za ekranem akustycznym dla wysokości 3m
- Poziom dźwięku bez ekranu akustycznego dla wysokości 1m
- Poziom dźwięku bez ekranu akustycznego dla wysokości 3m



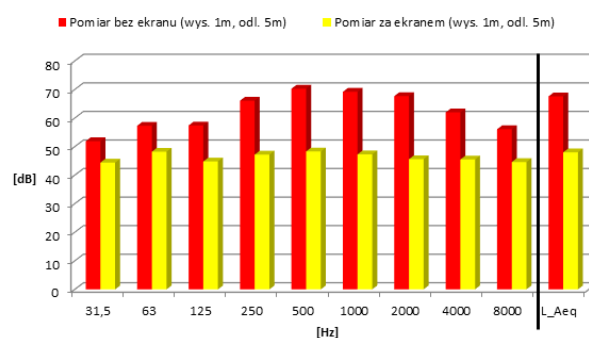
Rys. 22. Skuteczność ekranów akustycznych – Tychy

Tab. 7. Widmo poziomu dźwięku – wysokość pomiaru: 1m – Tychy

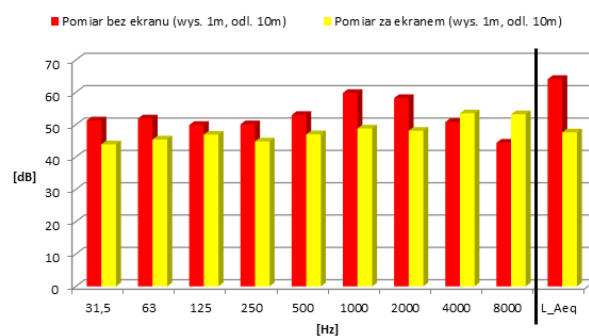
Częstotliwość	Pomiar bez ekranu (wys. 1m, odl. 5m)	Pomiar za ekranem (wys. 1m, odl. 5m)	Pomiar bez ekranu (wys. 1m, odl. 10m)	Pomiar za ekranem (wys. 1m, odl. 10m)	Pomiar bez ekranu (wys. 1m, odl. 30m)	Pomiar za ekranem (wys. 1m, odl. 30m)
[Hz]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
31,5	51,9	44,4	51,3	43,9	49,8	44,8
63	57,3	48,2	51,9	45,4	48,7	44,5
125	57,4	44,8	49,9	46,9	51,4	44,8
250	66,1	47,2	50,1	44,8	49,2	44,7
500	70,3	48,3	53,0	47,0	52,3	45,4
1000	69,2	47,3	59,8	48,8	55,1	49,3
2000	67,7	45,6	58,2	48,1	56,6	45,4
4000	62,0	45,5	50,8	53,5	49,5	45,1
8000	56,1	44,6	44,4	53,2	43,1	44,6

Tab. 8. Widmo poziomu dźwięku – wysokość pomiaru: 3m – Tychy

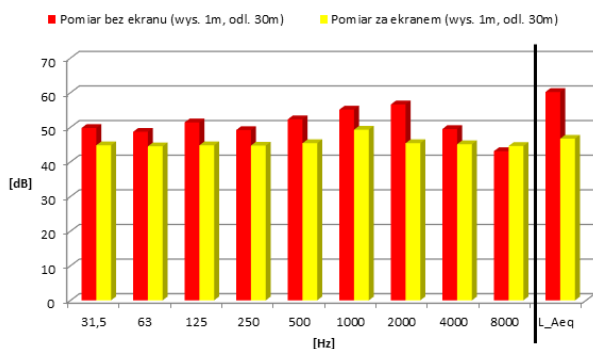
Częstotliwość	Pomiar bez ekranu (wys. 1m, odl. 5m)	Pomiar za ekranem (wys. 1m, odl. 5m)	Pomiar bez ekranu (wys. 1m, odl. 10m)	Pomiar za ekranem (wys. 1m, odl. 10m)	Pomiar bez ekranu (wys. 1m, odl. 30m)	Pomiar za ekranem (wys. 1m, odl. 30m)
[Hz]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
31,5	48,5	41,8	49,1	46,2	47,2	44,9
63	54,8	44,8	53,2	48,7	51,4	45,1
125	61,5	48,5	54,2	47,4	51,2	44,8
250	60,3	46,9	52,4	47,3	50,4	45,3
500	61,8	47,2	56,1	47,7	54,1	44,8
1000	62,3	48,9	62,8	49,2	57,2	44,9
2000	63,2	47,9	60,8	47,2	54,2	46,3
4000	55,3	47,4	54,4	45,8	52,1	46,2
8000	46,3	44,8	45,2	44,5	45,5	44,2



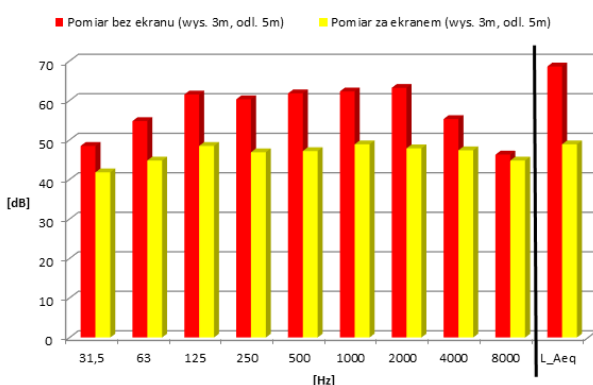
Rys. 23. Widmo poziomu dźwięku dla wysokości pomiaru 1m i odległości 5m – Tychy



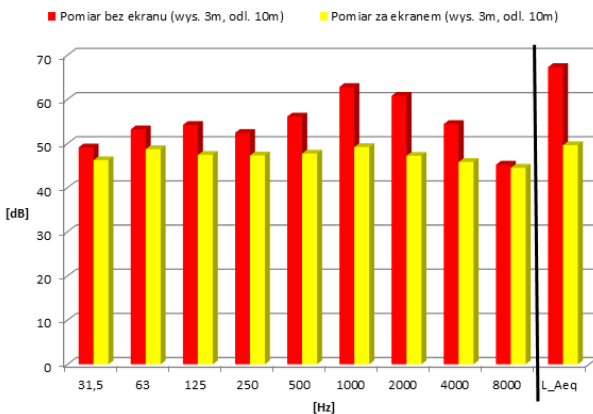
Rys. 24. Widmo poziomu dźwięku dla wysokości pomiaru 1m i odległości 10m – Tychy



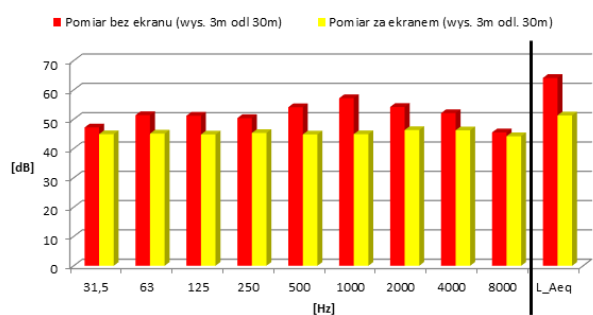
**Rys. 25.** Widmo poziomu dźwięku dla wysokości pomiaru 1m i odległości 30m – Tychy



**Rys. 26.** Widmo poziomu dźwięku dla wysokości pomiaru 3m i odległości 5m – Tychy



**Rys. 27.** Widmo poziomu dźwięku dla wysokości pomiaru 3m i odległości 10m – Tychy



**Rys. 28.** Widmo poziomu dźwięku dla wysokości pomiaru 3m i odległości 30m – Tychy

## PODSUMOWANIE

Na podstawie wykonanej analizy przeprowadzonych badań można stwierdzić, że:

1. Wartości poziomu dźwięku zmieniają się w zależności od czynników takich jak: odległość, wysokość przy których dokonano pomiarów oraz częstotliwości.
2. W miejscach, gdzie nie występowały ekrany akustyczne poziom zmierzzonego hałasu zmniejszał się wraz ze wzrostem odległości o około 9-11 dB(A) na każde kolejne 10 metrów, natomiast w miejscu zainstalowanych ekranów spadek ten wyniósł 2-3 dB(A).
3. Różnica w poziomie dźwięku za ekranem w odległości do 10 metrów wyniosła około 16 dB(A) mniej niż w miejscach nieosłoniętych, natomiast w odległości powyżej 30 metrów poziomy dźwięku zaczynają się ze sobą zrównywać.
4. Największe wartości hałasu występują w zakresie częstotliwości 500 Hz - 4000 Hz.
5. Wraz ze wzrostem odległości od drogi poziom hałasu zmierzony w różnych pasmach częstotliwości w miejscach osłoniętych i nieosłoniętych zrównuje się ze sobą.
6. Wartości wyliczonej teoretycznej skuteczności ekranu znacząco odbiegają od rzeczywistych, zmierzonych wartości na niektórych ekranach akustycznych.
7. Zarówno w Katowicach jak i Tychach, dopuszczalne normy hałasu nie zostały przekroczone w miejscach, gdzie występują ekrany akustyczne. W miejscach nieosłoniętych normy zostały nieznacznie przekroczone.

## BIBLIOGRAFIA

1. Engel Z., *Ochrona środowiska przed drganiami i hałasem*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 2001.
2. Gołębiowski R., *Prognozowanie hałasu samochodowego*, Wyd. Naukowe UAM, Poznań 2014.
3. Grega R., Homišin J., Krajiňák J., Urbanský M., *Analysis of the impact of flexible couplings on gearbox vibrations*, „Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport” 2016, vol. 91, p. 43-50. ISSN: 0209-3324, DOI: <https://doi.org/10.20858/sjstut.2016.91.4>.
4. Harachová D., *Deformation of the elastic wheel harmonic gearing and its effect on toothing*, „Grant journal” 2016, vol. 5, no. 1, p. 89-92, ISSN: 1805-0638.
5. Homišin J., Kaššay P., Puškár M., Grega R., Krajiňák J., Urbanský M., Moravič M., *Continuous tuning of ship propulsion system by means of pneumatic tuner of torsional oscillation*, „International Journal of Maritime Engineering: Transactions of The Royal Institution of Naval Architects” 2016, vol. 158, no. Part A3, p. A231-A238, ISSN: 1479-8751.
6. Kaššay P., Homišin J., Urbanský M., Grega R., *Transient torsional analysis of a belt conveyor drive with pneumatic flexible shaft coupling*, „Acta Mechanica et Automatica” 2017, vol. 11, p. 69-72. DOI: 10.1515/ama-2017-0011.
7. Kaššay P., Urbanský M., *Torsional natural frequency tuning by means of pneumatic flexible shaft couplings*, „Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport” 2015, vol. 89, p. 57-60, ISSN: 0209-3324, DOI: <https://doi.org/10.20858/sjstut.2015.89.6>.
8. Kucharski R.J., *Hałas drogowy*, Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa 1979.
9. Mantič M., Kuřka J., Kopas M., Faltinová E., Petróci J., *Special device for continuous deceleration of freight cableway trucks*, „Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series



- Transport” 2016, vol. 91, p. 89-97, ISSN: 0209-3324, DOI: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2016.91.9>.
10. Medvecká-Beňová S., *Influence of the face width and length of contact on teeth deformation and teeth stiffness*, „Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport” 2016, vol. 91, p. 99-106, ISSN: 0209-3324, DOI: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2016.91.10>.
  11. Nader M., *Drgania i hałas w transporcie. Wybrane zagadnienia*, Wyd. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2016.
  12. Puskar M., Fabian M., Kadarova J., Blist'an P., Kopas M., *Autonomous vehicle with internal combustion drive based on the homogeneous charge compression ignition technology*, „International Journal of Advanced Robotic Systems” 2017, vol. 14(5), DOI: 10.1177/1729881417736896.
  13. Rączkowski B., *Czynniki szkodliwe i uciążliwe w środowisku pracy – hałas*, Wyd. ODDK.PL, Gdańsk 2013.
  14. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku. Załącznik do obwieszczenia Ministra Środowiska z dnia 15 października 2013 r. (poz. 112).
  15. Tomko T., Puskar M., Fabian M., Boslai R., *Procedure for the evaluation of measured data in terms of vibration diagnostics by application of a multidimensional statistical model*, „Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport” 2016, vol. 91, p. 125-131, ISSN: 0209-3324, DOI: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2016.91.13>.
  16. Vojtková J., *Reduction of contact stresses using involute gears with asymmetric teeth*. „Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport” 2015, vol. 89, p. 179-185. ISSN: 0209-3324. DOI: 10.20858/sjsutst.2015.89.19.
  17. Zelić A., Zuber N., Šostakov R., *Experimental determination of lateral forces caused by bridge crane skewing during travelling*, „Eksploracja i Niezawodność – Maintenance and Reliability” 2018, vol. 20(1), p. 90-99. ISSN: 1507-2711. DOI: <http://dx.doi.org/10.17531/ein.2018.1.12>.
  18. Zuber N., Bajrić R., *Application of artificial neural networks and principal component analysis on vibration signals for automated fault classification of roller element bearings*, „Eksploracja i Niezawodność - Maintenance And Reliability” 2016, vol. 18(2), p. 299-306. DOI: 10.17531/ein.2016.2.19. ISSN: 1507-2711.
  19. Zuber N., Bajrić R., Šostakov R., *Gearbox faults identification using vibration signal analysis and artificial intelligence methods*, „Eksploracja i Niezawodność - Maintenance And Reliability” 2014, vol. 16(1), p. 61-35, ISSN: 1507-2711.

## Evaluation of noise along selected communication routes of the Upper Silesian agglomeration

*Due to the constantly growing number of vehicles on the roads and the progressive development of cities, road infrastructure and the construction of new communication routes, noise has become an indispensable element of our lives. It accompanies us practically around the clock and is one of the factors that degrade the environment and is a source of nuisance for people living near roads. The article presents the results of the research on traffic noise occurring in the vicinity of selected communication routes of the Upper Silesian agglomeration.*

Autorzy:

inż. **Jakub Ekert** – Wydział Transportu, Politechnika Śląska  
 dr hab. inż. **Piotr Czech**, prof. PŚ – Wydział Transportu, Politechnika Śląska  
 dr hab. inż. **Tomasz Figlus**, prof. PŚ – Wydział Transportu, Politechnika Śląska  
 mgr inż. **Katarzyna Turoń** – Wydział Transportu, Politechnika Śląska  
 dr inż. **Maciej Rozpondek** – Wyższa Szkoła Techniczna w Katowicach

JEL: R41, Q53 DOI: 10.24136/atest.2018.045

Data zgłoszenia: 2018.05.21 Data akceptacji: 2018.06.15