

Jarosław Baranowski¹, Krzysztof Błażejczyk², Paweł Milewski¹

¹PAN, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania,
Zakład Geoekologii i Klimatologii

e-mail: j.bar@twarda.pan.pl, pmilewski@twarda.pan.pl

²Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych,
Zakład Klimatologii

e-mail: kblazejczyk@uw.edu.pl

KLIMAT AKUSTYCZNY W OTOCZENIU WYBRANYCH ODCINKÓW DRÓG W POLSCE – WYNIKI WSTĘPNE

Acoustic climate in the surrounding of selected sectors of roads in Poland – preliminary results

Słowa kluczowe: hałas, klimat akustyczny, ruch samochodowy, propagacja dźwięku

Key words: noise, acoustic climate, road traffic, noise propagation

WPROWADZENIE

Pod pojęciem klimatu akustycznego rozumiemy zmiany czasowe i przestrzenne bodźców akustycznych w środowisku. Związane są one z różnym ciśnieniem akustycznym powietrza powstałym w wyniku wzbudzenia drgań mechanicznych (fal dźwiękowych) działających za pośrednictwem powietrza na narząd słuchu i inne organy organizmu człowieka. Istnieje wiele źródeł dźwięków, zarówno naturalnych (np. szum drzew, śpiew ptaków, falowanie morza), jak i generowanych przez człowieka. W sytuacji, gdy dźwięki te są niepożądane, nieprzyjemne, dokuczliwe lub szkodliwe, określamy je mianem hałasu (Augustyńska i in. 2014). Słownik Języka Polskiego określa hałas jako „dźwięk niepożądany lub szkodliwy dla zdrowia ludzkiego”. Podobnie hałas jest definiowany w Encyklopedii PWN „hałas, dźwięk niepożądany, którego działanie może być uciążliwe lub szkodliwe dla człowieka”. Nadmierny hałas powoduje zmęczenie, drażliwość, podwyższenie ciśnienia krwi, ból i zawroty głowy, a nawet uszkodzenie słuchu (Kalinowski 1969).

W otoczeniu człowieka do najważniejszych źródeł hałasu należą środki transportu (hałas: drogowy, kolejowy, lotniczy). Inne, powszechnie występujące źródła hałasu środowiskowego to: źródła komunalne (np. sąsiedzi, radio, telewizja, bary i restauracje), źródła społeczne i związane z czasem wolnym (np. odtwarzacze mu-

zyki, zabawki, otwarte imprezy kulturalne, sztuczne ognie) oraz urządzenia przemysłowe i prace budowlane (*Burden of disease...* 2011).

O ile w pewnym zakresie jesteśmy w stanie odizolować się od komunalnych, społecznych i przemysłowych źródeł hałasu, o tyle hałas komunikacyjny, a zwłaszcza hałas drogowy są powszechne w naszym otoczeniu. Badania przeprowadzone w Holandii wskazują, że odsetek osób dotkniętych w godzinach nocnych nadmiernym hałasem wzrósł w latach 1998-2003 z 20 do 27%. Najliczniejszą grupę stanowiły osoby narażone na hałas drogowy (*Night noise...* 2009). Hałas drogowy jest także najczęściej wymieniany jako uciążliwy czynnik środowiska miejskiego (Koszarny, Szata 1987; *Polityka ekologiczna...* 2008).

Problem narażenia na hałas pojedynczych osób i całej populacji stał się w ostatnich latach problemem o zasięgu globalnym. Wiele uwagi poświęca temu zagadnieniu Światowa Organizacja Zdrowia (WHO), publikując okresowe raporty, w których podsumowuje aktualny stan badań naukowych nad wpływem hałasu na zdrowie człowieka (*Burden of disease...* 2011; *Night noise ...* 2009). W związku z narastającym problemem hałasu w środowisku życia człowieka, a jednocześnie raportowanych przez lekarzy zagrożeń dla zdrowia człowieka, Dyrektywa Parlamentu i Komisji Europejskiej nr 2002/49/EC nakłada na państwa członkowskie Unii obowiązek opracowania odpowiednich strategii narodowych do monitorowania i walki z problemem hałasu (*Directive 2002/49/EC*).

Granica między hałasem dokuczliwym a niedokuczliwym jest płynna i zależy nie tylko od rodzaju słyszanych zakłóceń, ale również od odporności nerwo-psychofizycznej człowieka, jego chwilowego nastroju lub rodzaju wykonywanej pracy. Bardzo często ten sam zespół dźwięków może w pewnych przypadkach wywoływać wrażenie przyjemne, a w innych nieprzyjemne. Wszystkie te czynniki powodują trudności w ocenie rzeczywistego zagrożenia społeczeństwa, gdy dysponujemy jedynie akustyczną oceną terenu, na którym występuje skażenie hałasem. Dlatego też wyniki pomiarów hałasu są konfrontowane z opinią ludzi wyrażoną w wypowiedziach ankietowych. Badania takie przeprowadzone w Warszawie przez Państwowy Zakład Higieny (PZH) pozwoliły na opracowanie następującej skali subiektywnej uciążliwości hałasu komunikacyjnego (Koszarny, Szata 1987):

Uciążliwość hałasu:	Natężenie hałasu L_{Aeq} [dB] ¹ :
Mała	< 52
Średnia	52 - 62
Duża	63 - 70
Bardzo duża	> 70

¹ L_{Aeq} jest podstawową miarą intensywności dźwięku. Określa ona tzw. równoważny poziom hałasu, przez który rozumie się „wartość poziomu ciśnienia akustycznego ciągłego ustalonego dźwięku, skorygowaną według charakterystyki częstotliwościowej A, która w określonym przedziale czasu odniesienia jest równa średniemu kwadratowi ciśnienia akustycznego analizowanego dźwięku o zmiennym poziomie w czasie” (Prawo ochrony środowiska, Dz.U. 2001 Nr 62 poz. 627, art. 3, p. 32b).

Ze względu na różne oddziaływanie hałasu na organizm, a tym samym różną szkodliwość dla zdrowia, hałasy słyszalne można podzielić w zależności od ich poziomu na pięć następujących grup (Engel, Sadowski 2005):

1. poniżej 35 dB(A) – nieszkodliwe dla zdrowia, mogą być denerwujące lub przeszkadzać w pracy wymagającej skupienia,
2. 35-70 dB(A) – wpływają na zmęczenie układu nerwowego człowieka, poważnie utrudniają zrozumiałość mowy, zasypianie i wypoczynek,
3. 70-85 dB(A) – wpływają na znaczne zmniejszenie wydajności pracy, mogą być szkodliwe dla zdrowia i powodować uszkodzenie słuchu,
4. 85-130 dB(A) – powodują liczne schorzenia organizmu ludzkiego, uniemożliwiają zrozumiałość mowy nawet z odległości 0,5 m,
5. powyżej 130 dB(A) – powodują trwałe uszkodzenie słuchu, wywołują pobudzenie do drgań organów wewnętrznych człowieka, powodując ich schorzenia.

Raporty WHO (*Burden of disease...* 2011; *Night noise ...* 2009) stwierdzają, że nie można wyciągać jednoznacznych wniosków co do tego, że konkretne, opisywane w badaniach medycznych skutki zdrowotne są wynikiem jedynie ekspozycji na nadmierny hałas. Przebywając w konkretnych środowiskach, człowiek jest bowiem narażony na różne bodźce zewnętrzne, a hałas jest tylko jednym z nich. Niemniej jednak WHO wskazuje cały szereg zagrożeń dla zdrowia powodowanych hałasem. Jako najczęstsze skutki długotrwałej ekspozycji na hałas wymienia: wahania ciśnienia krwi, nasilenie nadciśnienia i choroby niedokrwiennej serca, osłabienie zdolności poznawczych (zwłaszcza u dzieci i młodzieży), zaburzenia snu, zaburzenie i osłabienie słuchu oraz odczuwaną subiektywnie dokuczliwość hałasu (*Burden of disease...* 2011).

Z. Engel i J. Sadowski (2005) stwierdzają, że efektem długotrwałego przebywania w środowisku o nadmiernym hałasie może być tzw. zespół pohałasowy, obejmujący upośledzenie funkcji fizjologicznych i psychicznych (ból i zawroty głowy, osłabienie, zwiększoną pobudliwość nerwową, zaburzenie snu, zwiększoną potliwość, uszkodzenie słuchu). Graniczną wartością występowania zaburzenia funkcji fizjologicznych według cytowanych autorów jest 70 dB.

Taką samą granicę szkodliwości hałasu określił M. van den Berg (2005) na podstawie badań obejmujących mieszkańców Holandii (tab. 1). Subiektywnie odczuwana dokuczliwość i pogorszenie jakości snu miały miejsce już przy hałasie rzędu 40-42 dB(A). Natomiast źródłem niespokojnego snu był hałas w pomieszczeniu, w którym śpiemy, o natężeniu 35 dB.

Celem obecnego doniesienia jest przedstawienie wstępnych wyników badań klimatu akustycznego, ze szczególnym uwzględnieniem natężenia hałasu, w otoczeniu wybranych odcinków dróg krajowych i autostrad w Polsce. Jest to część badań prowadzonych w ramach projektu NCN nr N N306 564940 „Wielokryterialna ocena wpływu wybranych korytarzy drogowych na środowisko przyrodnicze i rozwój społeczno-ekonomiczny obszarów przyległych”. Badania społeczne i przyrodnicze, w tym badania klimatu akustycznego były prowadzone w różnych typach krajobrazu Polski (ryc. 1). W obecnym opracowaniu przedstawiono wyniki badań

Tabela 1. Potwierdzone efekty zdrowotne ekspozycji na hałas słyszalny o różnym natężeniu
Table 1. Confirmed health effects caused by exposure to different noise threshold

Efekt zdrowotny <i>Health effect</i>	Krytyczny poziom hałasu <i>Noise exposure threshold level</i>		
	wskaźnik hałasu <i>noise index</i>	wartość dB(A) <i>noise threshold</i>	miejsce pobytu <i>place of stay</i>
osłabienie słuchu <i>hearing impairment</i>	L_{Aeq} , 8 godz.	75	pomieszczenie <i>inside</i>
	L_{Aeq} , 24 godz.	70	
wahania ciśnienia krwi <i>blood pressure</i>	L_{Aeq} , 8 godz.	85	pomieszczenie <i>inside</i>
	L_{Aeq} , godz. 6-22	70	na zewnątrz <i>outside</i>
choroba niedokrwienna serca <i>ischaemic heart diseases</i>	L_{Aeq} , godz. 6-22	70	na zewnątrz <i>outside</i>
dokuczliwość <i>annoyance</i>	L_{DN}^1	42	na zewnątrz <i>outside</i>
bezsenność <i>awakening</i>	SEL ²	55	pomieszczenie <i>inside</i>
niespokojny sen <i>sleep stadia</i>	SEL	35	pomieszczenie <i>inside</i>
subiektywnie odczuwane pogorszenie snu <i>self reported quality of sleep</i>	L_{Aeq} , noc <i>night</i>	40	na zewnątrz <i>outside</i>
sprawność intelektualna <i>intellectual performance</i>	L_{Aeq} , dzień <i>day</i>	70	na zewnątrz <i>outside</i>

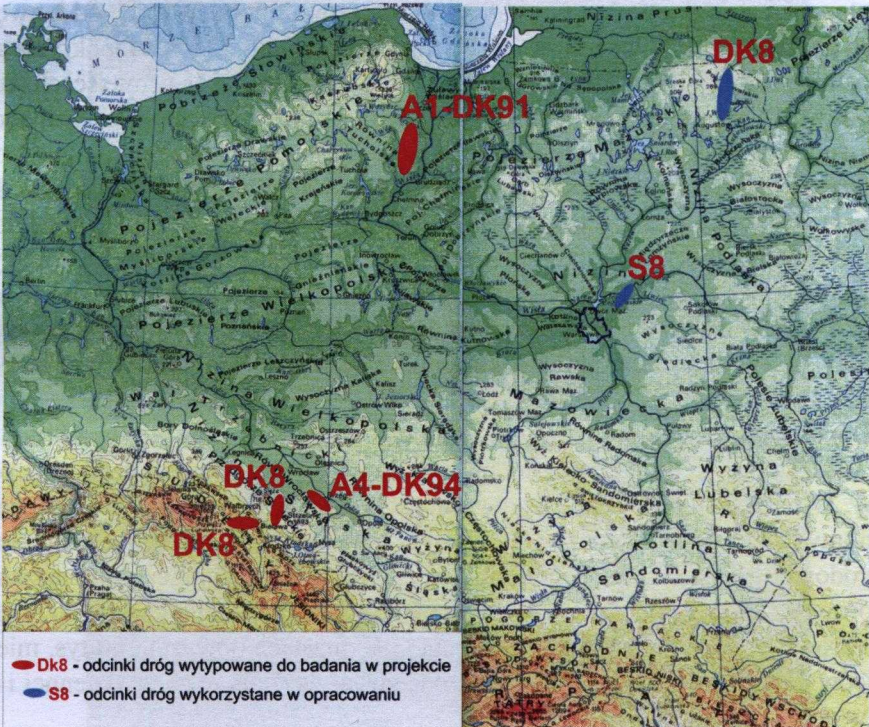
¹ L_{DN} - oznacza długookresowy średni poziom dźwięku A wyrażony w decybelach (dB), wyznaczony w ciągu wszystkich dób w roku, z uwzględnieniem pory dnia (rozumianej jako przedział czasu od godz. 06.00 do godz. 22.00) oraz pory nocy (rozumianej jako przedział czasu od godz. 22.00 do godz. 06.00)

² SEL oznacza poziom ekspozycji dźwiękowej (Sound Exposure Level), czyli dowolny poziom hałasu L_{eq} , znormalizowany do czasu występowania 1 sekundy

przebiegających na drodze DK8 w okolicy Budziska i Augustowa oraz na drodze S8 w rejonie Wyszkowa. Z uwagi na ograniczenia sprzętowe badania na wybranych odcinkach prowadzono w różnym czasie. Nie miało to jednak istotnego wpływu na uzyskane wyniki. Równoległe badania sezonowych zmian natężenia ruchu i struktury pojazdów, prowadzone w ramach projektu badawczego, wykazały bowiem, że nie podlegają one istotnym zmianom zależnym od pory roku. Analizie poddano niektóre cechy klimatu akustycznego (równoważny poziom dźwięku, jego wartości maksymalne i minimalne oraz czas trwania hałasu o danym natężeniu), jako funkcja: natężenia ruchu, pory doby, odległości od drogi oraz rzeźby i pokrycia terenu.

MATERIAŁY I METODA

Do pomiarów hałasu na wybranych odcinkach dróg wykorzystano całkujące mierniki poziomu dźwięku SON-50 oraz DSA-50 firmy SONOPAN. Mierniki usytuowane były na statywach, na wysokości około 1,7 m nad gruntem. Przyjęty poziom pomiarowy jest zgodny z zaleceniami Międzynarodowego Stowarzyszenia Biometeorologii w odniesieniu do badań dotyczących oddziaływania środowiska atmosferycznego na człowieka. Pomiary wykonano w odpowiednich do tego celu warunkach meteorologicznych określonych w załączniku nr 1 do Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 2 października 2007 r. (Dz. U. Nr. 192, poz. 1392) w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów w środowisku poziomów substancji lub energii. Jako odpowiednie warunki meteorologiczne Rozporządze-



Ryc. 1. Rozmieszczenie odcinków dróg objętych badaniami klimatu akustycznego w ramach projektu NCN nr N N306 564940 „Wielokryterialna ocena wpływu wybranych korytarzy drogowych na środowisko przyrodnicze i rozwój społeczno-ekonomiczny obszarów przyległych” (Źródło: opracowanie własne)

Fig. 1. Distribution of road sectors with research of acoustic climate in the frame of the project NCN nr N N306 564940 “Multi criteria assessment of the influence of selected road corridors on natural environment and socio-economic development of surrounded areas” (blue ellipses show sectors considered in this paper) (Source: own elaboration)

nie definiuje sytuacje z temperaturą powietrza powyżej -5°C , wiatrem o prędkości poniżej $5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ oraz brakiem opadów atmosferycznych i silnej inwersji termicznej przy gruncie.

Pomiary wykonano metodą bezpośrednią ciągłych pomiarów z wykorzystaniem próbkowania (*Rozporządzenie Ministra Środowiska z 14 czerwca 2007 r.*). Klimat akustyczny został opisany za pomocą średniego równoważnego poziomu dźwięku, wyrażonego w decybelach, skorygowanego według krzywej korekcyjnej A (L_{Aeq}). Podano także przykładowe maksymalne wartości poziomu dźwięku (L_{Amax}) oraz czas ekspozycji na dźwięki o różnym natężeniu. Podczas prowadzenia pomiarów rejestrowano także liczbę przejeżdżających drogą pojazdów, z podziałem na samochody osobowe, ciężarowe, półciężarowe, autobusy oraz inne, do których zaliczają motory, traktory i maszyny rolnicze.

Każdorazowo na krawędzi drogi głównej rejestrowano w sposób ciągły natężenie hałasu. Kolejne stanowiska pomiarowe były rozmieszczone wzdłuż profili prostopadłych do drogi głównej. Odległości stanowisk pomiarowych od krawędzi drogi głównej były wyznaczane z uwzględnieniem topografii terenu, pokrycia szatą roślinną oraz zabudową. Profile pomiarowe były wyznaczane w miejscach, które umożliwiały bezpośredni pomiar hałasu z drogi głównej z jak najmniejszym obciążeniem źródłami hałasu lokalnego. W przypadku profilu w okolicach Wyszkowa punkty pomiarowe rozmieszczono w odległości: 100, 200, 300, 400 i 500 m. Natomiast w okolicy Budziska i Augustowa pomiary przeprowadzono w odległości 100, 300, 500, 750 i 1000 m. Rozmieszczenie profili pomiarowych na badanych odcinkach dróg prezentuje rycina 2. W każdym profilu pomiary prowadzone były dwukrotnie: w ciągu dnia (w godzinach o największym natężeniu ruchu, czyli pomiędzy 14 a 18 czasu urzędowego) oraz nocą (w godzinach 21-24 czasu urzędowego).

Dopuszczalne poziomy hałasu określone w rozporządzeniu Ministra Środowiska uzależnione są od rodzaju źródeł emisji, zagospodarowania terenu oraz pory doby. W październiku 2012 roku dokument został znowelizowany. Dopuszczalne poziomy hałasu generowanego przez drogi i linie kolejowe na terenach zabudowy zagrodowej, mieszkaniowej jednorodzinnej oraz wielorodzinnej i zamieszkania zbiorowego zostały podniesione (w stosunku do rozporządzenia z roku 2007) o 5-6 dB zarówno w porze dziennej, jak i nocnej. W miastach powyżej 100 tys. mieszkańców normy dopuszczalne podwyższone zostały o 3 dB w porze dziennej i o 5 dB w nocy.

Jak już wspomniano, badania klimatu akustycznego i rozprzestrzeniania się hałasu komunikacyjnego prowadzono przy drodze ekspresowej S8 w profilu „Wyszków” (okolice Lucynowa) oraz na dwóch profilach na drodze DK8: „Budzisko” i „Augustów”. Z uwagi na specyfikę badanego terenu dopuszczalne normy odnoszone do terenów zabudowy zagrodowej oraz terenów rekreacyjno-wypoczynkowych, dla których dopuszczalny poziom hałasu wynosi 65 dB w ciągu dnia i 56 dB w okresie nocy.



Ryc. 2. Rozmieszczenie profili pomiarowych na wybranych odcinkach dróg (Źródło: opracowanie własne)

Fig. 2. Location of measuring profiles on selected road sectors (Source: own elaboration)

Tabela 2. Wartości dopuszczalne w środowisku
Table 2. Environmental noise limits

Lp.	Rodzaj terenu <i>Area</i>	Dopuszczalny poziom hałasu / noise limit (dB)		
		Drogi lub linie kolejowe <i>Roads and railway</i>	Pozostałe obiekty i działalność będąca źródłem hałasu <i>Other noise sources</i>	
		$L_{Aeq,D}$ przedział czasu odniesienia równy 16 godzinom w ciągu dnia <i>16-hours of daytime</i>	$L_{Aeq,N}$ przedział czasu odniesienia równy 8 godzinom w ciągu nocy <i>8-hours of nighttime</i>	$L_{Aeq,N}$ przedział czasu odniesienia równy 8 naj-mniej korzystnym godzinom dnia <i>8 most noisy daytime hours</i>
1	a) Strefa ochronna "A" uzdrowiska / <i>health resorts</i> b) Tereny szpitali poza miastem / <i>hospitals outside cities</i>	50	45	40
2	a) Tereny zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej / <i>Settled areas (villa districts)</i> b) Tereny zabudowy związanej ze stałym lub czasowym pobytem dzieci i młodzieży / <i>objects used by children (e.g. schools)</i> c) Tereny domów opieki społecznej / <i>health care centres</i> d) Tereny szpitali w miastach / <i>hospitals in cities</i>	61 (55)	56 (50)	40

Tabela 2. Wartości dopuszczalne w środowisku (cd.)
Table 2. Environmental noise limits (continued)

3	a) Tereny zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej i zamieszkania zbiorowego / <i>urban settlement</i> b) Tereny zabudowy zagrodowej / <i>rural settlement</i> c) Tereny rekreacyjno-wypoczynkowe / <i>recreation areas</i> d) Tereny mieszkaniowo-usługowe / <i>commercial areas</i>	65 (60)	56 (50)	55	45
4	Tereny w strefie śródmiejskiej miast powyżej 100 tys. mieszkańców / <i>downtowns (cities > 100 000 inhabitants)</i>	68 (65)	60 (55)	55	45

Źródło: Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 października 2012 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz. U. 2012, poz. 1109)
 Source: Legislation act of the Ministry of Environment from 1 October 2012.

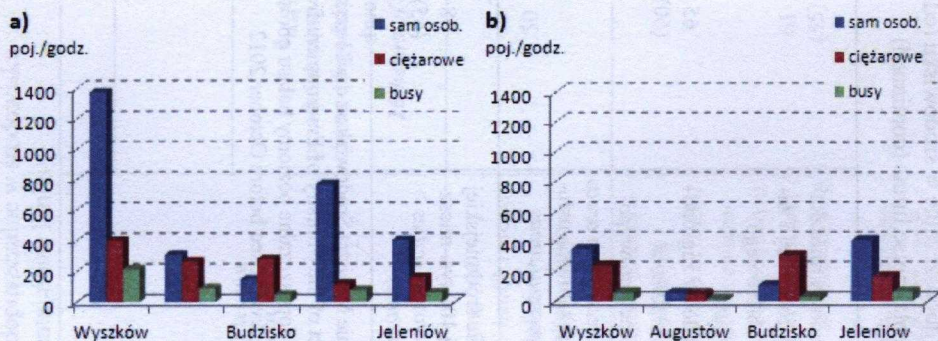
W nawiasach podano dopuszczalne poziomy hałasu obowiązujące do września 2012 r.
 In paranthesis – noise levels used before October 2012

WYNIKI

Jak wynika z przeprowadzonych badań, na wszystkich profilach pomiarowych wystąpiły przekroczenia dopuszczalnych poziomów hałasu zarówno w porze dziennej, jak i nocnej (tab. 3). Największe wartości hałasu notowano tuż przy krawędzi jezdni. W przypadku profilu „Augustów” było to aż 75,4 dB(A), niewiele niższą wartość odnotowano w profilu „Budzisko” – 74,2 dB(A). W profilu „Wyszków” równoważny poziom dźwięku kształtował się na poziomie 66,3 dB(A). Równie wysokie jego wartości rejestrowano w czasie pomiarów nocnych. W profilach „Budzisko” i „Augustów” równoważny poziom dźwięku osiągnął poziom 75 dB(A). Najmniejsze przekroczenia dopuszczalnych norm zanotowano w profilu „Wyszków” tylko o 5 dB(A).

Droga krajowa DK8 ma bardzo duże znaczenie tranzytowe, prowadzi bowiem od granicy Polski z Czechami w Kudowie-Zdroju aż do granicy polsko-litewskiej w Budzisku. Łączy aglomeracje: wrocławską, łódzką, warszawską i białostocką. Całkowita długość tej trasy przekracza 560 km. Na różnych jej odcinkach obserwowane jest różne natężenie hałasu wynikające ze zróżnicowanej struktury pojazdów po niej się poruszających. W sąsiedztwie dużych aglomeracji oprócz znaczenia tranzytowego obserwuje się także wzmożony ruch lokalny mieszkańców dojeżdżających do pracy. Ilustruje to wyjątkowo duża liczba zaobserwowanych pojazdów osobowych w profilu Wyszków (ryc. 3).

Przeprowadzone badania dowodzą, że natężenie ruchu pojazdów na wybranych odcinkach drogi krajowej DK8 było bardzo zróżnicowane zarówno pod względem ogólnej liczby pojazdów rejestrowanych w punkcie pomiarowym, jak i struktury pojazdów. Największą liczbę pojazdów w ciągu godziny notowano w punkcie



Ryc. 3. Natężenie ruchu pojazdów w punktach monitoringu hałasu drogowego przy drodze DK8 i S8 w ciągu dnia (a) i w okresie nocy (b) (Źródło: badania własne)

Fig. 3. Intensity of road traffic (cars per hour) in studied points of noise monitoring at roads DK8 and S8 during daytime (a) and in the night (b): blue columns indicate small cars, red – trucks, green - busses (Source: own data)

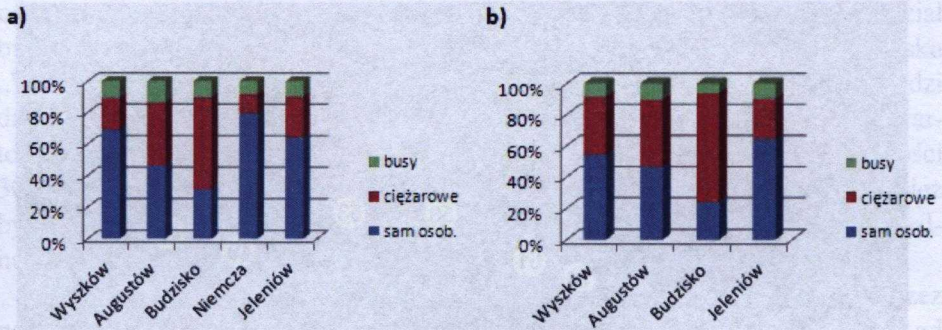
Tabela 3. Wyniki pomiarów hałasu w profilach: Wyszków, Budzisko, Augustów
Table 3. Noise levels in studied road profiles

Lp.	Charakterystyka poziomu dźwięku <i>Characteristic of noise level</i>	Równoważny poziom dźwięku <i>Equivalent noise level (L_{Aeq} [dB])</i>											
		pora dzienna <i>daytime</i>					pora nocna <i>nighttime</i>						
Wyszków, 09.10.2013 r., N 52°33'33", E 21°27'57"													
		odległość od drogi <i>distance from road</i> (m)					odległość od drogi <i>distance from road</i> (m)						
		0	100	200	300	400	500	0	100	200	300	400	500
1	średnia <i>mean</i>	66,3	63,0	59,7	54,9	51,3	51,3	61,4	62,0	57,9	55,2	48,5	47,1
2	max	78,2	69,5	65,8	58,7	56,5	62,8	76,7	70,6	65,9	60,7	56,6	51,6
3	min	51,4	52,7	51,6	47,3	45,5	43,8	48,0	47,6	45,6	46,5	42,4	39,6
Budzisko, 24.07.2012 r., N 54° 17' 49", E 23° 06' 53"													
		odległość od drogi <i>distance from road</i> (m)					odległość od drogi <i>distance from road</i> (m)						
		0	100	300	500	750	1000	0	100	300	500	750	1000
1	średnia <i>mean</i>	74,2	51,0	57,7	53,2	49,0	47,8	75,0	59,9	57,7	47,5	53,5	53,6
2	max	88,9	59,5	61,5	77,7	52,1	55,8	91,2	66,5	59,3	53,2	64,4	56,6
3	min	51,6	40,5	48,0	33,8	44,2	43,3	53,6	51,8	56,3	43,0	51,4	52,3
Augustów, 24.07.2012 r., N 53° 58' 08", E 22° 57' 15"													
		odległość od drogi <i>distance from road</i> (m)					odległość od drogi <i>distance from road</i> (m)						
		0	100	300	500	750	1000	0	100	300	500	750	1000
1	średnia <i>mean</i>	75,4	55,3	47,2	52,3	44,6	45,9	74,6	59,3	57,3	53,9	47,3	43,5
2	max	91,3	61,2	52,9	74,0	65,6	64,6	89,9	65,5	74,8	58,1	52,7	50,7
3	min	40,8	44,8	40,4	36,8	39,1	33,5	47,1	49,9	43,4	49,1	43,1	38,6

„Wyszków”. Natężenie ruchu w porze dziennej wynosiło tu około 2000 pojazdów w ciągu godziny. Było ono wyższe aniżeli na stanowisku „Augustów” (o około 67%) i „Budzisko” (aż o 76%). Podobnie i w porze nocnej największy ruch obserwowano na stanowisku „Wyszków” (około 640 pojazdów w ciągu godziny). Natomiast inaczej niż w ciągu dnia kształtowało się natężenie ruchu koło Augustowa i Budziska. O tej porze doby większy ruch obserwowano w punkcie „Budzisko”, gdzie natężenie ruchu w stosunku do profilu „Wyszków” było mniejsze o 32%, podczas gdy w punkcie „Augustów” różnica była bardzo duża i sięgała 83%.

Wprawdzie natężenie dźwięku jest ściśle zależne od natężenia ruchu pojazdów, niemniej z przeprowadzonych badań wynika, że nie zawsze największa ogólna liczba pojazdów przekłada się na największy hałas. W profilu „Wyszków”, gdzie notowano największe natężenie ruchu, równoważny poziom dźwięku był najniższy – 67,1 dB(A). W przypadku punktu „Budzisko”, gdzie sumaryczny ruch był znacznie mniejszy niż w Wyszkowie, obserwowano znacznie gorsze warunki klimatu akustycznego. Równoważny poziom dźwięku notowany w tym miejscu wyniósł 74,2 dB(A) w ciągu dnia, a w nocy nawet 75 dB(A). Jedną z przyczyn takiej sytuacji jest struktura pojazdów poruszających się na danym odcinku. W przypadku pojazdów osobowych generowały one hałas o wartości średnio około 60 dB(A), natomiast samochody ciężarowe – około 70 dB(A). Struktura pojazdów poruszających się na wybranych odcinkach dróg była bardzo zróżnicowana (ryc. 5). Nieco inaczej proporcje te kształtowały się w ciągu dnia niż w nocy. Rozpatrując pomiary dzienne, w punkcie „Wyszków” aż 69% pojazdów stanowiły samochody osobowe. W pobliżu granicy Polski z Litwą ich liczba malała; na stanowisku „Augustów” było ich 46% w ogólnej liczbie pojazdów, a w punkcie „Budzisko” tylko 31%. W porze nocnej podobne proporcje obserwowano na stanowisku „Augustów”. Natomiast w profilu „Wyszków” samochody osobowe stanowiły blisko połowę pojazdów, a w „Budzisku” – zaledwie co czwarty. Odmienna sytuacja, jeśli chodzi o udział w strukturze pojazdów, wystąpiła w przypadku samochodów ciężarowych. Wraz z oddalaniem się od granicy ich liczba w ogólnym strumieniu pojazdów malała. W „Budzisku” samochody ciężarowe stanowiły około 60%, podczas gdy w profilu „Wyszków” tylko 20%. Takie proporcje wynikają z dwięciokrotnie większego udziału samochodów osobowych w profilu „Wyszków” aniżeli w „Budzisku”. Należy dodać, że taka struktura pojazdów występuje niezależnie od pory roku. W porze nocnej udział samochodów ciężarowych w tym pierwszym punkcie wyniósł aż 70%, a w drugim około 37% (ryc. 4). Porównując te liczby z uzyskanymi wynikami równoważnego poziomu dźwięku, wyraźnie widać związek struktury pojazdów z emisją hałasu. Im większy był udział procentowy samochodów ciężarowych w ogólnej liczbie pojazdów, tym większy hałas był rejestrowany na skraju drogi.

Klimat akustyczny danego miejsca modelowany jest nie tylko przez ruch pojazdów samochodowych, ale również czynniki środowiskowe, które wpływają na propagację fali dźwiękowej. W rejonie Wyszkowa (ryc. 5) samochody ciężarowe poruszające się nawet z dużą prędkością, ale po płaskim terenie, są mniej uciążli-

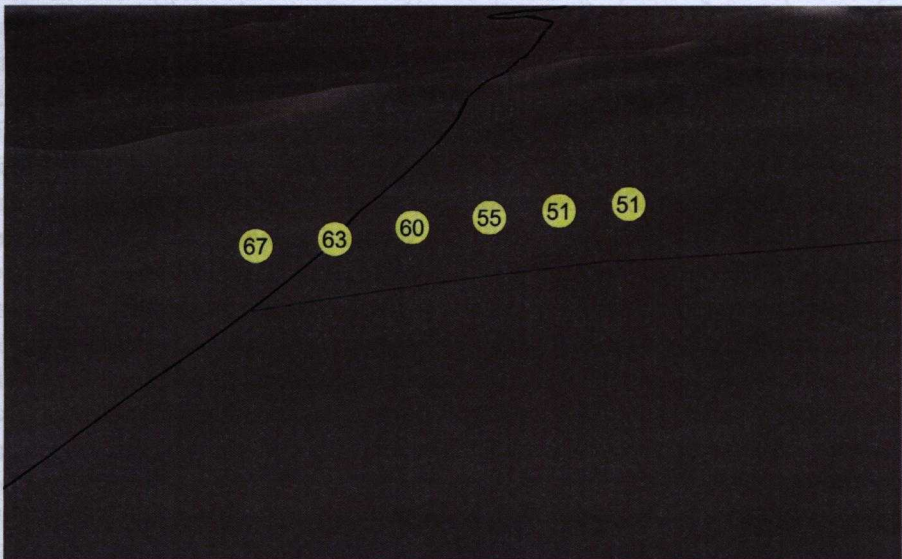


Ryc. 4. Struktura pojazdów na badanych odcinkach dróg (Źródło: badania własne)

Fig. 4. Structure of cars driving on selected sectors of roads; blue columns indicate small cars, red – trucks, green – busses (Source: own data)

wę aniżeli te, które jadą z mniejszą prędkością, pokonując wzniesienia, jak ma to miejsce w okolicy Budziśka (ryc. 6).

Jak wynika z przeprowadzonej analizy, w terenie płaskim (stanowisko „Wyszków”), gdzie w całym profilu nie występują przeszkody orograficzne, notowany hałas maleje w miarę równomiernie wraz z oddalaniem się od drogi S8. Różnica pomiędzy wartościami średniego równoważnego poziomu dźwięku notowanymi na poszczególnych stanowiskach pomiarowych, znajdujących się w odstępach



Ryc. 5. Wartości średniego, równoważnego poziomu dźwięku (L_{Aeq} , dB) na profilu „Wyszków” w różnych odległościach od krawędzi jezdni (Źródło: badania własne)

Fig. 5. Values of mean, equivalent noise level (L_{Aeq} , dB) on Wyszków profile in different distance from the main road (Source: own data)



Ryc. 6. Wartości średniego, równoważnego poziomu dźwięku (L_{Aeq} , dB) na profilu „Budzisko” w różnych odległościach od krawędzi jezdni (Źródło: badania własne)

Fig. 6. Values of mean, equivalent noise level (L_{Aeq} , dB) on Budzisko profile in different distance from the main road (Source: own data)

100 m od siebie, była bardzo zbliżona do siebie i wahała się w ciągu dnia od 2,3 do 4,8 dB(A) (tab. 3).

Zupełnie inaczej przebiegała propagacja dźwięku w terenie o zróżnicowanej rzeźbie terenu w profilach „Augustów” i „Budzisko”. Największy spadek średniego poziomu hałasu odnotowano w odległości 100 m od jego źródła. W profilu „Augustów” równoważny poziom dźwięku był mniejszy o 20 dB(A), a w profilu „Budzisko” – 23,2 dB(A). W porze nocnej wartości te były nieco mniejsze i wynosiły odpowiednio 15,3 dB(A) i 17,3 dB(A). W miarę oddalania się od źródła hałasu zaznacza się wyraźny wpływ rzeźby. W profilu „Augustów” w odległości 500 m notowane wartości hałasu były o 5,1 dB(A) wyższe aniżeli w odległości 300 m. Podobnie wyglądała sytuacja w profilu „Budzisko”, gdzie w odległości 300 m od drogi średni poziom dźwięku był o 6,7 dB(A) wyższy aniżeli w odległości 100 m. Rzeźba terenu znacząco modyfikowała tu rozprzestrzenianie się fali dźwiękowej. Wszelkie wyniesienia terenu stanowią dla niej dosyć skuteczną barierę, natomiast wszelkie obniżenia o charakterze dolin powodują kierunkowe przemieszczanie się dźwięku na większe odległości. Wzmocnieniu propagacji dźwięku wzdłuż zagłębień terenu sprzyja także odbijanie się fali dźwiękowej od zboczy oraz zwiększona wilgotność podłoża i powietrza w dnach zagłębień, zwłaszcza w porze nocnej (tab. 3).

Maksymalne zmierzone poziomy dźwięku pochodzą głównie od samochodów ciężarowych, których udział w ogólnej liczbie jest różny w zależności od badanego

odcinka (bardzo rzadko obserwowano również maszyny rolnicze, ale ich udział był niewielki). Notowane maksymalne chwilowe wartości hałasu na stanowisku „Wyszków” wahały się w czasie pomiarów dziennych od 78 dB tuż przy krawędzi drogi do 56 dB w odległości 400 m. Na stanowisku „Augustów” najwyższe wartości chwilowe notowano tuż przy krawędzi drogi – 91 dB, najniższe w odległości 300 m – 53 dB. W profilu „Budzisko” maksymalne natężenie dźwięku również było notowane przy krawędzi drogi (około 89 dB). Podobnie wysokie, maksymalne wartości hałasu obserwowano w nocy.

Ogólnie biorąc, z przeprowadzonych badań wynika, że hałas emitowany przez pojazdy poruszające się po drodze szybkiego ruchu maleje wraz z odległością od jej krawędzi. Można przyjąć, że dystansem, do którego zmniejszanie się hałasu jest istotne, jest około 500 m. Powyżej tej odległości większe znaczenie w kształtowaniu się klimatu akustycznego danego miejsca mają czynniki lokalne, a hałas komunikacyjny z drogi słyszalny jest w postaci w miarę jednostajnego szumu. W wartościach bezwzględnych jest on mniejszy niż ten emitowany przez lokalny ruch pojazdów, odgłosy z gospodarstw rolnych czy dźwięki naturalne.

Istotnym elementem klimatu akustycznego jest czas trwania dźwięków o określonym natężeniu. W przypadku terenów o zabudowie zagrodowej, które są przedmiotem niniejszej analizy, poziom 65 dB(A) został przyjęty zgodnie z przywołaną wcześniej ustawą, jako poziom dopuszczalny w ciągu dnia, a 55 dB(A) – jako poziom dopuszczalny nocą. W tabeli 4 przedstawiono czas trwania równoważnego przyjętych poziomów dźwięku w ciągu dnia i nocy.

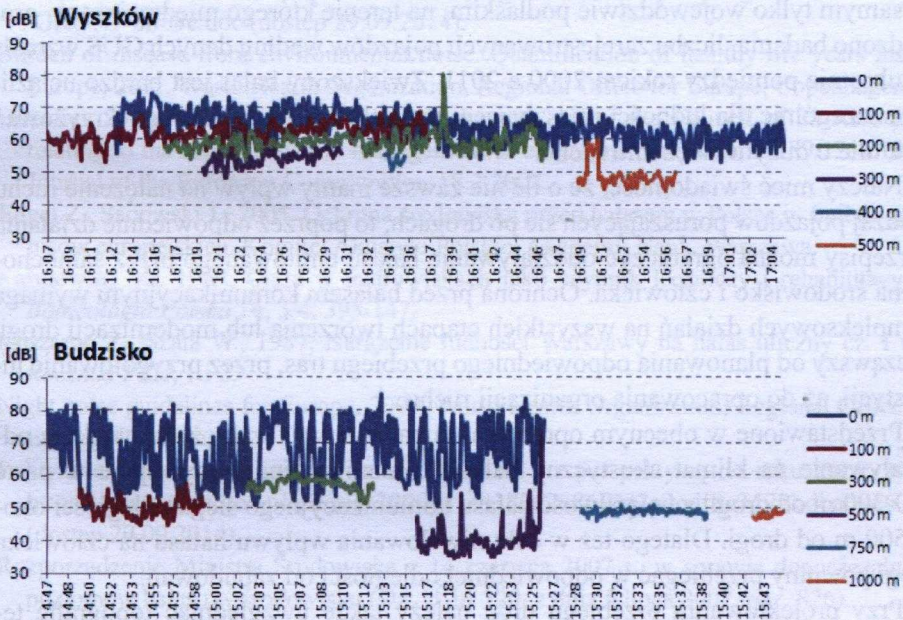
Przeprowadzone badania wykazały, że w profilu „Wyszków” dźwięk o natężeniu przekraczającym 55 dB w ciągu dnia, utrzymywał się średnio przez około 98% czasu pomiaru do odległości 200 m od krawędzi drogi. W porze nocnej trwał od 92% w odległości 100 m do 72% w odległości 200 m (tab. 4). Poziom 65 dB przekroczony był dniem przez ponad 64% czasu pomiaru jedynie tuż przy krawędzi drogi. W odległości 100 m trwał zaledwie przez 15% czasu pomiaru. W profilach „Augustów” i „Budzisko” przekroczenie poziomu 55 dB utrzymywało się dosyć długo na stanowisku tuż przy krawędzi drogi. W ciągu dnia obserwowany był odpowiednio przez 83 i 88% czasu pomiaru. Podobnie i poziom 65 dB najdłużej notowany był przy krawędzi drogi (odpowiednio 69% i 58%). W pozostałych punktach pomiarowych w większości przypadków średni poziom dźwięku o natężeniu większym niż 55 i 65 dB nie był rejestrowany wcale lub tylko przez kilka procent czasu pomiaru. Wyjątek stanowi punkt położony 300 m od drogi w profilu „Budzisko”, w którym poziom 55 dB notowany był przez 90% czasu pomiaru w ciągu dnia i 100% czasu pomiaru w nocy, natomiast poziom 65 dB nie był rejestrowany. Maksymalna wartość hałasu w tym miejscu wynosiła 61,5 dB w ciągu dnia i 59,3 dB w nocy. Znamienne jest, że w porze nocnej dopuszczalny poziom dźwięku (55 dB) był przekraczany przez większość czasu w pasie 100 m od drogi w Augustowie, 200 m – w Wyszkowie i 300 m – w Budzisku. Można zatem przyjąć, że dla zapewnienia ludziom wypoczynku nocnego drogi powinny przebiegać w odległości większej niż 200-300 m od budynków mieszkalnych.

Tabela 4. Czas trwania (% okresu pomiarowego) dźwięku powyżej 55 dB i 65 dB w ciągu dnia i w nocy na badanych profilach Wyszaków, Augustów i Budzisko

Table 4. Time of exposure (in % of measure) to sounds over 55 dB and 65 dB during day and night on studied profiles Wyszaków, Augustów and Budzisko

Odległość od drogi / Distance from road (m)	Wyszaków			Augustów			Budzisko					
	Dzień / Day		Noc / Night	Dzień / Day		Noc / Night	Dzień / Day		Noc / Night			
	55	65	55	65	55	65	55	65	55	65		
0	99,2	64,7	81,1	10,3	83,3	68,8	86,4	53,6	88,1	57,7	99,6	62,2
100	99,2	15,6	92,5	9,5	49,2	.	80,0	.	4,2	.	70,0	1,7
200	97,7	0,9	71,8	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-
300	46,6	.	45,8	.	0,0	.	30,0	1,7	90,0	.	100,0	.
400	26,3	.	.	.	-	-	-	-	-	-	-	-
500	11,8	.	.	.	3,3	1,7	25,0	.	2,5	0,8	.	.
750	-	-	-	-	1,7	.	.	.	.	.	1,7	.
1000	-	-	-	-	1,7	.	.	.	.	.	.	.

Ostatnią z rozpatrywanych cech klimatu akustycznego jest amplituda wahań poziomu dźwięku. Rycina 7 przedstawia przykładowe przebiegi średniego, równoważnego poziomu hałasu w profilach „Wyszków” i „Budzisko”. Wyraźnie zauważa się nie tylko spadek wartości hałasu wraz ze wzrostem odległości od drogi, ale także wpływ innych czynników na falę dźwiękową. Analizując przedstawione przebiegi, wyraźnie widać nie tylko zmniejszenie się poziomu hałasu wraz z odległością od drogi głównej, ale także zmniejszanie amplitudy chwilowych wartości hałasu. W profilu „Wyszków” wygaszanie tej amplitudy następowało w odległości 500 m, a lokalne źródła dźwięku o dużym natężeniu (przejazd ciągnika) zaznaczają się w postaci piku w odległości 200 m. W przypadku profilu „Budzisko” amplitudy w punkcie pomiarowym tuż przy krawędzi były większe aniżeli w profilu „Wyszków”. Wygaszanie amplitud fali dźwiękowej wraz z odległością od drogi ilustruje zapis w punkcie oddalonym o 300 m od drogi w profilu „Budzisko”. Pomimo podwyższonego poziomu dźwięku, w stosunku do punktu leżącego 100 m od drogi, cechuje się ona niewielkimi amplitudami. Pomiary prowadzone w odległości 750 i 1000 m odznaczają się bardzo niskimi amplitudami oraz małymi wartościami poziomu dźwięku, co świadczy o braku wyraźnych lokalnych źródeł hałasu.



Ryc. 7. Przebiegi średniego równoważnego poziomu hałasu w profilach: Wyszków w dniu 09.10.2013 r. i Budzisko w dniu 24.07.2012 r. w różnych odległościach od drogi głównej (Źródło: badania własne)

Fig. 7. Time course of mean, equivalent noise level on profiles: Wyszków (Oct 9, 2013) and Budzisko (Jul 24, 2012), in various distance from the main road (Source: own data)

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Szacuje się, że około 35% mieszkańców Polski narażonych jest na ponadnormatywny poziom hałasu w ciągu dnia i nocy. Około 80% tej uciążliwości wynika z oddziaływania hałasu z dróg publicznych (*Polityka ekologiczna...* 2008).

Po wejściu Polski do UE nasze prawodawstwo w tym zakresie zostało dostosowane do prawa unijnego poprzez wdrożenie przepisów dyrektywy 2002/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady Europy z dnia 25 czerwca 2002 r. odnoszącej się do oceny i zarządzania poziomem hałasu w środowisku „...Żaden mieszkaniec UE nie powinien być narażony na hałas zagrażający zdrowiu lub jakości życia. Ekspozycja populacji na hałas powyżej 65 dB(A) powinna zostać zlikwidowana, a pod żadnym pozorem nie wolno dopuszczać na ekspozycje na hałas o poziomie powyżej 85 dB(A)...” (*Directive...* 2002). W świetle Polityki Ekologicznej Państwa do roku 2016 podjęto się dokonania oceny narażania społeczeństwa na ponadnormatywny hałas i podjęcie kroków do zmniejszenia tego zagrożenia w miejscach, gdzie jest ono największe (*Polityka ekologiczna...* 2008).

Największy wpływ na klimat akustyczny w otoczeniu dróg ma dynamiczny rozwój komunikacji samochodowej. Hałas komunikacyjny w chwili obecnej jest najpowszechniejszym i najbardziej uciążliwym rodzajem hałasu w środowisku. W samym tylko województwie podlaskim, na terenie którego między innymi prowadzono badania, liczba zarejestrowanych pojazdów według danych GUS wzrosła dwukrotnie pomiędzy rokiem 2000 a 2011. Zwiększony hałas jest bardzo uciążliwy szczególnie dla ludności mieszkającej w pobliżu głównych dróg, skrzyżowań oraz ulic o dużym natężeniu ruchu.

Należy mieć świadomość, że o ile nie zawsze mamy wpływ na natężenie ruchu i rodzaj pojazdów poruszających się po drogach, to poprzez odpowiednie działania i przepisy można ograniczyć oddziaływanie hałasu emitowanego przez samochody na środowisko i człowieka. Ochrona przed hałasem komunikacyjnym wymaga kompleksowych działań na wszystkich etapach tworzenia lub modernizacji drogi, począwszy od planowania odpowiedniego przebiegu tras, przez przygotowanie inwestycji, aż do opracowania organizacji ruchu.

Przedstawione w obecnym opracowaniu badania wykazały, że największe oddziaływanie na klimat akustyczny hałasu komunikacyjnego występuje w pasie 200-300 m od drogi, a uciążliwość hałasu komunikacyjnego sięga odległości około 500 m od drogi. Dlatego też w celu niwelowania wpływu hałasu na człowieka drogi powinny przebiegać w odpowiedniej odległości od zabudowań.

Przy projektowaniu przebiegu dróg należy także uwzględnić topografię terenu oraz pokrycie szatą roślinną, które to elementy środowiska mogą znacząco ograniczyć lub wzmocnić rozprzestrzenianie się fali dźwiękowej pochodzącej od ruchu samochodowego. W terenie o urozmaiconej rzeźbie hałas odbierany w danym miejscu nie zawsze pochodzi z najbliższego źródła. Często bardzo uciążliwe dźwięki pochodzą z większych odległości (np. z odległej drogi), nie napotykając żadnych barier orograficznych.

Z nadmiernym poziomem hałasu można walczyć na wiele sposobów. Tam, gdzie jest to możliwe, zalecana jest redukcja natężenia ruchu (np. kierowanie ciężkich pojazdów na obwodnice), zmiana struktury rodzajowej pojazdów, obniżenie prędkości pojazdów czy też złagodzenie profilu podłużnego drogi. Powszechnie wykorzystywanym sposobem są także ekrany akustyczne. Wyniki pomiarów prowadzonych w różnych lokalizacjach wskazują, że ogromną rolę mogą w tym odegrać naturalne, szerokie pasy zieleni wysokiej rosnącej wzdłuż dróg.

Podziękowania

Badania były dofinansowane z projektu Narodowego Centrum Nauki nr N N306 564940 „Wielokryterialna ocena wpływu wybranych korytarzy drogowych na środowisko przyrodnicze i rozwój społeczno-ekonomiczny obszarów przyległych”.

Literatura

- Augustyńska D., Kaczmarska A., Koton J., 2014, Hałas, <http://www.ciop.pl/6466.html> (dostęp 29.09.2014).
- Berg, van den M., 2005, Influence of low frequency noise on health and well-being, Informal document No. GRB-41-8 (41 st GRB, 22-24 Feb. 2005), Ministry of Environment, The Hague, Netherlands, <http://www.unece.org/trans/doc/2005/wp29grb/TRANS-WP29-GRB-41-inf08e.doc> (dostęp 29.09.2014).
- Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe, 2011, World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen.
- Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise. L 189/12, Official Journal of the European Communities, 18.7.2002.
- Engel Z., Sadowski J., 2005, Ochrona środowiska przed hałasem w Polsce w świetle przepisów europejskich, Komitet Akustyki Polskiej Akademii Nauk, Warszawa.
- Kalinowski M., 1969, Cisza w uzdrowiskach jako czynnik leczniczy i rehabilitacyjny, *Balneologia Polska* 14, 3/4, 395-147.
- Koszarny Z., Szata W., 1987, Narażenie ludności Warszawy na hałas uliczny cz. I i II, *Roczniki PZH*, 1 i 2.
- Night noise guidelines for Europe, 2009, World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen.
- Polityka ekologiczna państwa w latach 2009-2012 z perspektywą do roku 2016, 2008, https://www.mos.gov.pl/g2/big/2009_11/8183a2c86f4d7e2cdf8c3572bdba0bc6.pdf (dostęp 29.09.2014).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z 14 czerwca 2007 r., w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz. U. nr 120, z dnia 5 lipca 2007, poz. 826).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 października 2012 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz. U. 2012, poz. 1109).
- Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz.U. 2001 Nr 62 poz. 627).

Summary

Noise generated by road transport is an integral part of life in contemporary societies. Its intensity increases systematically according to increase of the number of cars and development of road network. The paper presents essential results of research dealing with acoustic climate in the surroundings of selected roads in Poland: DK8 close to Budzisko and Augustów and S8 in the vicinity of Wyszaków. Essential characteristics of acoustic climate are analysed: mean and maximal equivalent levels of noise as well as time of occurrence of noise with specific levels (56 and 65 dB). Studied features of acoustic climate are compared with intensity and structure of road traffic. We also consider propagation of noise in the surroundings of studied roads taking into account influence of local features of environment (relief and ground moisture). Finally, we discuss possible actions which can reduce noise level in environment.

The main problem reported in the paper is the distance from the road where the tolerable noise level can be found. On the border of road the equivalent noise level was in average 62-75 dB. However, it can reach maximally 90 dB. The reduction of noise due to increase of the distance from the road differs depending on some local factors which influence noise propagation (relief, ground and air moisture, occurrence of forests and trees' belts). Finally, day-time limit of noise (65 dB) was observed at the distance of about 200 m on Wyszaków profile, and 750 m on Budzisko and Augustów profiles. In the night hours the sanitary level of noise (56 dB) was reached at distance of 300 m (Wyszaków), 500 m (Budzisko) and 750 m (Augustów). Thus, it is strongly recommended to reduce road traffic through cities and villages and to build roads with heavy traffic far from the settlements.