



MALWINA SPŁAWIŃSKA

Politechnika Krakowska
msplaw@pk.edu.pl



PIOTR BUCZEK

Politechnika Krakowska
pbuczek@pk.edu.pl

Wpływ zmienności dobowej natężeń ruchu na autostradach i drogach ekspresowych na poziom hałasu drogowego

W celu uzyskania zezwolenia na realizację inwestycji drogowej, konieczne jest sporządzenie raportu o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko, w tym określenie przewidywanego oddziaływania akustycznego w formie graficznej [1]. Niestety rozporządzenia [2, 3] nie podają żadnych wytycznych w jakich okresach powinno wykonywać się pomiary hałasu oraz towarzyszące im pomiary natężenia ruchu. Jednocześnie na mocy rozporządzenia [2] dopuszcza się pomiar poziomu hałasu z wykorzy-

podstawie obliczeń bazujących na wyrwykowych danych ruchowych może prowadzić do dużych błędów oszacowań, wynoszących w skrajnych przypadkach nawet 8 dB. Ponadto, zauważono że wielkość błędu zależy od okresu pomiarów (największą dokładność uzyskano dla miesięcy czerwiec – październik; dni tygodnia wtorek – piątek; godziny 8:00–17:00 – pora dnia oraz 22:00–24:00 i 4:00–5:00 – pora nocy) oraz że wpływ ten jest różny w zależności od wielkości natężeń ruchu i udziału pojazdów ciężkich (im większe natężenie ruchu, tym mniejszy błąd szacunków). Pomimo tego, że badania były prowadzone na stosunkowo niewielkiej próbie (jedenaście przypadków na drogach klasy G lub GP, w tym dwa na odcinkach dróg o średnim dobowym natężeniu ruchu w roku SDRR powyżej 10000 P/d), wskazują że w grupie dróg najbardziej obciążonych ruchem, możliwe jest określenie okresu w dobie do przeprowadzania pomiarów natężeń ruchu w celu wyznaczenia poziomu hałasu z błędem poniżej 1 dB. Celem artykułu jest zatem określenie takiego okresu dla autostrad i dróg ekspresowych. Zagadnienie to jest szczególnie ważne ze względu na planowaną w najbliższym czasie rozbudowę sieci dróg szybkiego ruchu (zgodnie z [5] docelowy układ autostrad i dróg ekspresowych ma wynosić około 7650 km) wraz z towarzyszącą im infrastrukturą taką jak MOP-y czy punkty poboru opłat. W badaniach wykorzystano dane z 2015 roku, pochodzące ze stacji ciągłego pomiaru ruchu (SCPR) zlokalizowanych na drogach o gospodarczym charakterze przenoszonym ruchu w ciągu dróg klasy A lub S, zgodnie z tabelą 1.

staniem czterech metod, w tym metody próbkowania, w której równoważny poziom hałasu A wyznacza się na podstawie krótkich pomiarów (podstawowym interwałem rejestracyjnym jest 10 minut) w reprezentatywnych przedziałach czasu. Brak jednak wskazań co do sposobu określania tych przedziałów. Pomiary wykonuje się mierząc równoważny poziom dźwięku zgodnie z [2]. Poziom ten jest wartością dziesięciu logarytmów dziesiętnych ze stosunku średniego kwadratu ciśnienia akustycznego dźwięku, skorygowanego według charakterystyki częstotliwościowej A, do kwadratu ciśnienia odniesienia w określonym przedziale czasu. Wyznaczany według wzoru 1:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2}{p_0^2} dt \right] \text{ [dB]} \quad (1)$$

w którym:

$L_{Aeq,T}$ – równoważny poziom dźwięku A [dB], wyznaczony dla przedziału czasu T , od t_1 do t_2 ;

p_0 – ciśnienie akustyczne odniesienia (20 mPa);

p_A – chwilowa wartość ciśnienia akustycznego A, mierzonego sygnału akustycznego.

Liczbę pomiarów w każdym reprezentatywnym przedziale pomiarów uzależnia się od rozstępu między skrajnymi wynikami pomiarów (od trzech do sześciu). Metoda ta budzi jednak spore zastrzeżenia co do jakości wyników. Według [4] poziom hałasu określany na

Tabela 1. Lokalizacja stanowisk pomiarowych oraz dostępność danych (wskaźnik C)

nr st.	DK	LICZNIK	O/GDDKiA	C	nr st.	DK	LICZNIK	O/GDDKiA	C
22611	S6	SICK	GDAŃSK	99,5	14623	S7	SICK	WARSZAWA	99,2
24608	S1	SICK	KATOWICE	98,6	14624	8/S8	SICK		97,5
12602	A4	SICK	KRAKÓW	99,5	14622	A2a	SICK		96,7
10629	S8	SICK	ŁÓDŹ	98,4	02601	A4	SICK	WROCLAW	98,6
10618	S8	SICK		98,6	02626	A4	SICK		98,6
30027	A2	GR	POZNAŃ	98,4	02627	S8e	SICK	99,5	
30036	A2	GR		98,6	26615	S7k	SICK	93,4	
30038	A2	GR		100,0	26009	S7l	GR	KIELCE	100,0
30004	A2	PAT		100,0	26087	S7f	GR		100,0
30006	S5d	PAT		96,7					

Zmienność dobowa natężeń ruchu

Ze względu na dostępne dane (podstawowy interwał rejestracji w SCPR wynosi jedną godzinę), a także wyniki wstępnych analiz dotyczące długości okresu pomiarowego (wydłużenie pomiaru z trzech do pięciu pomiarów dziesięciominutowych, powoduje poprawę dokładności szacowania poziomu hałasu średnio o: pora dnia – 0,4 dB; pora nocy – 0,9 dB), za reprezentatywny przedział pomiarów przyjęto jedną godzinę (sześć kolejnych pomiarów dziesięciominutowych). W celu ujednoczenia danych analizy prowadzono na udziałach godzinowych natężeń ruchu w ruchu całodobowym w przypadku danego dnia tygodnia (tzw. wskaźniki zmienności dobowej – wzór 2). Analizy prowadzono oddzielnie do każdego z kierunków ruchu w grupie ogółu pojazdów. Zakres czasowy danych ograniczono do korzystnego

okresu przeprowadzania pomiarów ruchu [6], tj. we wtorki, środy i czwartki w okresie od 1 kwietnia do 15 czerwca lub od 10 września do 31 października, poza tygodniami w których występują święta.

$$W_{gi} = \frac{Q_{gi}}{Q_{di}} * 100 \quad [\%] \quad (2)$$

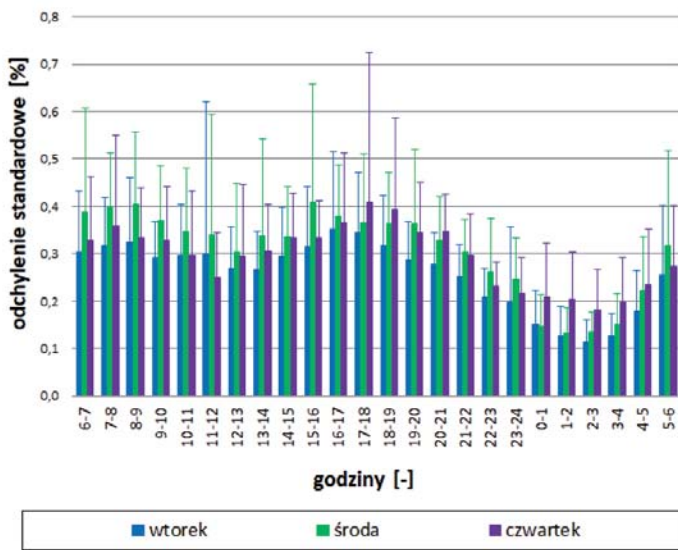
oznaczenia:

W_{gi} – wskaźnik danej godziny wyraża średni udział natężenia ruchu z g -tej godziny w i -tym natężeniu dobowym (np. środy),

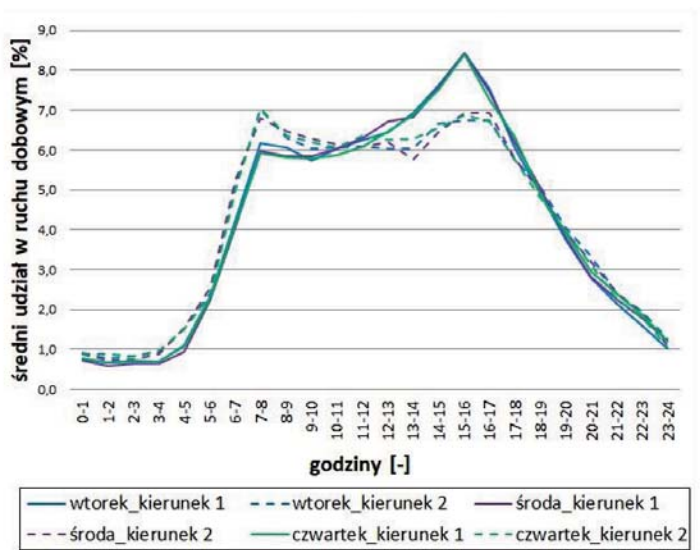
Q_{gi} – wartość natężenia w g -tej godzinie w i -tym dniu,

Q_{di} – natężenie dobowe w i -tym dniu.

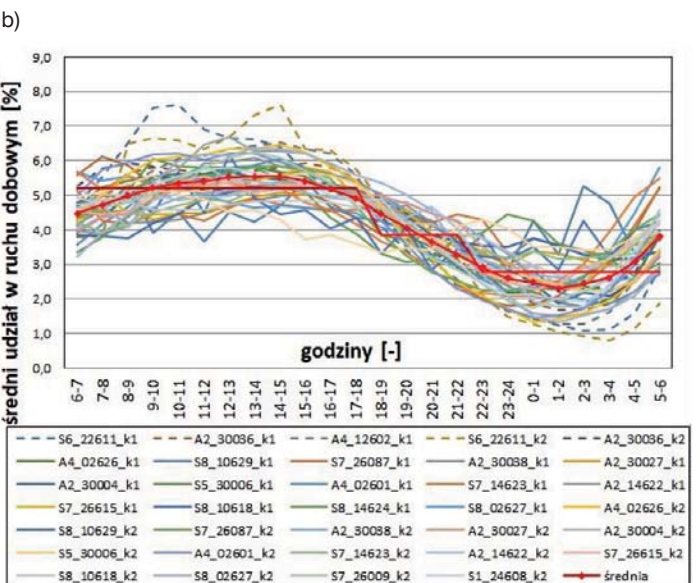
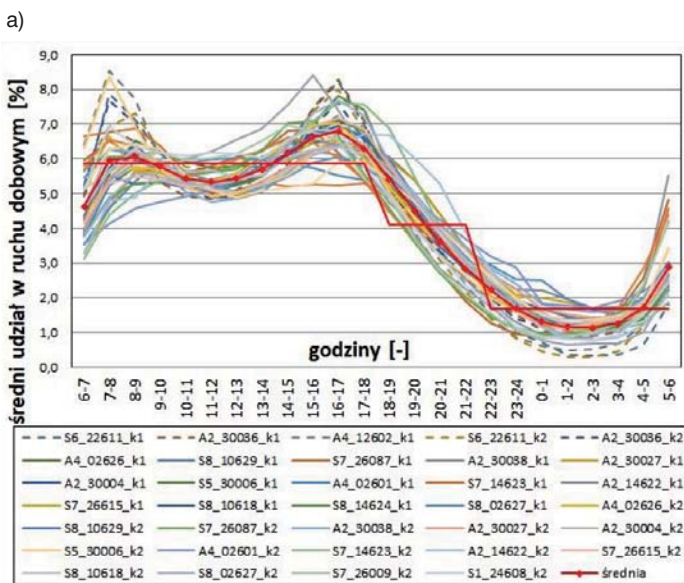
Ze względu na stosunkowo niewielką zmienność wskaźników w ciągu roku w ramach danego dnia tygodnia (średnia



Rys. 1. Średnia wartość odchylenia standardowego wraz z marginesem błęd



Rys. 2. Profil zmienności dobowej w zależności od dnia tygodnia (SCPR S1_24608)



Rys. 3. Profil zmienności dobowej: a) ogół pojazdów, b) pojazdy ciężkie

Tabela 2. Statystyki opisowe dotyczące różnic pomiędzy wartościami natężeń w danej godzinie a średnią dla danego okresu w dobie (D, W)

	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6
RA [p.p.]	1,2	0,1	0,2	0,1	0,4	0,5	0,4	0,1	0,3	0,8	0,9	0,4	1,3	0,4	0,5	1,3	0,5	0,0	0,4	0,5	0,5	0,4	0,0	1,2
σ [%]	0,8	0,7	0,4	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,9
RA [p.p.]	0,7	0,5	0,2	0,0	0,2	0,2	0,3	0,4	0,3	0,2	0,0	0,3	0,6	0,2	0,2	0,6	0,1	0,2	0,3	0,5	0,3	0,2	0,3	1,0
σ [%]	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,5	0,5	0,7

wartość odchylenia standardowego wynosi 0,3% – rysunek 1), a także między kolejnymi dniami (rysunek 2), uśredniono wszystkie wartości w obrębie danej stacji pomiarowej. Słuszność takiego podejścia potwierdzają wyniki wcześniejszych badań autorów [7, 8]. Zabieg ten pozwolił zminimalizować wpływ występowania losowych wartości na uzyskane wyniki. W kolejnym kroku analiz zestawiono wynikowe wskaźniki i wyznaczono z nich średnią, w tym jako średnie godzinowe natężenie w porze dnia D (godziny od 6:00 do 18:00), wieczoru W (od 18:00 do 22:00) i nocy N (od 22:00 do 6:00). Uzyskane wyniki przedstawiono na rysunku 3a (linią przerywaną zaznaczono odcinki dróg najbardziej obciążone ruchem, tj. o SDRR powyżej 30000 P/d/kierunek). W celu uzupełnienia charakterystyk ruchu analogiczne zestawienie wykonano w grupie pojazdów ciężkich (rysunek 3b). W tabelicy 2 zestawiono różnice (RA) uzyskane pomiędzy średnią z wskaźników zmienności dotyczące danej godziny a wartością średnią w danym okresie w ciągu doby oraz wartość odchylenia standardowego. W tabelicy kolorem szarym zaznaczono wielkości poniżej 0,5 (w zależności od przypadku punktu procentowego lub procent). W ten sposób wyselekcjonowano godziny w dobie o natężeniach najbardziej zbliżonych do średniej w danym okresie w ciągu doby i jednocześnie najmniej zróżnicowanych między stacjami (zaznaczone ramką w tabeli 2). Biorąc dodatkowo pod uwagę zmienność wskaźników w kolejnych miesiącach w obrębie jednej stacji (ogół pojazdów i pojazdy ciężkie), ostatecznie wyselekcjonowano następujące godziny korzystne do przeprowadzania pomiarów ruchu: pora dnia: 8:00 – 11:00 i 12:00 – 15:00; pora wieczoru: 19:00 – 21:00; pora nocy: 22:00 – 1:00 i 4:00 – 5:00.

Analiza wpływu zmienności dobowej natężeń ruchu na poziom hałasu drogowego

W kolejnym kroku, przeprowadzono badania dotyczące wpływu zmienności natężeń ruchu w ciągu doby na poziom dźwięku. Analizy polegały na wyznaczeniu podstawowego poziomu hałasu drogowego w punkcie odniesienia L_{Aeq}^p w dwóch wariantach (w przypadku wartości godzinowych natężeń ruchu oraz średnich z danego okresu w dobie), trzema sposobami i następnie na porównaniu uzyskanych wyników. Wartość oczekiwana L_{Aeq} wyznaczona jako średnia wartość osobno dla trzech okresów D / W / N stanowiła wartość wzorcową, do której następowało porównywanie otrzymanych wyników analiz dla godzinowych wartości L_{Aeq} . Różnica wartości pomiędzy wartością oczekiwaną (L_{Aeq}) w przypadku pory doby w stosunku do analizowanej war-

tości L_{Aeq} stanowi błąd, który został poddany analizie podczas przeprowadzonych badań. W pierwszej kolejności dla wszystkich analizowanych przypadków wyznaczono L_{Aeq}^p wg Metody PK – wzór 3 [9], a następnie dla reprezentantów danego typu zmienności dobowej (dwa szczyty ruchu lub jeden szczyt popołudniowy) oraz poziomu SDRR i udziału pojazdów ciężkich (poniżej 30000 P/d i powyżej; poniżej i powyżej 10%) wyznaczono wartość L_{Aeq}^p stosując francuską metodę obliczeniową NMPB-Routes - 96 oraz CP2015 (www.leo.mech.pg.gda.pl). W przypadku modelu CP2015, który służy do przewidywania hałasu powstającego na MOP-ach i punktach poboru opłat, zmienne niezwiązane z natężeniem ruchu przyjęto na podstawie [10] (średni dystans pokonywany przez samochody osobowe i ciężarowe odpowiednio wartość 400 i 300). Na rysunku 4 przedstawiono uzyskane bezwzględne różnice wyrażone w dB, pomiędzy poziomem hałasu wyznaczonym dla wartości średniej godzinowej natężenia ruchu w danym okresie (D, W, N) – $L_{Aeq, sr}^p$ a natężeniem występującym w danej godzinie w dobie – $L_{Aeq, h}^p$ (każdora-zowo uwzględniano także rozkład pojazdów ciężkich w dobie). Linia przerywaną zaznaczono odcinki dróg najbardziej obciążone ruchem, tj. o SDRR powyżej 30000 P/d/kierunek.

$$L_{Aeq}^p = 9,7 \log Q + 4,2 \log v + 0,11 u_c + 33,4 \text{ [dB]} \quad (3)$$

oznaczenia:

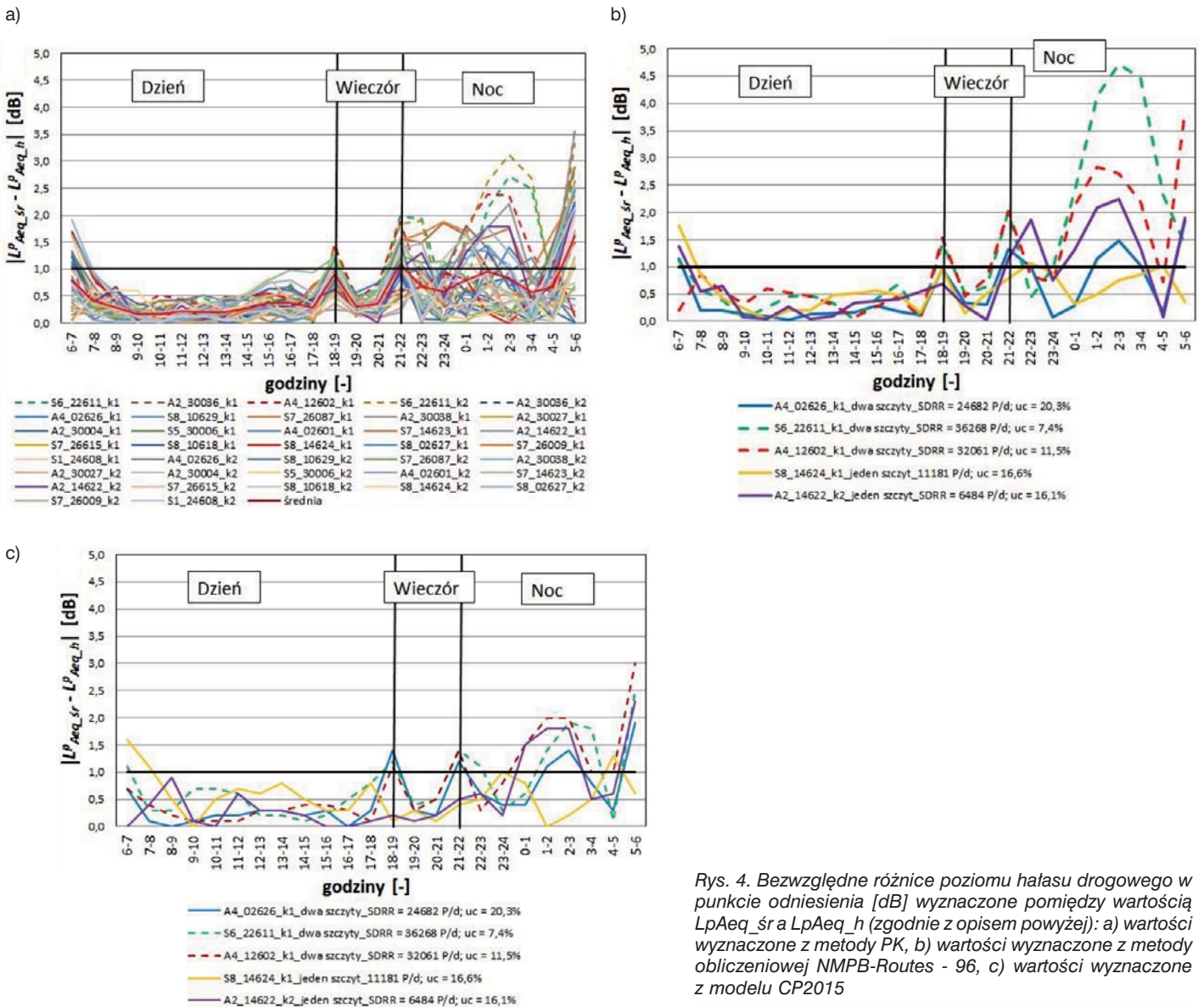
L_{Aeq}^p – poziom emisji hałasu wyznaczany w odległości $d = 10$ m od krawędzi jezdni i na wysokości $H = 1,2$ m ($p = D$ lub $p = W$ odnosi się odpowiednio do pory dnia – godziny 6:00–18:00 i wieczoru – godziny 18:00–22:00, natomiast $p = N$ do pory nocy – godziny 22:00–6:00),

Q – natężenie ruchu w analizowanym kierunku ruchu [P/h],

v – chwilowa prędkość średnia [km/h] przyjęta na podstawie [11],

u_c – udział pojazdów ciężkich [%].

Stosując wszystkie trzy metody uzyskano zbliżone bezwzględne różnice pomiędzy wartościami L_{Aeq}^p wyznaczonymi na podstawie średniego godzinowego natężenia ruchu w danym okresie w ciągu doby, a wartością odpowiadającą danej godzinie, wynoszące w godzinach 8:00–18:00, 19:00–21:00 oraz w zdecydowanej większości w godzinach 22:00–24:00 i 4:00–5:00, poniżej 1 dB. Największe różnice (wszystkie trzy modele) uzyskano w godzinach 5:00–8:00, a także w godzinach 1:00–3:00, przekraczające w przypadku dróg o SDRR powyżej 30000 P/d nawet 4,5 dB (zmiana poziomu hałasu o ok. 3 dB jest równoznaczna z podwojeniem mocy źródła hałasu). Należy także zwrócić uwagę



Rys. 4. Bezwzględne różnice poziomu hałasu drogowego w punkcie odniesienia [dB] wyznaczone pomiędzy wartością $L_{pAeq, sr}$ a $L_{pAeq, h}$ (zgodnie z opisem powyżej): a) wartości wyznaczone z metody PK, b) wartości wyznaczone z metody obliczeniowej NMPB-Routes - 96, c) wartości wyznaczone z modelu CP2015

na zbieżność szacowanego poziomu dźwięku wg metody PK i metody obliczeniowej NMPB-Routes-96, co świadczy o wiarygodności uzyskanych wyników. Znaczące różnice uzyskano jedynie w przypadku pory nocy dla najbardziej obciążonego ruchem odcinka ze wszystkich analizowanych (w przypadku drugiego przypadku co do wielkości ruchu różnica nie przekracza 1 dB). Biorąc dodatkowo pod uwagę zmienność natężeń ruchu w ciągu roku, można uznać za korzystny okres przeprowadzania pomiarów natężeń ruchu w celu wyznaczenia poziomu hałasu zarówno w przekroju drogi, jak i w punktach poboru opłat (brak danych z MOP), godziny 8:00–11:00, 12:00–15:00, 19:00–21:00, 22:00–24:00 i 4:00–5:00.

Zmiany natężeń ruchu w ciągu doby a oddziaływanie hałasu drogowego

W wyniku przeprowadzonych analiz zmian natężeń ruchu oraz wynikających z nich zmian emisji wykonano analizy

rozprzestrzeniania się hałasu dla odcinka autostrady A4 od węzła Balice I do węzła Opatkowice. Badany odcinek drogi posiada długość około 15,8 km. Na przedmiotowym odcinku drogi oraz okolicznym terenie wykonano analizy rozprzestrzeniania się hałasu w przypadku wybranych godzinowych natężeń ruchu dla 3 okresów D / W / N. Z uwagi na brak danych szczegółowych dotyczących udziału natężeń ruchu na poszczególnych kierunkach ruchu przyjęto podział równy 50% na obu kierunkach. Potwierdza to także profil uzyskany w przypadku innej stacji zlokalizowanej na A4, gdzie w obu kierunkach uzyskano zbliżone profile zarówno dla ogółu, jak i pojazdów ciężkich. Jako wartości poziomów dopuszczalnych przyjęto zgodnie z rozporządzeniem [3] następujące wartości L_{Aeq} w przypadku dnia i wieczoru 61 dB w przypadku nocy 56 dB. Analizie poddano wartości godzinowego natężenia ruchu wyznaczone jako (odpowiednio do każdej z trzech pór doby): średnie, najmniejsze z analizowanego okresu oraz największe (zwane dalej dla uproszczenia minimalne i maksymalne) oraz pochodzące z wybranej godziny z wyżej rekomendowanego zestawu godzin, w których na-

leży wykonywać pomiary hałasu (pora dnia 9:00–10:00; pora wieczoru 19:00–20:00; pora nocy 4:00–5:00). W tabeli 3 zaprezentowano uzyskane poziomy mocy akustycznej według metody NMPB 96 dla wytypowanych okresów analiz.

Tabela 3. Analizowane moce akustyczne źródła hałasu

Wartości	D – dzień	W – wieczór	N – noc
	L_{Aeq}		
Średnia	94,02	91,43	87,24
Minimum	93,43	89,42	84,40
Maximum	94,88	92,97	91,10
Wybrana godzina*	93,70	91,88	87,96

*) losowa wartość emisji z rekomendowanego zestawu godzin do wykonywania pomiarów

Na podstawie przeprowadzonych symulacji rozprzestrzeniania się hałasu dokonano analizy terenów zagrożonych ponadnormalnym hałasem, liczby zabudowań mieszkalnych, które należałoby poddać ochronie akustycznej i średniego zasięgu hałasu 61 dB i 56 dB. Tabela 4 prezentuje uzyskane wyniki.

Tabela 4. Wyniki analiz powierzchni, zabudowy i zasięgu zagrożonych ponadnormalnym hałasem

Okres doby	Wartość	Zagrożona powierzchnia	Procentowa zmiana zagrożonej powierzchni	Liczba zagrożonych budynków	Procentowa zmiana liczby zagrożonych budynków	Średni zasięg dopuszczalnego hałasu	Procentowa zmiana średniego zasięgu izol linii dopuszczalnego hałasu
		km ²	%	–	%	m	%
D – dzień	Średnia	6,54	–	189	–	207	–
	Max	7,16	109,5	210	111,1	227	109,7
	Min	6,09	93,1	169	89,4	193	93,2
D – 9:00–10:00	Losowa*	6,37	97,4	181	95,8	202	97,6
W – wieczór	Średnia	4,93	–	122	–	156	–
	Max	5,84	118,5	158	129,5	185	118,6
	Min	4,60	93,3	110	90,2	146	93,6
W – 19:00–20:00	Losowa*	5,05	102,4	127	104,1	160	102,6
N – noc	Średnia	5,68	–	148	–	179	–
	Max	8,67	152,6	286	193,2	274	153,1
	Min	4,09	72,0	90	60,8	129	72,1
N – 4:00–5:00	Losowa*	5,89	103,7	154	104,1	186	103,9

*) losowa wartość z rekomendowanego zestawu godzin do wykonywania pomiarów



Rys. 5. Zasięg prognozowanych izol linii 56 dB w nocy dla wartości średniej – kolor zielony, minimalnej – kolor fioletowy i maksymalnej – kolor pomarańczowy

Przeprowadzone badania symulacyjne wykazały duże rozbieżności zagrożonej powierzchni ponadnormatywnym hałasem szczególnie w przypadku pory nocy. Procentowa różnica zagrożonej powierzchni w stosunku do wartości średniej wynosi odpowiednio w przypadku minimum 72%, w przypadku maksimum 152,6%. Tak duża zmiana zagrożonej powierzchni skutkuje odpowiednią zmianą liczby zagrożonych budynków. W ciągu 8 godzin nocy liczba zagrożonych budynków ponadnormatywnym hałasem zmienia się od minimum 90 do 286 sztuk budynków mieszkalnych. Równocześnie średni zasięg izolacji dla analizowanego przypadku waha się pomiędzy 129 m a 274 m. W wyniku przeprowadzonych analiz dla wybranych godzin z rekomendowanego zestawu otrzymano wyniki nie różniące się od średniej o więcej niż $\pm 5\%$ dla zagrożonej powierzchni, liczby budynków oraz zasięgu izolacji dopuszczalnego hałasu. Na poniższych rysunkach przedstawiono przykłady zasięgu izolacji 56 dB w nocy.

Podsumowanie

Przeprowadzone badania wykazały, że okres analizy wpływa na wiarygodność szacowań poziomu dźwięku, oraz że wpływ ten jest różny w zależności od okresu w dobie i w mniejszym stopniu od wielkości natężeń ruchu (największą dokładność uzyskano w porze dnia niezależnie od wielkości SDRR a najmniejszą w porze nocy w odniesieniu do odcinków dróg o SDRR powyżej 30000 P/d). Na podstawie zmienności natężeń dobowych (w miesiącach w roku i dniach w tygodniu) oraz największej uzyskanej dokładności szacowania L_{Aeq}^p wyznaczono korzystny okres wykonywania godzinowego pomiaru ruchu w celu wyznaczenia poziomu hałasu. Są to dni wtorek – czwartek w okresie od 1 kwietnia do 15 czerwca lub od 10 września do 31 października (poza tygodniami w których występują święta) w godzinach: pora dnia – 8:00–11:00 i 12:00–15:00, pora wieczoru – 19:00–21:00, pory nocy – 22:00–24:00 i 4:00–5:00. W przypadku danych pochodzących z tego okresu uzyskano nie tylko największą dokładność szacowanego L_{Aeq}^p (różnica w stosunku do pomiaru 12 / 4 / 8 godzinowego – pora D / W / N, poniżej 1 dB), ale także najmniejsze zróżnicowanie godzinowych natężeń ruchu w ciągu roku. Przeprowadzając pomiar w tych godzinach można zredukować błąd szacunku L_{Aeq}^p średnio ponad trzykrotnie w stosunku do pomiaru w godzinach 6:00–7:00, 21:00–22:00 oraz ponad dwukrotnie w stosunku do pomiaru w godzinach 5:00–6:00.

Wykonane symulacje rozprzestrzeniania się hałasu i analizy na podstawie uzyskanych wyników w przypadku zestawu mocy akustycznej (średniej, minimalnej, maksymalnej oraz losowo wybranej z rekomendowanego zestawu godzin) dla pór D / W / N wykazały największe zróżnicowanie w przypadku mocy akustycznej dla nocy. Przekłada się to na moż-

liwość wprowadzenia błędu do analiz akustycznych w przypadku niepoprawnego doboru okresu pomiarowego, w celu wykonania analizy akustycznej. Przekłada się to również na zmiany powierzchni zagrożonej hałasem, liczbę zagrożonych budynków czy średni zasięg izolacji dopuszczalnego hałasu. Te dane pozwalają wnioskować, że niepoprawny dobór godziny pomiaru będzie skutkował niepoprawnym doбором zabezpieczeń akustycznych w przypadku wykorzystania takiego pomiaru jako wynik stanowiący podstawę wydania decyzji administracyjnej skutkującą np. wykonaniem zabezpieczeń akustycznych.

Powyższe wnioski wskazują, że w sytuacji braku możliwości przeprowadzania pomiaru dobowego należy uwzględnić dobowe wahania natężeń ruchu w celu poprawności wykonania analizy akustycznej. Ponadto, w celu zminimalizowania wpływu występowania losowych wartości na uzyskane wyniki, zaleca się wykonanie kilkukrotnego pomiaru ruchu oraz hałasu w danym miejscu.

Bibliografia

- [1] Dz.U. 2008 Nr 199 poz. 1227. Ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko
- [2] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 czerwca 2011 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów poziomów substancji lub energii w środowisku przez zarządzającego drogą, linią kolejową, linią tramwajową, lotniskiem lub portem. Dziennik Ustaw Nr 140, poz. 824
- [3] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 października 2012 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku. Dziennik Ustaw 2012, poz. 1109
- [4] Splawińska M., Woźniak K.: *Wpływ zmienności natężeń ruchu na ocenę uciążliwości hałasu drogowego*, Czasopismo Inżynierii Ładowej, Środowiska i Architektury, z. 63, nr 1/II 2016, s. 315–322
- [5] https://www.gddkia.gov.pl/userfiles/articles/d/docelowy-uklad-autostrad_6329/Rozporzadzenie%20z%2019%20maja%202016.PDF
- [6] Metody szacowania Średniego Dobowego Ruchu Rocznego (SDRR) na podstawie pomiarów krótkotrwałych – 24-godzinnych. Opracowano w: Wydział Sieci Drogowej i Analiz Ruchu Departament Studiów GDDKiA. Wersja: 1.0 / 22 maja 2017 r.
- [7] Splawińska M.: *Charakterystyki zmienności natężeń ruchu i ich wpływ na eksploatację wybranych obiektów drogowych*. Rozprawa doktorska, Politechnika Krakowska, Kraków 2013
- [8] Splawińska M., Buczek P.: *Problem zmienności natężeń ruchu na drogach krajowych i ich wpływ na poziom hałasu*, „Drogownictwo”, nr 2/2015, s. 46–52
- [9] Radosz S.: *Analiza wybranych parametrów ruchu i drogi w aspekcie ochrony akustycznej środowiska*, Politechnika Krakowska, Praca doktorska, Kraków 1984
- [10] Ronowski G., Ejsmont J., Sommer S., Owczarzak W.: *CP2015 – zmodyfikowana metodyka przewidywania hałasu*, Magazyn Autostrady 7/2015, s. 18–21
- [11] Raport Krajowej Rady Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego: *Prędkość pojazdów w Polsce w 2015 roku*. Sesja I, Warszawa 2015