



Politechnika  
Śląska

DYSCYPLINA NAUKOWA  
INŻYNIERIA LĄDOWA,  
GEODEZJA I TRANSPORT

## ROZPRAWA DOKTORSKA

mgr inż. Bartłomiej Pudełko

### **Kształtowanie poziomu hałasu komunikacyjnego w funkcji rozkładu natężenia ruchu przy istniejącym i projektowanym układzie dróg krajowych**

Shaping the level of traffic noise as a function of traffic intensity  
distribution in terms of the existing and planned system of national roads

Promotor

dr hab. inż. Artur Nowoświat, prof. PŚ

Promotor pomocniczy

dr inż. Rafał Żuchowski

Gliwice 2023

## **Podziękowania**

*Szczególne podziękowania kieruję w stronę  
Pana dr hab. inż. Artura Nowoświata, profesora PŚ,  
Promotora mojej Dysertacji za nieocenioną pomoc i ogromne wsparcie podczas  
realizacji pracy oraz okazaną mi cierpliwość i wyrozumiałość.*

*Serdecznie dziękuję Panu dr inż. Rafałowi Żuchowskiemu, Promotorowi pomocniczemu  
za życzliwość, zaangażowanie oraz cenne uwagi i wskazówki.*

*Pragę wyrazić również podziękowania dla  
Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad  
Oddział w Katowicach za możliwość wykorzystania danych pomiarowych  
realizowanych w ramach procedury OOS, analiz porealizacyjnych,  
przeглядów ekologicznych, map i analiz akustycznych*

*oraz*

*Panu Maciejowi Frankowskiemu z PC++ Software Studio oficjalnemu  
przedstawicielowi SoundPLAN GmbH za udostępnienie licencji na potrzeby realizacji  
obliczeń i analiz hałasu drogowego.*

*Chciałbym również podziękować i zadedykować tę pracę swojej Rodzinie oraz śp. Tacie*

## **Streszczenie**

W pracy opisano obecnie obowiązujące wytyczne i wskaźniki wykorzystywane do szacowania natężenia ruchu oraz podjęto ocenę różnic pomiędzy prognozowanym a rzeczywistym natężeniem ruchu. Przedstawione w pracy wyniki pochodzą z lat 2005 – 2022 i obejmują zarówno pomiary in situ przeprowadzone na zlecenie Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad, pomiarów GPR jak i prognoz wykonanych z uwzględnieniem współczynnika elastyczności oraz PKB. Analizy przeprowadzono dla czterech wybranych odcinków dróg: Autostrady A4, Drogi Ekspresowej S1, Drogi Krajowej DK1 oraz DK44. Wyniki pomiarów rzeczywistych były przeliczane na wartość wzrostu ruchu danej kategorii pojazdów, prognozowaną dla określonego roku na podstawie danych z roku pomiarów tego natężenia. Na tej podstawie opracowano schemat postępowania podczas badania i obliczania (symulowania) hałasu drogowego poczynając od pomiaru a kończąc na analizie wyników. Wszystkie te obliczenia prowadzą do tworzenia map akustycznych opartych na danych wejściowych prognozowanych lub zmierzonych. W ramach prac przedstawiono wyniki pomiarów w łącznie 9 punktach pomiarowych referencyjnych i 27 punktach pomiarowych dodatkowych. Uzyskane wyniki i analizy doprowadziły do oszacowania wartości ryzyka znaczącej uciążliwości hałasu oraz znaczących zaburzenia snu w zależności od oszacowanego i zmierzonego natężenia ruchu drogowego. Dzięki temu oceniono wpływ błędu szacunków natężenia na ryzyko wystąpienia wskazanych uciążliwości. Na tej podstawie oszacowano liczbę ludzi narażonych na dane uciążliwości w zależności od liczby mieszkańców w konkretnym budynku, który narażony jest na hałas wynikający od prognozowanego lub rzeczywistego natężenia ruchu drogowego.

## **Abstract**

The paper describes the current guidelines and indicators used for estimating traffic volumes and assesses the differences between forecasted and actual traffic volumes. The results presented in the paper come from the years 2005 - 2022 and include both in situ measurements commissioned by the General Directorate for National Roads and Motorways, GPR measurements, and forecasts made taking into account the elasticity coefficient and GDP. The analyzes were carried out for four selected road sections: the A4 motorway, the S1 expressway, the national DK1 road and the DK44 road. The results of actual measurements were converted into the value of traffic growth of a given category of vehicles, forecast for a specific year on the basis of data from the year of measurements of this intensity. On this basis, a procedure was developed for testing and calculating (simulating) road noise, starting from the measurement and ending with the analysis of the results. All these calculations lead to the creation of acoustic maps based on predicted or measured inputs. As part of the work, the results of measurements in a total of nine reference measurement points and 27 additional measurement points were presented. The results and analyzes obtained led to the estimation of the risk of significant noise disturbances and significant sleep disturbances depending on the estimated and measured traffic volume. Due to this, the impact of the intensity estimation error on the risk of occurrence of the indicated nuisances was assessed. On this basis, the number of people exposed to given nuisances was estimated depending on the number of inhabitants in a specific building, which is exposed to noise resulting from the forecasted or actual traffic volume.

## Spis treści

1. WPROWADZENIE.....	7
1.1. PROBLEMATYKA HAŁASU DROGOWEGO .....	7
1.2. DROGI KRAJOWE I MONITRING HAŁASU WOKÓŁ NICH – PODSTAWY PRAWNE MONITORINGU.....	9
1.3. CEL I UZASADNIENIE PODJĘCIA TEMATU .....	14
1.4. TEZA, ZAKRES I CELE PRACY .....	15
2. PODSTAWOWE WZORY I DEFINICJE .....	17
2.1. POZIOM CIŚNIENIA AKUSTYCZNEGO I POZIOM DŹWIĘKU A.....	17
2.2. WSKAŹNIKI HAŁASU .....	19
2.2.1 POZIOM RÓWNOWAŻNY - $L_{eq}$ .....	19
2.3. WSKAŹNIKI KRÓTKOOKRESOWE I DŁUGOOKRESOWE .....	21
2.4. ZWIĄZEK MIĘDZY WSKAŹNIKAMI DŁUGOOKRESOWYMI I KRÓTKOOKRESOWYMI .....	23
2.5. WSKAŹNIKI HAŁASU WPŁYWAJĄCE NA ZDROWIE.....	24
2.6. POMIAR RUCHU.....	30
2.7. OCENA WIARYGODNOŚCI DANYCH POMIARY RUCHU .....	33
3. STUDIUM LITERATURY .....	33
3.1. MODELE I WSKAŹNIKI HAŁASU .....	33
3.2. WPŁYW HAŁASU NA ZDROWIE.....	43
4. WPŁYW UKŁADU DRÓG WZGLĘDEM ZABUDOWY NA ROZPRZESTRZENIANIE SIĘ HAŁASU .....	44
4.1. KLASYFIKACJA UKŁADÓW DROGOWYCH I SCHEMATY ZABUDOWY WZDŁUŻ DRÓG .....	46
4.2. METODY OCHRONY PRZECIWHAŁASOWEJ .....	56
4.3. POMIAR HAŁASU ŚRODOWISKOWEGO WRAZ Z NIEPEWNOŚCIĄ POMIAROWĄ .....	58
4.4. MODELOWANIE MAP HAŁASU .....	61
5. METODOLOGIA BADAWCZA.....	64
5.1. WYBÓR UKŁADÓW DROGOWYCH .....	64
5.2. POMIAR NATEŻENIA RUCHU I POMIAR HAŁASU .....	68
5.2.1 METODOLOGIA POMIARÓW RUCHU .....	70
5.2.2 METODOLOGIA POMIARÓW HAŁASU.....	70
5.3. WYNIKI POMIARÓW .....	96
5.3.1 WYNIKI POMIARU RUCHU .....	97
5.3.2 WYNIKI POMIARU HAŁASU .....	99
5.4. MAPY HAŁASU .....	101

5.5.	OCENA RYZYKA SZKODLIWEGO DZIAŁANIA HAŁASU.....	102
6.	ANALIZA PROGNOZOWANEGO I RZECZYWISTEGO RUCHU DROGOWEGO ORAZ JEGO WPŁYW NA WSKAŹNIKI OPISUJĄCE HAŁAS.....	104
6.1.	WYNIKI POMIARÓW WŁASNYCH .....	105
6.2.	WYNIKI OSZACOWANYCH PROGNOZ NATĘŻENIA RUCHU POJAZDÓW	110
6.3.	WYNIKI GENERALNEGO POMIARU RUCHU (GPR).....	115
6.4.	ZMIERZONE ORAZ PROGNOZOWANE NATĘŻENIA RUCHU I POZIOMY HAŁASU .....	115
6.5.	OCENA WYPŁYWU HAŁASU NA ZDROWIE .....	125
7.	WNIOSKI .....	137

# 1. WPROWADZENIE

## 1.1. PROBLEMATYKA HAŁASU DROGOWEGO

Transport drogowy jest jednym z głównych źródeł hałasu środowiskowego w Europie [24]. Jak podkreśla Europejska Agencja Środowiska [117] prawie 140 milionów ludzi narażonych jest na hałas w ciągu dnia, wieczoru i nocy, który przekracza 55 dB(A), a 80% z tych ludzi narażonych jest na bezpośrednie działanie hałasu drogowego. Hałas ten nie tylko oddziałuje w sposób negatywny na zdrowie człowieka, prowadząc do zaburzeń snu [61], problemów z uczeniem się [49], nadciśnienia czy choroby niedokrwiennej serca [3], ale również ma istotnie znaczenie ekonomiczne wpływając na ceny gruntów czy ceny wynajmu mieszkań w sąsiedztwie źródeł hałasu [44]. Przykładem są badania prowadzone przez Blume i inni [10], którzy analizując wpływ hałasu ulicznego na sen dzieci, stwierdzili, że hałas istotnie skraca ich sen. W innych badaniach przeprowadzonych w Danii, Cantuaria z zespołem [18] zauważyli korelację pomiędzy narażeniem na ruch drogowy i hałas kolejowy a wystąpieniem demencji u około 2 mln osób w wieku powyżej 60 lat. Wyniki badań określających wpływ hałasu na zdrowie człowieka są jednak niejednoznaczne. Przykładowo Seidler ze współpracownikami [82] stwierdzili, że istnieje liniowa zależność pomiędzy hałasem drogowym a ryzykiem wystąpienia niewydolności serca w rejonie Frankfurtu (Niemcy), wskazując jednocześnie, że ryzyko to wzrasta o 2,4% na każde 10 dB zwiększonego hałasu. Wyniki przeciwne otrzymał Dzhambov z zespołem [25], którzy analizując wpływ narażenia na hałas (w przeliczeniu na  $L_{den}$ ) na ciśnienie krwi dzieci mieszkających w alpejskich dolinach, nie stwierdzili związku przyczynowo – skutkowego pomiędzy nimi. Wielu badaczy wskazuje jednak na możliwe występowanie u ludzi innych powikłań związanych z ekspozycją na wysoki poziom hałasu, takie jak rozdrażnienie, szum w uszach, czasowa i trwała utrata słuchu [85], zwiększenie grubości błony wewnętrznej tętnicy szyjnej powodujące ryzyko udaru mózgu i choroby wieńcowej [38] czy też powikłania ciążowe [73]. Mając na uwadze powyższe przesłanki [72], Wspólnota Europejska nałożyła dyrektywę 2002/49/WE, która odnosi się do oceny i zarządzania poziomem hałasu w środowisku i nakazuje okresowo monitorować poziom hałasu, szczególnie na obszarach chronionych. Należy także zauważyć, że pomimo negatywnego wpływu hałasu na jakość życia oraz zdrowie człowieka, to jednak bliskość dróg zwiększa, na poziomie globalnym, dostępność ludzi do wielu zasobów życia [1].

Metod szacowania narażenia ludzi na hałas pochodzący z ruchu drogowego jest wiele [59]. Murphy i King [60] badali problematykę metod obliczeniowych i metod mapowania. Jedną z metod ograniczania hałasu jest odpowiednie projektowanie dróg. Wyniki badań [52] pokazują, że zwiększenie liczby pasów ruchu zwiększa intensywność hałasu, ale zmniejsza jego amplitudę. Wpływ sieci dróg na hałas środowiskowy jest tematem wielu badań. Przykładowo Ryu i inni [78] wskazali na pozytywny związek między gęstością powierzchni dróg i hałasem drogowym, przecząc tym samym wcześniejszym badaniom przeprowadzonym przez innych badaczy [79]. Poza odpowiednim projektowaniem sieci dróg hałas można obniżyć za pomocą cichych nawierzchni [27]. W wielu badaniach pokazano, że hałas z ruchu drogowego jest złożonym zjawiskiem powiązanim z jednostką napędową, aerodynamiką oraz interakcją opony z nawierzchnią [75]. Kontakt opony z nawierzchnią drogową działa jako źródło dźwięku kombinowanego zjawiskiem aerodynamicznym i wibrodynamicznym [48]. W bieżniku toczony opony uwięzione jest sprężone powietrze, które dla częstotliwości wyższej niż 1000 Hz powoduje hałas aerodynamiczny [97], zwany pompowaniem powietrza. Innym mechanizmem aerodynamicznym występującym podczas styku opony z nawierzchnią jest rezonans Hemholtza [14]. Dla częstotliwości niższych niż 1000 Hz mamy do czynienia z hałasem wibrodynamicznym spowodowanym uderzeniami opony o nierówności drogi [43]. Często jako cichą nawierzchnię drogową stosuje się porowaty asfalt bądź różne specjalne mieszanki asfaltowe [87, 62].

Pomiary hałasu można wykonywać in situ bezpośrednio na miejscu, jednak wysokie koszty, związane z aparaturą pomiarową, zatrudnieniem ludzi i koniecznością monitorowania ogromnego obszaru, sprawiają, że w większości przypadków nie są one zrównoważone. Można zatem stwierdzić, że monitoring hałasu w czasie ciągłym i rzeczywistym jest niezmiernie trudnym przedsięwzięciem. Alternatywną metodą służącą do prognozowania poziomu hałasu w dowolnym punkcie jest zastosowanie modeli hałasu drogowego RTNM (Road Traffic Noise Models) [90, 77, 33]. Modele te na ogół łączą model emisji hałasu NEM (Noise Emission Model), który jest w stanie oszacować poziom mocy akustycznej źródła dźwięku  $L_N$ , oraz model propagacji, który przekształca te informacje na równoważny ciągły poziom ciśnienia akustycznego z korekcją A ( $L_{Aeq}$ ) w mierniku [71]. Do modelu RTNM jako dane wejściowe wprowadza się informacje takie jak:



- natężenie ruchu według kategorii pojazdów;
- średnią prędkość ruchu [17] (w niektórych przypadkach można wykorzystać prędkość każdego pojazdu z potoku ruchu [36, 23]);
- nachylenie drogi i odległość źródła od odbiornika [33];
- dane meteorologiczne (temperatura powietrza, wilgotność, prędkość wiatru) [42].

Pomimo tego, że RTNM mogą być bardzo precyzyjne, to brak dokładnych danych wejściowych czasami utrudnia zastosowanie właściwego modelu.

## 1.2. DROGI KRAJOWE I MONITRING HAŁASU WOKÓŁ NICH – PODSTAWY PRAWNE MONITORINGU

W 2001 roku przyjęto ustawę Prawo ochrony środowiska (Dz.U.2001 Nr 62 poz. 627 z późn. zmianami), wraz z którą określone zostały zasady i warunki korzystania z zasobów środowiska, z uwzględnieniem wymagań zrównoważonego rozwoju [120]. Na podstawie tego prawa, w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska dokonuje się oceny stanu akustycznego środowiska i prowadzi obserwację jego zmian z uwzględnieniem wyników pomiarów poziomów hałasu, które określa się wskaźnikami  $L_{DWN}$  i  $L_N$ . Wskazana ustawa [102] nakłada również na prezydentów miast aglomeracji powyżej 100 tys. mieszkańców obowiązek sporządzania raz na 5 lat map akustycznych. W artykule [119] wyżej wymienionej ustawy wskazano, że mapy akustyczne składają się z części opisowej i części graficznej. Część opisowa zawiera w szczególności: 1) dane podmiotu lub organu i wykonawcy mapy, 2) charakterystykę terenu, dla której jest sporządzana mapa, 3) identyfikację i charakterystykę źródeł hałasu, 4) uwarunkowania akustyczne wynikające z dokumentów planistycznych, w szczególności z miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego, 5) metody i dane wykorzystane do wykonania obliczeń akustycznych, 6) zestawienie wyników pomiarów wykonanych na potrzeby sporządzenia mapy, 7) wskazanie terenów zagrożonych hałasem, 8) wskazanie danych liczbowych dotyczących ludności narażonej na hałas, 9) analizę kierunków zmian stanu akustycznego środowiska, 10) wyniki analiz rozkładu hałasu, 10a) ocenę szkodliwych skutków hałasu, 11) propozycję działań w zakresie ochrony przed hałasem, 12) oszacowanie efektów planowanych działań w zakresie ochrony przed hałasem, 13) informacje o opracowanych i wdrożonych programach ochrony środowiska przed hałasem oraz oszacowanie efektów zrealizowanych działań w zakresie ochrony przed

hałasem, 14) streszczenie części opisowej sporządzone w języku niespecjalistycznym. Część graficzna jest sporządzona w postaci zbiorów danych przestrzennych i zawiera w szczególności mapę: 1) emisyjną, która charakteryzuje hałas emitowany z poszczególnych źródeł hałasu, 2) imisyjną, która charakteryzuje stan akustyczny środowiska, 3) terenów zagrożonych hałasem, która charakteryzuje tereny, na których przekroczone są dopuszczalne poziomy hałasu określone wskaźnikami  $L_{DWN}$  lub  $L_N$ , a ponadto przedstawia przewidziane rezultaty działań w zakresie ochrony przed hałasem.

Szczegółowe metodyki prowadzenia pomiarów hałasu zawiera rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2014 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji oraz pomiarów ilości pobieranej wody. W Tabeli 1.1. przedstawiono zestawienie dopuszczalnych wartości poziomów hałasu drogowego.

**Tabela 1.1.** Dopuszczalne poziomy hałasu w środowisku w odniesieniu do dróg i linii kolejowych, wyrażone wskaźnikami LDWN, LN, Leq, D, LAeq, N zgodnie z aktualnymi przepisami.

Lp.	Rodzaj terenu	Dopuszczalny poziom hałasu w [dB]							
		Drogi lub linie kolejowe <sup>1)</sup>							
		Do 23.10.2012 Dz. U. 2007, nr 120, poz. 826				od 24.10.2012 Dz. U. 2012, poz. 1109			
		LAeqD	LAeqN	LDWN	LN	LAeqD	LAeqN	LDWN	LN
1	Strefa ochronna „A” uzdrowiska	50	45	50	45	50	45	50	45
2	Tereny szpitali poza miastem								
3	Tereny zabudowy związanej ze stałym lub czasowym pobytem dzieci i młodzieży <sup>2)</sup>	55	50	55	50	61	56	64	59
4	Tereny domów opieki społecznej								
5	Tereny szpitali w miastach								
6	Tereny zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej								
7	Tereny zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej i zamieszkania zbiorowego	60	50	60	50	65	56	68	59
8	Tereny zabudowy zagrodowej								
9	Tereny rekreacyjno- wypoczynkowe <sup>2)</sup>								
10	Tereny mieszkaniowo- usługowe								
11	Tereny w strefie śródmiejskiej miast powyżej 100 tys. mieszkańców <sup>3)</sup>	65	55	65	55	68	60	70	65

<sup>1)</sup> Wartości określone dla dróg i linii kolejowych stosuje się także dla torowisk tramwajowych poza pasem drogowym i kolei linowych.

<sup>2)</sup> W przypadku niewykorzystywania tych terenów, zgodnie z ich funkcją, w porze nocy, nie obowiązuje na nich dopuszczalny poziom hałasu w porze nocy.

<sup>3)</sup> Strefa śródmiejska miast powyżej 100 tys. mieszkańców to teren zwartej zabudowy mieszkaniowej z koncentracją obiektów administracyjnych, handlowych i usługowych. W przypadku miast, w których występują dzielnice o liczbie mieszkańców pow. 100 tys., można wyznaczyć w tych dzielnicach strefę śródmiejską, jeżeli charakteryzuje się ona zwartą zabudową mieszkaniową z koncentracją obiektów administracyjnych, handlowych i usługowych.

Rosnąca długość dróg oraz liczba zarejestrowanych pojazdów samochodowych sprawia, że problem hałasu drogowego dotyka nie tylko mieszkańców miast, ale także obszarów pozamiejskich sąsiadujących z drogami [67].

*Tabela 1.2. Drogi publiczne ogółem według kategorii dróg i rodzajów nawierzchni.  
Stan w dniu 31 grudnia 2021 r. [125]*

KATEGORIE DRÓG		Ogółem	O nawierzchni twardej			O nawierzchni gruntowej
			suma	ulepszonej	nieulepszonej	
w kmilometrach						
urban	2021	71 098,5	62 321,3	60 358,6	1 962,7	8 777,2
zamiejskie	2020	359 210,9	251 608,5	231 872,1	19 736,4	107 602,4
non-urban	2021	358 717,1	253 191,8	233 430,0	19 761,8	105 525,3
Krajowe	2020	19 477,4	19 477,2	19 473,8	3,4	0,2
National	2021	19 498,1	19 498,1	19 491,0	7,1	-
miejskie	2020	4 148,4	4 148,2	4 146,0	2,2	0,2
urban	2021	4 118,4	4 118,4	4 112,5	5,9	-
zamiejskie	2020	15 329,0	15 329,0	15 327,8	1,2	-
non-urban	2021	15 379,7	15 379,7	15 378,5	1,2	-
Wojewódzkie	2020	29 164,2	29 126,7	29 094,4	32,3	37,5
Regional	2021	29 382,6	29 347,4	29 315,3	32,1	35,2
miejskie	2020	4 777,1	4 774,5	4 768,8	5,7	2,6
urban	2021	4 860,0	4 857,6	4 852,1	5,5	2,4
zamiejskie	2020	24 387,1	24 352,2	24 325,6	26,6	34,9
non-urban	2021	24 522,6	24 489,8	24 463,2	26,6	32,8
Powiatowe	2020	124 421,8	115 131,5	112 079,2	3 052,3	9 290,3
District	2021	124 399,0	115 385,8	112 307,1	3 078,7	9 013,2
miejskie	2020	13 441,9	13 185,5	13 071,7	113,8	256,4
urban	2021	13 445,2	13 199,3	13 090,6	108,7	254,9
zamiejskie	2020	110 979,9	101 946,0	99 007,5	2 938,5	9 033,9
non-urban	2021	110 953,8	102 186,5	99 216,5	2 970,0	8 767,3
Gminne	2020	257 203,9	149 813,5	131 146,5	18 667,0	107 390,4
Communal	2021	256 535,9	151 281,8	132 675,2	18 606,6	105 254,1
miejskie	2020	48 689,0	39 832,2	37 935,3	1 896,9	8 856,8
urban	2021	48 674,9	40 146,0	38 303,4	1 842,6	8 528,9
zamiejskie	2020	208 514,9	109 981,3	93 211,2	16 770,1	98 533,6
non-urban	2021	207 861,0	111 135,8	94 371,8	16 764,0	96 725,2

Źródło: dane Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad.  
Source: data of the General Directorate for National Roads and Motorways.

Drogi publiczne można podzielić na klasy:

A – autostrady;

S – drogi ekspresowe;

GP – drogi główne ruchu przyspieszonego;

G – drogi główne;

Z – drogi zbiorcze;

L – drogi lokalne;

D – drogi dojazdowe.

Tak podzielone drogi wchodzą w skład uregulowań urbanistycznych w Polsce. Jak zauważył w swoim doktoracie Piotr Buczek [15] brak jest dobrych uregulowań prawnych, które mogłyby porządkować procesy chaotycznej urbanizacji [93, 92, 100, 101], z którymi mamy do czynienia np. w sytuacji pomieszczenia zabudowy mieszkaniowej wrażliwej na hałas, z zabudową przemysłową, gospodarczo-magazynową czy też komercyjną, które z kolei są na hałas niewrażliwe. Jako kolejną przyczynę niekorzystnego wzajemnego oddziaływania drogi i zabudowy, doktor Buczek wskazał brak dobrze ukształtowanych lokalnych sieci dróg obsługujących zabudowę oraz brak jednoznacznych ograniczeń dotyczących dostępności do dróg klas GP i G.

Oczywistym jest, że ciągle rosnąca sieć dróg wiąże się z problemem zwiększenia ochrony przed hałasem, która polega na zapewnieniu jak najlepszego stanu akustycznego środowiska, m.in. poprzez:

- utrzymanie poziomu hałasu poniżej dopuszczalnego lub co najmniej na tym poziomie;
- zmniejszenie poziomu hałasu co najmniej do dopuszczalnego, gdy nie jest on dotrzymany.

W ocenie hałasu pomagają nam odpowiednio zdefiniowane wskaźniki hałasu, którymi są parametry hałasu określone poziomem dźwięku A wyrażonym w decybelach (dB). Do takich wskaźników zaliczamy:

1. Wskaźniki długookresowe – mające zastosowanie do prowadzenia długookresowej polityki w zakresie ochrony środowiska przed hałasem:
  - a)  $L_{DWN}$  – długookresowy średni poziom dźwięku A wyrażony w decybelach, wyznaczony w ciągu wszystkich dób w roku, z uwzględnieniem pory dnia (rozumianej jako przedział czasu od godziny 6:00 do godziny 18:00), pory wieczoru (rozumianej jako przedział czasu od godziny 18:00 do godziny 22:00) oraz pory nocnej (rozumianej jako przedział czasu od godziny 22:00 do godziny 6:00),
  - b)  $L_N$  – długookresowy średni poziom dźwięku A wyrażony w decybelach, wyznaczony w ciągu wszystkich pór w roku (rozumianych jako przedział czasu od godziny 22:00 do godziny 6:00).
2. Wskaźniki krótkookresowe – mające zastosowanie do ustalania i kontroli warunków korzystania ze środowiska w odniesieniu do jednej doby:

- a)  $L_{AeqD}$  – równoważny poziom dźwięku A dla pory dnia (rozumianej jako przedział czasu od godziny 6:00 do godziny 22:00),
- b)  $L_{AeqN}$  – równoważny poziom dźwięku dla pory nocy (rozumianej jako przedział czasu od godziny 22:00 do godziny 6:00).

### 1.3. CEL I UZASADNIENIE PODJĘCIA TEMATU

Podstawowym parametrem opisującym hałas drogowy jest równoważny poziom dźwięku  $L_{eq}$ . Różne modyfikacje tego parametru doprowadziły do zdefiniowania takich poziomów jak  $L_D$ ,  $L_N$ ,  $L_W$ ,  $L_{DWN}$ . Każdy z tych poziomów uzależniony jest od natężenia ruchu drogowego. Jednym z ważniejszych parametrów tego natężenia jest tzw. SDR, czyli Średni Dobowy Ruch, który może być oparty zarówno na pomiarach ciągłych jak i krótkotrwałych. Transportowanie wyników pomiarów krótkotrwałych do SDR obarczone jest dużym ryzykiem popełnienia błędu związanego ze zróżnicowaniem wahań natężenia ruchu na różnych odcinkach drogi a także czynnikami natury losowej. Nie jest też znana reprezentatywność typowych profili natężenia ruchu w ciągu roku i w ciągu tygodnia w odniesieniu do analizowanego odcinka drogi. Dodatkowo brak jest typowych dobowych profili zmienności ruchu. Kolejnym problemem jest określenie godzinowego natężenia ruchu dla potrzeb eksploatacji dróg. Nie podaje się również szczegółowej charakterystyki zbioru największych godzinowych natężeń ruchu w roku uzasadniającej przyjmowane statystyki pozycyjne oraz jednorodność ruchową odcinków. To wszystko wpływa na szacowanie hałasu drogowego a także sporządzanie wiarygodnych map akustycznych.

Do podjęcia tematu badań skłoniły autora następujące przesłanki:

- poziomy hałasu i strategiczne mapy hałasu opierają się na zbyt ogólnych profilach zmienności ruchu służących do transponowania natężenia dobowego na SDR,
- trudności prognozowania hałasu spowodowane brakiem profili zmienności sezonowej i tygodniowej dla grup pojazdów ciężkich,
- trudności z prognozowaniem hałasu ze względu na brak analiz dotyczących zmienności profili ruchu w kolejnych latach,

- trudności z prognozowaniem hałasu z powodu braku charakterystyki dobowej zmienności ruchu w powiązaniu z charakterem ruchu oraz cechami drogi i jej otoczenia,
- trudności z prognozowaniem hałasu spowodowane brakiem szczegółowej charakterystyki zbioru największych godzinowych natężeń w roku obejmującej strukturę kierunkową, udział pojazdów ciężkich czy okres ich występowania (dzień tygodnia, miesiąc w roku, godzina w dobie).

Z tak przedstawionego uzasadnienia wynika główny cel pracy, którym jest **ocena różnych sposobów szacowania natężenia ruchu drogowego, który ściśle wiąże się z poziomem hałasu oraz ryzykiem narażenia ludzi na jego negatywne skutki zdrowotne.**

#### 1.4. TEZA, ZAKRES I CELE PRACY

Teza pracy:

**Różne sposoby szacowania natężenia ruchu drogowego, metodą wskaźnikową, GPR-em i pomiarami rzeczywistymi prowadzonymi równocześnie z analizą poziomu hałasu, wpływają na wartość wskaźników i propagację hałasu wyrażaną na mapach akustycznych, a w efekcie końcowym wpływają na szacowanie ryzyka wystąpienia szkodliwych skutków hałasu, w postaci jego znaczącej uciążliwości i znaczących zaburzeń snu oraz ilością ludzi na nie narażonych.**

Weryfikację założonej tezy przeprowadzono w kilku etapach, opierając się o wyniki uzyskane dla 4 odcinków drogowych, na których zlokalizowano w sumie 9 punktów referencyjnych oraz 27 dodatkowych punktów pomiarowych. W pierwszym z nich, w oparciu o wyniki pomiarów własnych, z wykorzystaniem metody wskaźnikowej, która uwzględnia wzrost Produktu Krajowego Brutto PKB i współczynnik elastyczności  $W_e$ , oszacowano natężenia ruchu pojazdów w następnych latach. Zestawiono je z pomiarami Generalnego Pomiaru Ruchu (GPR) oraz wynikami kolejnych pomiarów własnych. Na tej podstawie scharakteryzowano różnice pomiędzy prognozowanym a rzeczywistym natężeniem ruchu. Drugim celem pracy było wykonanie map akustycznych opartych zarówno o parametry zaprognozowane jak i o pomiary przeprowadzone in situ, które pozwoliły na estymację wartości wskaźników długookresowych  $L_{DWN}$  i  $L_N$ . W ostatnim

etapie pracy podjęto ocenę szkodliwych dla zdrowia skutków hałasu w aspekcie jego znaczącej uciążliwości HA (high annoyance) i wywoływanych przez niego znaczących zaburzeń snu HSD (high sleep disturbance), a także liczby osób narażonych na te niedogodności. Ocenę przeprowadzono dla każdego z analizowanych wariantów prognostycznych i rzeczywistych dla jednego wybranego odcinka drogi.

Rozprawa doktorska składa się z 7 rozdziałów oraz spisu literatury. Pierwszy rozdział zawiera ogólne informacje na temat genezy oraz celów pracy. Przedstawiono w nim również tezę pracy. Rozdział drugi zawiera definicje wskaźników oceny hałasu. W rozdziale tym przedstawiono także matematycznie wyprowadzone zależności między wskaźnikami a także same podstawy ich powstawania. Ponadto pokazano wskaźniki wpływu wskaźników długookresowych na uciążliwość hałasu dla ludzi. Rozdział drugi zakończony został modelami prognozowania ruchu drogowego. Rozdział trzeci, to analiza stanu wiedzy. W rozdziale tym omówiono modele i wskaźniki hałasu. Pokazano modele zależne od prędkości pojazdów z uwzględnieniem ich podziału na lekkie, średnie i ciężkie. Dalej omówiono wpływ hałasu na zdrowie z uwzględnieniem badań przeprowadzanych w tym zakresie na świecie. W rozdziale czwartym omówiono wpływ układu dróg względem zabudowy na hałas w środowisku. Dokonano w tym rozdziale klasyfikacji układów drogowych i pokazano schematy zabudowy wzdłuż dróg. Przedstawiono podstawowe definicje poczynając od tej opisującej pas drogowy, drogę a kończąc na definicji autostrady i drogi ekspresowej. W rozdziale czwartym omówiono również metody ochrony przeciwhałasowej, metodykę pomiaru hałasu wraz z szacowaniem niepewności pomiarowej. Rozdział zakończono opisem założeń modelowania map akustycznych. W rozdziale piątym opisano metodologię badawczą. Zdefiniowano przy tym wybór układów drogowych, które przyjęto do badań i analiz. Omówiono metodykę pomiaru i szacowania natężenia ruchu a także metodykę pomiaru hałasu. W rozdziale piątym opisano również postępowanie z wynikami pomiarów oraz sposób modelowania rozprzestrzeniania się hałasu drogowego w zależności od przyjętej prognozy natężenia ruchu. W rozdziale szóstym, uzyskane wyniki pomiarów, poddano analizie prognozowany ruch drogowy i jego wpływ na wskaźniki zdrowotne. Rozdział siódmy zawiera podsumowanie i wnioski. Ponadto do pracy dołączono dwa załączniki. Pierwszy z nich charakteryzuje pomiarowe punkty dodatkowe, natomiast w drugim przedstawiono kilka, przykładowych map hałasu wykonanych na podstawie wyników uzyskanych dla autostrady A4.



## 2. PODSTAWOWE WZORY I DEFINICJE

### 2.1. POZIOM CIŚNIENIA AKUSTYCZNEGO I POZIOM DŹWIĘKU A

W identyfikacji zagrożeń akustycznych posługujemy się zmienną stanu opisywaną decybelową miarą zapisaną w postaci:

$$L_p = 10 \log \frac{p_{RMS}^2}{p_0^2} \quad (2.1)$$

gdzie:

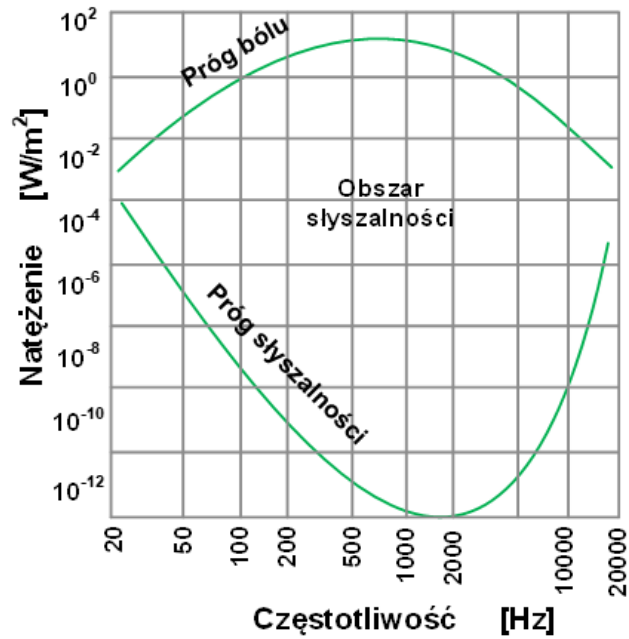
$p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Pa - ciśnienie odniesienia

$$p_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T p^2(t) dt} \quad (2.2)$$

W przypadku oceny hałasu drogowego czas uśredniania wynosi  $T = 0,125$  s, co odpowiada stałej czasowej FAST.

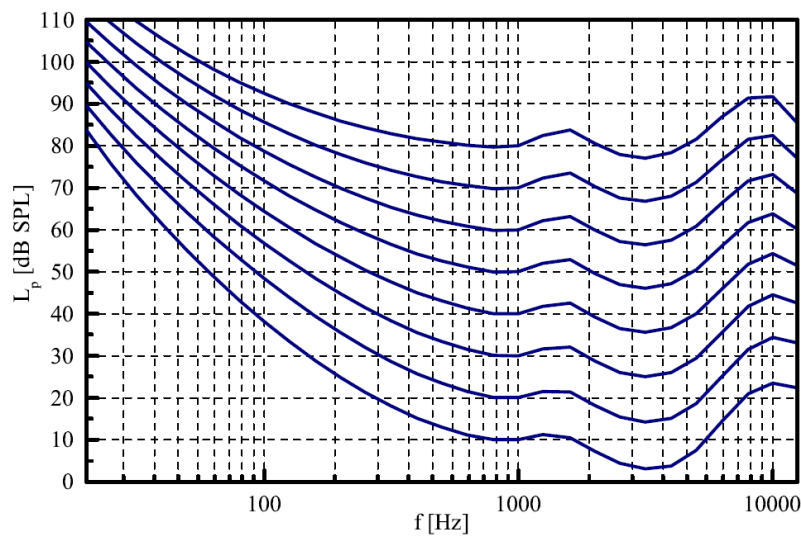
Miara opisana wzorem (2.1) nie ma sensu i wymiaru fizycznego, lecz jest decybelowym kwantyfikatorem. Opisuje on warunki percepcji zaburzeń akustycznych  $p(t)$  przez człowieka w sposób zgodny z psycho-fizycznym prawem Webera Fechnera [54, 55], które wpływają na jego samopoczucie i powodują możliwość, w określonych warunkach, zaistnienia w jego organizmie określonych jednostek chorobowych. Prawo Webera Fechnera mówi, że wrażenie słuchowe jest proporcjonalne do logarytmu natężenia bodźca odniesionego do natężenia bodźca progowego. Dla oceny hałasu miarą bodźca jest natężenie dźwięku, które jest proporcjonalne do średniego kwadratu ciśnienia akustycznego a odwrotnie proporcjonalne do kwadratu odległości od źródła (w polu dalekim).

Słyszalność dźwięku zależy nie tylko od jego natężenia, ale również od pasma częstotliwości, co zobrazowano na Rysunku 2.1.



Rysunek 2.1. Zakres natężeń, które ucho ludzkie może odbierać

W związku z zakresem natężenia dźwięku, które odbiera ucho ludzkie można zauważyć, że tony o tym samym poziomie ciśnienia akustycznego, lecz różnej częstotliwości, nie są odczuwalne jako równo głośne. Dokładnie obrazują to krzywe izofoniczne przedstawione na Rysunku 2.2.



Rysunek 2.2. Krzywe izofoniczne (ISI 226:2003)

Korzystając z Rysunku 2.2. można zauważyć, że ton o częstotliwości  $\omega_0$  i poziomie  $L_0$  jest tak samo głośny, jak ton o częstotliwości  $\omega_1$  jeśli ten drugi ma poziom  $L_0 + \Delta L_i$ , przy czym  $\Delta L_i$  zależy od  $L_0$  i  $\omega_0$  [54]. Ponadto na podstawie wzoru (2.1) można zapisać zależność:

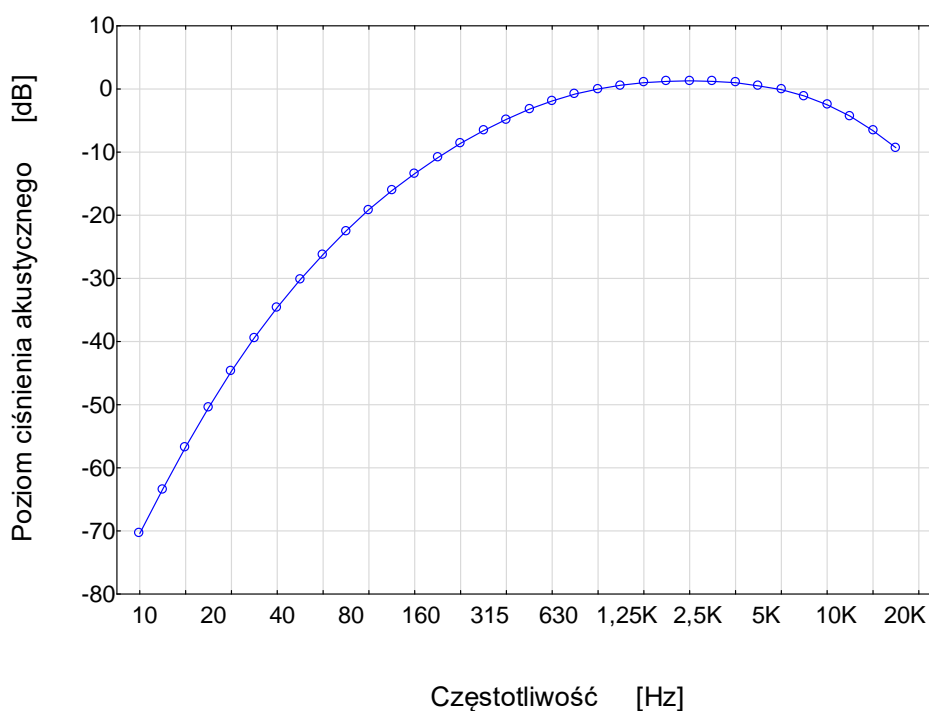
$$L_p = 10 \log \sum_i 10^{0,1L_i(t)} \quad (2.3)$$

gdzie  $L_i(t)$  są poziomami ciśnienia akustycznego związanego z i-tym pasmem. Zbiór zmiennych w czasie  $L_i(t)$  nosi nazwę widma chwilowego.

Uwzględniając te rozważania wprowadzono jako wskaźnik skorygowany w dziedzinie częstotliwości poziomu ciśnienia akustycznego miarę zwaną poziomem dźwięku:

$$L_p = 10 \log \sum_i 10^{0,1(L_i + \Delta L_i)} \quad (2.4)$$

Skorygowany poziom ciśnienia akustycznego hałasu zdefiniowany wzorem (2.4) nosi nazwę poziomu dźwięku, a jego jednostką jest decybel A, w skrócie dB (A). Na Rysunku 2.3 przedstawiono krzywą korekcyjną A.



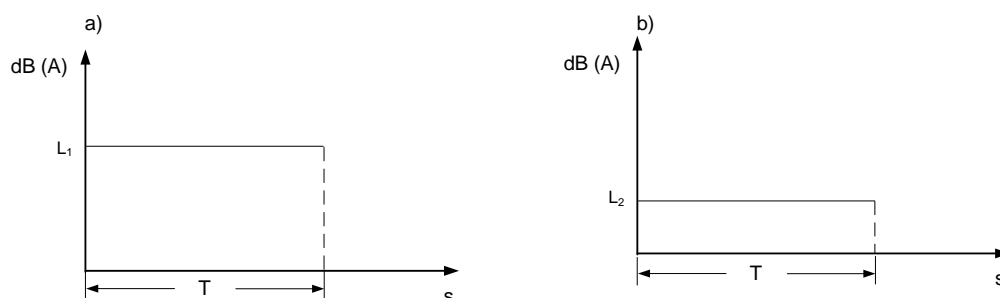
**Rysunek 2.3.** Krzywa częstotliwościowej charakterystyki korekcyjnej A

## 2.2. WSKAŹNIKI HAŁASU

### 2.2.1 POZIOM RÓWNOWAŻNY - $L_{eq}$

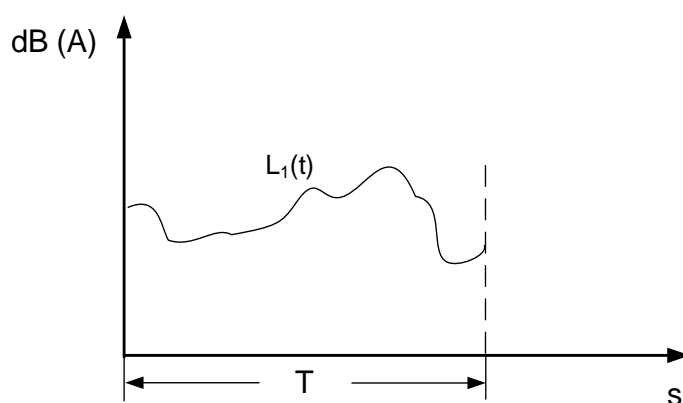
Jak pisze Makarewicz [54] poziom dźwięku jest chwilowym wskaźnikiem hałasu. Oznacza to, że za jego pomocą można ocenić dokuczliwość hałasu niezmiennego

w czasie. Przykład sygnału dźwiękowego niezmiennego w czasie przedstawiono na Rysunku 2.4.



**Rysunek 2.4.** Hałas o stałym w czasie poziomie dźwięku

W takim przypadku  $L_1 > L_2$ , czyli hałas o poziomie  $L_1$  jest bardziej dokuczliwy niż hałas o poziomie  $L_2$ . Problem staje się bardziej skomplikowany, gdy któryś z ocenianych poziomów dźwięku jest zmienny w czasie. Przykład sygnału dźwiękowego zmiennego w czasie przedstawiono na rysunku 2.5



**Rysunek 2.5.** Hałas o zmiennym w czasie poziomie dźwięku

Aby określić dokuczliwość takiego hałasu, należy określić zasadę przyporządkowania funkcji  $L_1(t)$  pewnej wartości liczbowej. Dopiero określona pewna zasada przyporządkowania będzie mogła być uznana za globalny wskaźnik oceny. Wyniki wielu dawno już wykonanych badań [7, 19, 37, 47, 53, 86] wykazują, że jednym z najlepszych globalnych wskaźników jest poziom równoważny  $L_{eq}$  określony wzorem:

$$L_{eq} = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T 10^{0,1L(t)} dt \quad (2.5)$$

Możemy zdefiniować go także w następujący sposób:

Definicja 1.

Równoważny poziom dźwięku  $A$  jest to wartość logarytmu ze średniej wartości energii akustycznej w czasie oceny  $T$ .

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left( \frac{1}{T} \int_0^T \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right) \quad (2.6)$$

### 2.3. WSKAŹNIKI KRÓTKOOKRESOWE I DŁUGOOKRESOWE

Przy ocenie narażenia na hałas należy wziąć pod uwagę fakt, iż człowiek narażony jest na hałas przez całą dobę. Zgodnie z zasadami pomiaru wyniki możemy rejestrować pomiarem ciągłym przez całą dobę lub metodą pomiarów ekspozycyjnych. Wykorzystując tę długą metodę dokonuje się podziału interwału  $T$  na odcinki czasu o długości  $T'$  dla których średni poziom dźwięku jest prawie taki sam. Dzieląc całą dobę na godzinowe odcinki czasu ( $T' = 1$  godzina) i wykorzystując wzór (2.5) możemy zapisać w następujący sposób:

$$L_{eq}^{24} = 10 \log \left( \frac{1}{T} \left[ (t_2 - t_1) \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} 10^{0,1L(t)} dt + \dots + (t_{24} - t_{23}) \frac{1}{t_{24} - t_{23}} \int_{t_{23}}^{t_{24}} 10^{0,1L(t)} dt \right] \right) \quad (2.7)$$

co można ująć w skrócony wzór:

$$L_{eq}^{24} = 10 \log \left( \frac{1}{24} \sum_{k=1}^{24} 10^{0,1L_{eq}(k)} \right) \quad (2.8)$$

przy czym  $L_{eq}(k) = \frac{1}{t_{k+1} - t_k} \int_{t_k}^{t_{k+1}} 10^{0,1L(t)} dt$  jest poziomem równoważnym hałasu dochodzącego do punktu obserwacji między godziną  $t_{k+1}$  i  $t_k$ .

Podobnie możemy zapisać korzystając ze wzoru (2.6)

$$\int_0^T \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt = \int_0^{t_1} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt + \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt + \dots + \int_{t_{k-1}}^{t_k=T} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \quad (2.9)$$

Na podstawie powyższych rozważań i Rozporządzenia Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 16 września 2021 r. poz. 1710 otrzymujemy:

$$L_{Aeqt} = 10 \log \left( \frac{1}{T} \sum_{j=1}^m t_j 10^{0,1L_{Aeqj}} \right) \quad (2.10)$$

gdzie:

$m$  – oznacza liczbę przedziałów czasu  $t_p$

$L_{Aeqj}$  – oznacza poziom  $L_{Aeq}$  dla  $j$ -tego przedziału czasu  $t_p$  lub  $j$ -tego źródła, w decybelach (dB),

$t_j$  – oznacza czas trwania  $j$ -tego przedziału czasu  $t_p$  lub czas pracy danego źródła, w sekundach (s)

$T$  – oznacza czas odniesienia, w sekundach (s).

Z punktu widzenia rozważań teoretycznych czas oceny  $T$  może być różnie ustalany. Jednak w większości przypadków realizowanych pomiarów nie przekracza on jednej doby, a Dyrektywa 2002/49/WE [109] opublikowana w 2002 roku określiła wskaźniki  $L_{DWN}$ ,  $L_D$ ,  $L_w$ ,  $L_N$ , jako obowiązujące i opierające się na poziomie równoważnym.

Już w latach siedemdziesiątych XX wieku udoskonalano wskaźnik opisany wzorem (2.8) wprowadzając wagi  $w_k$  do każdego ze składników sumy, otrzymując:

$$L_{eq}^{24} = 10 \log \left( \frac{1}{24} \sum_{k=1}^{24} w_k 10^{0,1L_{eq}(k)} \right) \quad (2.11)$$

W pracach Gierke [34] i Schultza [81] wprowadzono wagi  $w_k$ , (obowiązujące w przepisach prawa do dzisiaj), które oceniają stopień dokuczliwości hałasu o tej samej wartości  $L_{eq}(k)$  w porach dnia i nocy. Autorzy przyjęli dla dnia (7:00 – 22:00) wartość  $w_k = 1$  oraz dla nocy (22:00 – 7:00) wartość  $w_k = 10$ . Zatem przyjęto:

$$L_{DN} = 10 \log \frac{1}{24} \left( 15 \cdot 10^{0,1L_D} + 9 \cdot 10^{0,1(L_N+10)} \right) \quad (2.12)$$

Obecnie obowiązujące przepisy [104, 76] definiują dodatkowo parametr  $L_w$  dla którego waga jest średnikiem przedziału pomiędzy 1 i 10 oraz  $L_{DWN}$ , czyli średnioroczny wskaźnik dziennie-wieczorno-nocy:

$$L_{DWN} = 10 \log \left( \frac{12}{24} \cdot 10^{0,1L_D} + \frac{4}{24} \cdot 10^{0,1(L_W+5)} + \frac{8}{24} \cdot 10^{0,1(L_N+10)} \right) \quad (2.13)$$

gdzie:

$L_D$  – długookresowy średni poziom dźwięku A wyznaczony w ciągu wszystkich pór dnia całego roku (rozumianych jako przedział czasu od godziny 6:00 do godziny 18:00),

$$L_D = 10 \log \left( \frac{1}{365} \cdot \sum_{i=1}^{365} 10^{0,1L_{Aeq,D}^i} \right) \quad (2.14)$$

$L_W$  – długookresowy średni poziom dźwięku A wyznaczony w ciągu wszystkich pór wieczoru całego roku (rozumianych jako przedział czasu od godziny 18:00 do godziny 22:00),

$$L_W = 10 \log \left( \frac{1}{365} \cdot \sum_{i=1}^{365} 10^{0,1L_{Aeq,W}^i} \right) \quad (2.15)$$

$L_N$  – długookresowy średni poziom dźwięku A wyznaczony w ciągu wszystkich pór nocy całego roku (rozumianych jako przedział czasu od godziny 22:00 do godziny 6:00),

$$L_N = 10 \log \left( \frac{1}{365} \cdot \sum_{i=1}^{365} 10^{0,1L_{Aeq,N}^i} \right) \quad (2.16)$$

Wskaźnik określony wzorem (2.9) nazywany jest długookresowym wskaźnikiem oceny stanu środowiska akustycznego [6].

## 2.4. ZWIĄZEK MIĘDZY WSKAŹNIKAMI DŁUGOOKRESOWYMI I KRÓTKOOKRESOWYMI

Rozważania przeprowadzone w poprzednich rozdziałach odnoszące się do określenia poziomu emisji hałasu w środowisku usankcjonowano w akcie prawnym [105].

Poziom emisji hałasu  $L_{Aeq}$  w przedziale czasu  $t_p$  otrzymuje się na podstawie wzoru:

$$L_{Aeq} = 10 \log \left( 10^{0,1L_{sr}} - 10^{0,1L_t} \right) \quad (2.17)$$

gdzie:

$L_{Asr}$  – oznacza średni poziom dźwięku w przedziale  $t_p$  przy czym

$$L_{Asr} = 10 \log \left( \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n 10^{0,1L_{Ak}} \right), \quad n - \text{liczba próbek w serii pomiarowej,}$$

$L_{Ak}$  – zmierzony poziom dźwięku w czasie  $t_0$  (wynik pomiaru próbki hałasu)

$L_{At}$  – oznacza średni poziom tła akustycznego w dB.

W efekcie końcowym obliczamy poziom hałasu  $L_{AeqT}$  w punkcie pomiarowym, wyrażony równoważnym poziomem dźwięku A dla czasu odniesienia T”

$$L_{AeqT} = 10 \log \left( \frac{1}{T} \sum_{j=1}^m t_j 10^{0,1L_{Aekj}} \right) \quad (2.18)$$

gdzie:

$m$  – oznacza liczbę przedziałów czasu  $t_p$

$L_{Aekj}$  – oznacza poziom  $L_{Aek}$  dla  $j$ -tego przedziału czasu  $t_p$  w decybelach

$t_j$  oznacza czas trwania  $j$ -tego przedziału czasu  $t_p$

$T$  – oznacza czas odniesienie

Tak przedstawione wzorami (2.17) – (2.18) zależności ściśle wiążą realizację pomiarów akustycznych i interpretację uzyskanych wyników ze wskaźnikami długookresowymi (2.12) – (2.13).

## 2.5. WSKAŹNIKI HAŁASU WPŁYWAJĄCE NA ZDROWIE

W Dyrektywie Komisji (UE) [110] opisano zbiór szkodliwych dla zdrowia człowieka skutków hałasu oraz metody oceny szkodliwych skutków hałasu w środowisku.

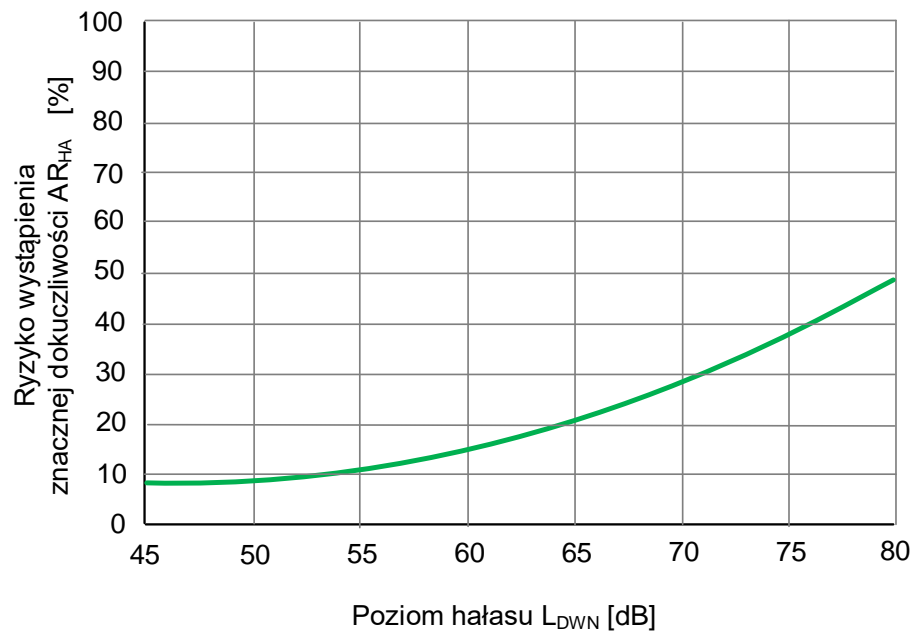
Zdefiniowany zbiór zawiera:

- chorobę niedokrwienną serca IHD (ischaemic heart disease);
- znaczną uciążliwość HA (high annoyance);
- znaczne zaburzenia snu HSD (high sleep disturbance).

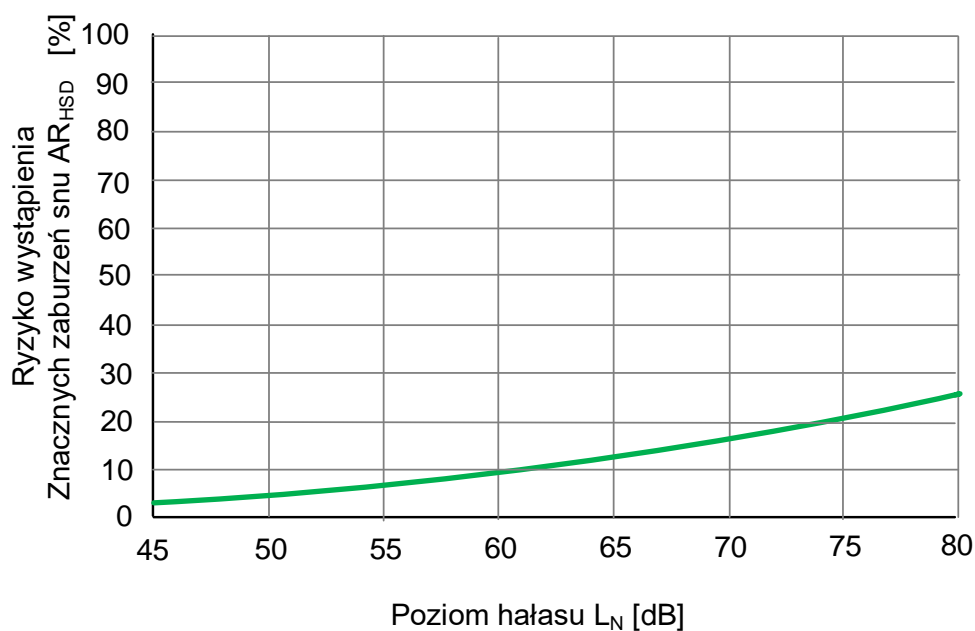
Określono, w aspekcie hałasu drogowego, że choroba niedokrwienna serca IHD oraz znaczna uciążliwość HA zależą bezpośrednio od długookresowego poziomu dźwięku



$L_{DWN}$  (2.13), natomiast znaczne zaburzenia snu HSD od wskaźnika  $L_N$  (2.16), wyznaczanych w strategicznych mapach hałasu [119]. Jak piszą autorzy opracowania [119] poziom hałasu obliczany i prezentowany w ramach strategicznych map hałasu jest obiektywną i fizyczną miarą energii akustycznej i miarą zanieczyszczenia środowiska, a jego wartości nie odwzorowują jednoznacznie percypowanych wrażeń i wywołanych nimi skutków hałasu. Szkodliwość hałasu uzależniona jest nie tylko od poziomu, ale także od jego charakteru powiązanego ze źródłem. Na Rysunkach 2.6 i 2.7 przedstawiono wpływ poziomu hałasu drogowego na ryzyko wystąpienia znacznej uciążliwości hałasu i znacznych zaburzeń snu.



**Rysunek 2.6.** Zależność pomiędzy absolutnym ryzykiem wystąpienia znacznej uciążliwości hałasu a poziomem  $L_{DWN}$  (na podstawie [119])



**Rysunek 2.7.** Zależność pomiędzy absolutnym ryzykiem wystąpienia znaczących zaburzeń snu a poziomem  $L_N$  (na podstawie [119])

Można również wyznaczyć dokładne wartości absolutnego ryzyka wystąpienia danego szkodliwego skutku hałasu.

Dla znaczącej dokuczliwości (HA) oraz dla znaczących zaburzeń snu (HSD) stosuje się wzór [119]:

$$AR_{HA, \text{drogowy}} = \frac{78,9270 - 3,1162 \cdot L_{DWN} + 0,0342 \cdot L_{DWN}^2}{100} \quad (2.19)$$

$$AR_{HSD, \text{drogowy}} = \frac{19,4312 - 0,9336 \cdot L_N + 0,0126 \cdot L_N^2}{100} \quad (2.20)$$

Opracowane zależności (2.19) i (2.20) z uwzględnieniem liczby osób żyjących w konkretnym budynku lub na pewnym obszarze, umożliwiają statystyczne wyznaczenie liczby osób dotkniętych danym szkodliwym skutkiem hałasu. W tym celu stosuje się wzory [119]:

$$N_{HA, \text{drogowy}} = n \cdot AR_{HA, \text{drogowy}} \quad (2.21)$$

$$N_{HSD, \text{drogowy}} = n \cdot AR_{HSD, \text{drogowy}} \quad (2.22)$$

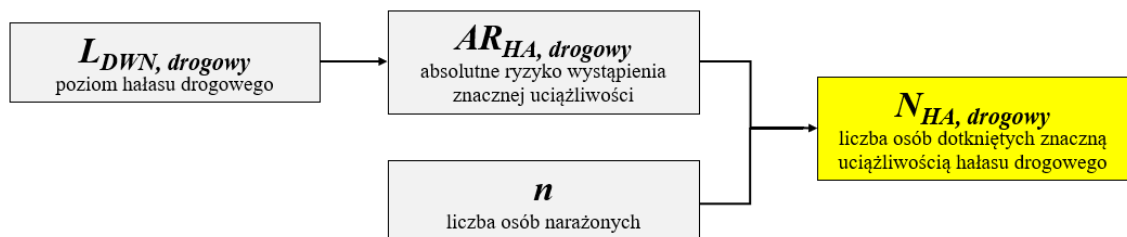
gdzie:

$N_{HA, \text{drogowy}}$  – liczba osób dotkniętych znaczącą dokuczliwością w skutek hałasu drogowego

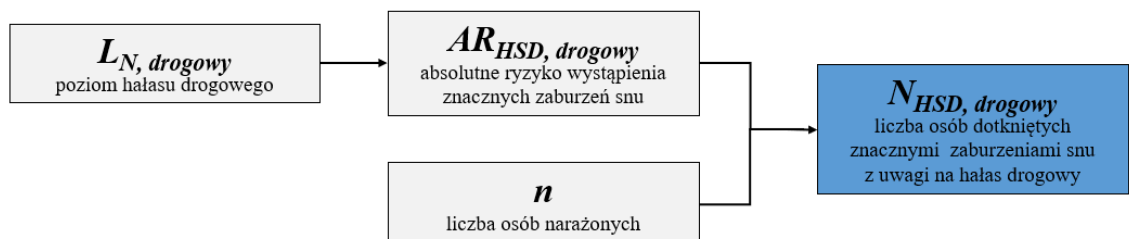
$N_{HSD, \text{drogowy}}$  – liczba osób dotkniętych znaczącym zaburzeniem snu w skutek hałasu drogowego

$n$  – liczba osób żyjąca w danym budynku lub na danym obszarze

Wskazane zależności pozwalają w strategicznej mapie hałasu określić miary szkodliwych skutków hałasu, co za autorami opracowania [119] można przedstawić schematycznie (Rysunek 2.8. i 2.9.)



**Rysunek 2.8.** Schemat określania liczby osób dotkniętych znaczącą uciążliwością hałasu drogowego [119]



**Rysunek 2.9.** Schemat określania liczby osób dotkniętych znaczącymi zaburzeniami snu spowodowanymi hałasem drogowym [119]

Dla szczegółowych analiz można obliczać miary szkodliwych skutków hałasu w odniesieniu do pojedynczego budynku. Jednak w celach statystycznych, w odniesieniu do większych terenów, czy całego obszaru objętego strategiczną mapą hałasu miary szkodliwych skutków wyznaczyć można w uproszczeniu korzystając ze wzorów [119]:

$$\begin{cases} N_{\text{drogowy}, HA} = \sum_j n_j \cdot AR_{j, \text{drogowy}, HA} \\ N_{\text{drogowy}, HSD} = \sum_j n_j \cdot AR_{j, \text{drogowy}, HSD} \end{cases} \quad (2.23)$$

gdzie:

$j$  – zakres poziomu hałasu ( $L_{DWN}$ : 55 dB-60 dB, 60 dB-65 dB, 65 dB-70 dB, 70 dB-75 dB i >75 dB; 50 dB – 55 dB, 55 dB – 60 dB, 60 dB – 65 dB, 65 dB – 70 dB i >70 dB)

$n_j$  – liczba osób ekspozowanych na  $j$  zakres poziomu hałasu

Dla każdego z analizowanych zakresów poziomów hałasu absolutne ryzyko wystąpienia danego szkodliwego skutku przyjmuje wartość środkową przedziału zakresu poziomów hałasu, z tym, że dla poziomu przekraczającego 75 dB przyjmujemy zawsze wartość 77,5 dB.

Kolejnym negatywnym skutkiem hałasu jest choroba niedokrwienna serca IHD. Łączną liczbę przypadków zachorowania na tę chorobę z powodu narażenia na hałas drogowy należy wyznaczyć korzystając z poniższego wzoru, ujętego w Dyrektywie 2020/367:

$$N_{IHD} = PAF \cdot I \cdot P \quad (2.24)$$

gdzie:

$I$  – wskaźnik zachorowalności na IHD,

$PAF$  – odsetek przypadków IHD wśród ludności narażonej na RR

$P$  – wielkość populacji danego obszaru (powiatu)

Podczas obliczania wskaźników zdrowotnych należy uwzględnić dane standaryzowane na 100 tys. mieszkańców. Zgodnie z Dyrektywą otrzymujemy wskaźnik:

$$I = \frac{\text{zapadalność standaryzowana na 100 tys. ludności}}{100\,000} \quad (2.25)$$

Przykładowo na podstawie Mapy Potrzeb Zdrowotnych za rok 2020 dla województwa śląskiego mamy:

**Chorobowość województwa (względna standaryzowana na 100 tys. mieszkańców) = 6609,57**

**Zapadalność województwa (względna standaryzowana na 100 tys. mieszkańców) = 323,9**

**Współczynnik zachorowalności = 0,0032**

Ostatecznie współczynnik zachorowalności dla danego powiatu wyznacza się na podstawie wzoru [119]:

$$I_{\text{powiatu}} = \frac{\frac{\text{chorobowość}_{\text{powiatu}}}{\text{chorobowość}_{\text{województwa}}} \cdot \text{zapadalność}_{\text{województwa}}}{100\ 000} \quad (2.26)$$

Dane źródłowe do wyznaczenia współczynników zachorowalności oraz wyznaczone dla nich współczynniki zachorowalności dla powiatów dla roku 2020 przedstawiono w załączniku pracy [119].

Oszacowanie RR wykonuje się za pomocą wzoru:

$$RR_{IHD,i,road} = \begin{cases} e^{\left[ \left( \frac{\ln(1,08)}{10} \right) \cdot (L_{DWN} - 53) \right]} & \text{dla } L_{DWN} > 53 \text{ dB} \\ 1 & \text{dla } L_{DWN} \leq 53 \text{ dB} \end{cases} \quad (2.27)$$

Z kolei dane o procencie populacji na danym obszarze narażonym na działanie hałasu o określonym poziomie obliczamy ze wzoru:

$$PAF = \frac{\sum_j [p_j (PR_j - 1)]}{\sum_j [p_j (PR_j - 1)] + 1} \quad (2.28)$$

gdzie:

$p_j$  oznacza odsetek całkowitej liczby ludności  $P$  na ocenianym obszarze (w danym powiecie), który jest narażony na pasmo narażenia  $j$ .

$$p_j = \frac{n_j}{P} \quad (2.29)$$

gdzie:

$n_j$  – liczba mieszkańców narażona na hałas w danym przedziale wartości

$P$  – całkowita liczba mieszkańców danego obszaru

## 2.6. POMIAR RUCHU

Do pomiaru ruchu można mieć różne podejścia, modele i sposoby wyznaczania. Możemy mówić o ciągłym pomiarze ruchu na podstawie których uzyskuje się wartości natężeń i strukturę rodzajową w przekrojach dróg oraz obraz wahań ruchu w czasie i obciążeń ruchem sieci drogowej [28, 89]. Możemy również mówić o pomiarze krótkotrwałym, w którym ważnym czynnikiem jest wybór odpowiedniej długości okresu pomiarowego i godzin pomiarów w dniu tygodnia, w którym pomiar jest wykonywany [28, 20, 88, 95, 124, 89]. Pomiar powinien być wykonany w takim czasie pory dnia oraz roku w którym obserwuje się największe natężenie ruchu. Podstawowym interwałem odniesienia natężenia ruchu jest jedna godzina, zaś interwałem rejestracji na ogół przyjmuje się 15 minut. Chwilowe natężenia pozwalają określić wskaźnik  $k_{15}$  obrazujący zmienność ruchu i wyrażający się wzorem [89]:

$$k_{15} = \frac{Q_g}{4 \cdot q_{15}^{\max}} \quad (2.30)$$

gdzie:

$k_{15}$  – wskaźnik zmienności ruchu w godzinie,

$Q_g$  – natężenie ruchu w rozważanej godzinie [poj./h]

$q_{15}^{\max}$  - natężenie z kwadransa rozważanej godziny o największej wartości [poj./0,25h]

Jednym z ważniejszych sposobów pomiaru ruchu jest tak zwany średniodobowy ruch (SDR) wykonywany na podstawie Generalnego Pomiaru Ruchu (GPR). SDR można wyznaczyć na kilka sposobów.

### Sposób 1. Podstawa Generalny Pomiar Ruchu

$$SDR = \frac{M_R \cdot N_1 + 0,75M_R \cdot N_2 + M_N \cdot N_3}{N} + R_N \quad [\text{pojazdy/doba}] \quad (2.31)$$

$M_R$  – średni dzienny ruch w dni robocze

$0,75M_R$  – średni dzienny ruch w soboty i dni przedświąteczne

$M_N$  – średni dzienny ruch w niedziele i święta

$R_N$  – średni ruch nocny

$N_1$  – liczba dni roboczych w roku

$N_2$  – liczba sobót i dni przedświątecznych w roku

$N_3$  – liczba niedziel i dni świątecznych w roku

$N$  – liczba wszystkich dni w roku

Ponadto:

$$\begin{cases} M_R = \frac{1}{3} \left( \frac{X_2 + X_6}{2} + \frac{X_3 + X_8}{2} + \frac{X_1 + X_4}{2} \right) \\ M_N = \frac{1}{2} \left( \frac{X_5 + X_7}{2} + X_9 \right) \\ R_N = \frac{1}{2} (X_{10} + X_{11}) \end{cases} \quad (2.32)$$

gdzie:  $X_1, X_2, \dots, X_{11}$  – liczba pojazdów samochodowych ogółem w kolejnych dniach pomiarowych, w godzinach 6:00-22:00 lub 22:00-6:00 zgodnie z harmonogramem terminów przeprowadzonych pomiarów [123].

Modele (2.32) można uprościć [89, 122]:

$$\begin{cases} M_R = \frac{1}{3} (X_1 + X_2 + X_4) \\ M_N = \frac{1}{2} (X_3 + X_6) \\ R_N = X_5 \end{cases} \quad (2.33)$$

gdzie:  $X_1, X_2, \dots, X_5$  – liczba pojazdów samochodowych ogółem w kolejnych dniach pomiarowych, w godzinach 6:00-22:00 lub 22:00-6:00 zgodnie z harmonogramem terminów przeprowadzonych pomiarów [89, 122].

## Sposób 2. Podstawa dane z pomiarów ciągłych

**Metoda I:** z definicji SDR – przy posiadaniu pełnych danych ruchu z całego roku

$$SDR = \frac{\sum_{i=1}^{365} Q_{di}}{\text{liczba dni w roku}} \quad [\text{poj.}/\text{doba}] \quad (2.34)$$

SDR – średni dobowy ruch pojazdów samochodowych ogółem

$Q_{di}$  – natężenie dobowe i-tego dnia

**Metoda II:** z definicji SDR – sposób pośredni jako średnia ze średnich wg. AASHTO [114] – przy braku ciągłości danych

$$SDR = \frac{1}{7} \sum_{i=1}^7 \left[ \frac{1}{12} \sum_{j=1}^{12} \left( \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n Q_{ijk}^d \right) \right] \quad [\text{poj.} / \text{doba}] \quad (2.35)$$

gdzie: SDR – średni dobowy ruch pojazdów samochodowych, i-dzień tygodnia, j-miesiąc w roku, k-kolejny dzień w miesiącu  $Q_{ijk}^d$  - k-te natężenie dobowe i-tego dnia w miesiącu j, n-liczba i-tych dni w miesiącu

W metodzie zakłada się, że analizę wyników na poziomie miesiąca można wykonać w przypadku posiadania wyników z co najmniej 7 dni, przy czym reprezentowany musi być każdy dzień tygodnia

### Sposób 3. Podstawa dane z pomiarów krótkotrwałych

Dla danych pochodzących z pomiarów krótkotrwałych, SDR szacuje się na podstawie metody wskaźnikowej:

$$SDR = \frac{Q_d}{W_i \cdot W_j} \quad [\text{poj.} / \text{doba}] \quad (2.36)$$

gdzie:

$$\begin{cases} W_i = \frac{SDR_d}{SDR} \\ W_j = \frac{SDR_m}{SDR} \end{cases} \quad (2.37)$$

gdzie:

$W_i$  – wskaźnik danego dnia tygodnia wyrażający udział w średnim dobowym ruchu roku średniego dobowego natężenia danego dnia tygodnia

$W_j$  – wskaźnik danego miesiąca wyrażający udział w średnim dobowym ruchu w roku średniego dobowego natężenia danego miesiąca.



## 2.7. OCENA WIARYGODNOŚCI DANYCH POMIARY RUCHU

W przypadku pomiarów ciągłych może się okazać, że pomiar nie zawsze był pełen z powodu np. awarii sprzętu pomiarowego. Wówczas nie ma dobrych metod oceny wiarygodności wyników pomiaru natężenia ruchu i określenia które dane są prawdziwe. Jedną ze znanych metod oceny wiarygodności niepełnych danych jest [115].

$$\sigma = \left( \frac{n_{\text{dostępne}}}{n_{\text{oczekiwane}}} \cdot 100 \right) [\%] \quad (2.38)$$

$n_{\text{dostępne}}$  – rzeczywista liczba rekordów (natężeń godzinowych) lub dni z prawidłowymi danymi

$n_{\text{oczekiwane}}$  – oczekiwana liczba rekordów (natężeń godzinowych) lub dni

### Szacowanie SDR według GPR

W tym przypadku również nie istnieją obiektywne metody wyznaczania błędu szacowania. Jedną z podstawowych metod zaproponowaną w pracy magisterskiej [22] jest ocena różnicy między rzeczywistym a szacowanym natężeniem dobowym:

$$\sigma = \frac{SDR_{\text{rzeczywiste}} - SDR_{\text{GPR}}}{SDR_{\text{rzeczywiste}}} \cdot 100 [\%] \quad (2.39)$$

$SDR_{\text{rzeczywiste}}$  – wartość rzeczywista SDR

$SDR_{\text{GPR}}$  – wartość SDR szacowania według wytycznych GPR

Obiektywnie należy stwierdzić, że nie istnieją żadne miarodajne metody szacowania wiarygodności wyników szacowania natężenia ruchu. Nie istnieją też metody określenia niepewności czy błędu takiego szacowania.

## 3. STUDIUM LITERATURY

### 3.1. MODELE I WSKAŹNIKI HAŁASU

Modele prognozowania hałasu drogowego są bardzo ważnymi narzędziami w planowaniu dróg i ocenie wpływu hałasu drogowego na mieszkańców okolicznych terenów [68], [99].

Chociaż w wielu badaniach opracowano modele przewidywania hałasu drogowego w oparciu o pewne zmienne ruchu, to tylko nieliczne badania uwzględniały typ nawierzchni i geometrię drogi [5].

Jeden z najwcześniej stosowanych modeli hałasu przedstawiono w 1952 roku [13] dla ograniczeń prędkości od 35 (około 65 km/h) do 45 (około 72 km/h) mil na godzinę i odległości nie większej niż 20 stóp (6,1 metra) od źródła hałasu.  $L_{50}$ , 50 percentyl poziomu hałasu zaproponowano równaniem [13]:

$$L_{50} = 68 + 8,5 \log(V) - 20 \log(D) \quad (3.1)$$

gdzie:

V – to natężenie ruchu w pojazdach na godzinę

D – odległość od pasa ruchu w stopach

W modelu (3.1) nie uwzględniono jednak prędkości pojazdów. Dopiero w kolejnym modelu z roku 1968 [41] autorzy taką prędkość uwzględnili:

$$L_{50} = 3,5 + 10 \log\left(\frac{VS^3}{D}\right) \quad (3.2)$$

gdzie: S to średnia prędkość pojazdu w milach na godzinę a  $L_{50}$  podawane jest w dB(A).

W modelu z roku 1969 [29] uwzględniono już udział pojazdów ciężkich T:

$$L_{50} = 20 + 10 \log\left(\frac{VS^3}{D}\right) + 0,4T \quad (3.3)$$

W 1975 roku Towarzystwo Akustyczne Japonii opracowało model przewidywania hałasu ulicznego. Równania (3.4) i (3.5) przedstawiają poziomy mocy akustycznej [113]:

$$L_w = 65,1 + 20 \log V + 10 \log(a_1 + 4,4a_2) \quad (3.4)$$

gdzie:

$a_1$  – udział pojazdów lekkich w potoku ruchu

$a_2$  – udział pojazdów ciężkich w potoku ruchu

Modyfikacja modelu (3.4) jest postaci:

$$L_w = 64,7 + 20 \log V + 10 \log (b_1 + 1,5b_2 + b_3) \quad (3.5)$$

gdzie:

$b_1$  – udział pojazdów lekkich w potoku ruchu

$b_2$  – udział pojazdów średnich w potoku ruchu

$b_3$  – udział pojazdów ciężkich w potoku ruchu

Kolejne badania rozwijały empiryczny model służący do przewidywania równoważnego poziomu dźwięku w oparciu o poziomy dźwięku A. Doprowadziło to w 1976 roku Kuglera z zespołem do sklasyfikowania średnich i ciężkich samochodów ciężarowych

co doprowadziło do równań uwzględniających te kategorie [45]:

$$\begin{cases} L_e(A) = 10 \log V - 15 \log D_E + 20 \log S + 16 \\ L_e(M) = 10 \log V - 15 \log D_E + 20 \log S + 26 \\ L_e(H) = 10 \log V - 15 \log D_E + 20 \log S + 84 \end{cases} \quad (3.6)$$

gdzie:

$L_e(A)$  – równoważny poziom dźwięku generowany przez samochody osobowe

$L_e(M)$  – równoważny poziom dźwięku generowany przez samochody ciężarowe

$L_e(H)$  – równoważny poziom dźwięku generowany przez ciężkie samochody ciężarowe

$V$  – natężenie ruchu [poj./h]

$S$  – prędkość [km/h]

$D_E$  – średnia geometryczna odległość punktu odbioru do najbliższego pasa ruchu i odległość punktu odbioru do najdalszego pasa ruchu kreślona za pomocą równania:

$$D_E = \sqrt{\frac{D_N}{D_F}} \quad (3.7)$$

gdzie:

$D_N$  – średnia geometryczna odległość punktu odbioru od linii środkowej najbliższego pasa ruchu

$D_F$  – średnia geometryczna odległość punktu odbioru od linii środkowej najdalszego pasa ruchu

Wówczas równoważny poziom dźwięku wyrażony jest równaniem

$$L_{eq}(A) = 10 \log \left[ 10^{0,1L_e(A)} + 10^{0,1L_e(M)} + 10^{0,1L_e(H)} \right] \quad (3.8)$$

W ostatnim równaniu pominięto wpływ rodzaju nawierzchni drogowej, wysokości punktu odbioru i charakterystyki ekranów akustycznych.

W Chinach opracowano model hałasu drogowego w oparciu o warunki środowiskowe, warunki ruchu drogowego i typy pojazdów w Chinach. Model klasyfikuje pojazdy na lekkie, średni i ciężkie [8]:

$$L_{eq} = 55,7 + 0,12(V_E - 50) - 8,06 \log V_E + 9,97 \log Q_E + 14,38 \log \left( \frac{D_0}{D} \right) + L_{Gradient} + \\ + aP10 \log \left( \frac{D_0}{D} \right) + 10 \log \left( \frac{\Delta \phi}{180} \right) + L_s \quad (3.9)$$

gdzie:

$0,12(V_E - 50) - 8,06V_E$  - jest poprawką na prędkości

$9,97 \log Q_E$  - jest poprawką na parametry ruchu

$14,38 \log \left( \frac{D_0}{D} \right)$  - jest poprawką ze względu od odległości

$L_{Gradient}$  - jest parametrem gradientu

$aP10 \log \left( \frac{D_0}{D} \right)$  - jest poprawką ze względu na pochłanianie dźwięku przez teren otaczający źródło i punkt odbioru

$10 \log \left( \frac{\Delta \phi}{180} \right)$  - jest poprawką ze względu na kąt widzenia źródła

$L_{eq}$  - równoważny poziom dźwięku [dB(A)]

$V_E$  – uśredniona prędkość przepływu ruchu [km/h]

$Q_E$  – uśredniony przepływ ruchu [poj./h]

$D_0$  – referencyjne źródło hałasu (7,5m)

$D$  – uśredniona odległość odcinka drogi do punktu odbioru [m]

$a$  – jest parametrem lokalizacji, którego wartość zależy od warunków lokalizacji

$P$  – procent pokrycia terenu pochłaniającą nawierzchnią

$\Delta\varphi$  – kąt widzenia odcinka drogi w punkcie odbioru

$L_s$  – poprawka uwzględniająca ekranowanie [dB(A)]

Autorzy modelu (3.9) zauważają, że model skalibrowany jest tylko do warunków panujących w Chinach a ponadto nie uwzględnia podłużnego pochylenia drogi.

Pamanikabud i Vivitjinda [69] sformułowali model hałasu drogowego w oparciu o typy pojazdów. Model oparli o dane pochodzące z lokalnych dróg w Tajlandii. Zebrali dane dotyczące hałasu pojazdów w odległości referencyjnej jednocześnie wykonując pomiary ich prędkości. Badania realizowali poprzez pomiary poziomu hałasu drogowego, pomiary natężenia ruchu według klasyfikacji pojazdów, średnie prędkości punktowe według typu pojazdów oraz wymiar geometryczny drogi. Referencyjny średni poziom emisji hałasu dla każdego typu pojazdów został opracowany na podstawie bezpośredniego pomiaru  $L_{eq10s}$  w warunkach rzeczywistych (in situ).

Pamanikabud z zespołem [70] przeprowadzili również badania nad opracowaniem modelu predykcji hałasu drogowego z wykorzystaniem miary  $L_{eq20s}$ . Celem tego badania było zbudowanie modelu symulacyjnego hałasu ruchu drogowego dla warunków ruchu swobodnego w Tajlandii z wykorzystaniem techniki wykorzystującej indywidualne modelowanie hałasu pojazdów w oparciu o równoważny poziom dźwięku w ciągu 20 sekund.

Modele hałasu rozwijają się na przestrzeni lat i opracowuje się coraz to nowsze. Jednym z takich szeroko stosowanych w wielu krajach modeli jest model FHWA (Federal Highway Administration) [84, 2]. Model ten opisany jest matematycznie w następujący sposób

$$L_{eq}(h)_i = (\bar{L}_0)_{Ei} + 10 \log \left( \frac{N_i \pi r_0}{V_i T} \right) + 10 \log \left( \frac{r_0}{r} \right)^{1+\alpha} + 10 \log \left( \frac{\Psi_\alpha(\varphi_1, \varphi_2)}{\pi} \right) + \Delta S \quad (3.10)$$

gdzie:

$L_{eq}(h)_i$  – jest godzinowym równoważnym poziomem dźwięku dla i klasy pojazdu [dB(A)]

$(\bar{L}_{eq})_{Ei}$  – średni poziom emisji energii dla i klasy pojazdu w odległości odniesienia  $r_0$  [dB(A)]

$N_i$  – natężenie ruchu dla i-tej klasy pojazdu w okresie czasu T

$V_i$  – średnia prędkość i-tej klasy pojazdu, [m/h]

T – czas potrzebny do obliczenia równoważnego poziomu dźwięku, [1h]

r – najkrótsza odległość między obserwatorem a środkiem pasa ruchu, [m]

$r_0$  – odległość odniesienia dla poziomu emisji hałasu pojazdu, [m]

$\alpha$  – współczynnik pokrycia gruntu,  $0 < \alpha < 1$

$\Psi_\alpha(\varphi_1, \varphi_2)$  - zmodyfikowana funkcja odcinka drogi o skończonej długości ( $\varphi_1$  i  $\varphi_2$ , to kąty między linią normalną biegnącą od obserwatora do źródła a liniami prowadzącymi do końców odcinka drogi o skończonej długości, [rad])

$\Delta S$  – tłumienie hałasu spowodowane konstrukcją drogi lub obecnością ekranów akustycznych, [dB(A)]

Co do tego modelu są pewne zastrzeżenia. Na przykład Harris z zespołem [40] i Li z współ. [50] wykazali, że model (3.10) nadaje się do prognozowania hałasu ruchu ulicznego na prostej drodze, która jest liniowa w poziomie i łagodnie przebiega w pionie w stosunku do istniejącej zabudowy. Natomiast Wang z zespołem [96] zauważył, że w przypadku dróg nieprostych, takich jak węzły przesiadkowe, wiadukty, drogi okrężne, drogi wiejskie, itp. model nie może być bezpośrednio wykorzystany. Natomiast w przypadku dróg nieprostych można podzielić drogę na odcinki proste a następnie dla każdego odcinka można zastosować model (3.10) i na końcu zsynchronizować je dla uzyskania końcowego wyniku. Po takiej superpozycji model przyjmuje postać:

$$L_{eq}(h)_i = (\bar{L}_0)_{Ei} + 10 \log \left( \frac{N_i}{V_i T} \right) + 10 \log r_0^{2+\alpha} + 10 \log \left[ \sum_{j=1}^m \left( \int_{\varphi_j}^{\varphi_{j+1}} \frac{\cos^\alpha \varphi}{r_j^{1+\alpha}} d\varphi \right) \left( 10^{0,1\Delta S_j} \right) \right] \quad (3.11)$$

gdzie:

$\varphi_j, \varphi_{j+1}$  – są kątami obserwatora między linią od obserwatora do źródła a liniami do końców odcinka drogi od skończonej długości, [rad]

$r_j$  – odległość od środka pasa ruchu odcinka  $j$  do obserwatora [m]

$\Delta S_j$  – tłumienie hałasu ze względu na konstrukcję drogi lub obecność  $j$ -tego ekranu akustycznego [dB(A)]

$\cos^\alpha \phi$  - jest zmodyfikowaną funkcją odcinka drogi o skończonej długości.

Model (3.11) można zmodyfikować i ostatecznie uprościć do modelu:

$$L_{eq}(h)_i = (\bar{L}_0)_{Ei} + 10 \log \left( \frac{N_i}{V_i T} \right) + 10 \log r_0^2 + 10 \log \left[ \sum_{j=1}^m \frac{\Delta \varphi_j}{r_j} 10^{0,1 \Delta S_j} \right] \quad (3.12)$$

Kolejna metoda opracowana przez Makarewicza [56] umożliwia obliczenie średniorocznego poziomu dźwięku hałasu drogowego, gdy dostępne są charakterystyki wykresu rozptyłu prędkości, tj.: średnia prędkość pojazdów swobodnie poruszających się, przepustowość potoku ruchu, prędkość ruchu przy przepustowości ruchu oraz nachylenie malejącej prędkości ruchu w stosunku do natężenia ruchu.

Model przybliżenia do średniego rocznego poziomu dźwięku  $L_{Aeq,T}$  Makarewicz zapisał równaniem:

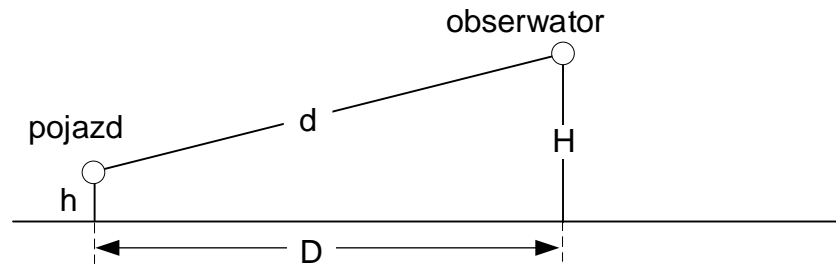
$$L_{Aeq,T} \approx \tilde{L} + 10 \log \left\{ \frac{\langle q \rangle t_0}{T_0} \frac{\langle V_{fr} \rangle^2}{V_0^2} K(d, h, H) \right\} + \Delta L_{cong} \quad (3.13)$$

gdzie:

$$\langle V_{fr} \rangle > 40 \text{ km/h}$$

Z tego modelu Makarewicz wysnuł wniosek, że w przewidywaniu hałasu nie można ignorować dużego natężenia ruchu. Ponadto jak pisał autor [56] model trudno zastosować do ruchu miejskiego, gdzie  $\tilde{L}$  charakteryzuje emisję hałasu z pojedynczego pojazdu, a  $K$  opisuje rozchodzenie się dźwięku, które można obliczyć z równania (3.14) i przedstawić zgodnie z Rysunkiem 3.1.

$$K = \frac{d_0}{4d} \left\{ 1 + \left[ 1 + \frac{1}{\gamma} \left( \frac{H+h}{d} \right)^2 \right]^{-\frac{1}{2}} \right\} \quad (3.14)$$



*Rysunek 3.1. Odległość (d) między osią pasa a punktem odbioru*

Przy czym  $d = \sqrt{D^2 + (H - h)^2}$

W bardzo ciekawych badaniach Cai z zespołem [16] wykazali, że obecność wody na jezdni znacząco podwyższa wartości poziomu dźwięku. Pokazali, że poziom ciśnienia akustycznego znacznie wzrasta wraz z obecnością wody na drodze asfaltowej dla wszystkich typów pojazdów. Średnia różnica poziomu ciśnienia akustycznego między mokrymi i suchymi drogami asfaltowymi dla pojazdów lekkich, średnich i ciężkich wynosi odpowiednio 10,09 dB(A), 5,56 dB(A), 4,26 dB(A). Ponadto różnica hałasu między mokrą i suchą drogą asfaltową zmniejsza się wraz ze wzrostem prędkości i wielkości pojazdu. W badaniach wykorzystano model zależności hałasu od prędkości, w którym poziom ciśnienia akustycznego hałasu przejeżdżającego pojazdu jest wprost proporcjonalny do prędkości [5, 13]

$$L = A + B \log(V) \quad (3.15)$$

gdzie:

L=Poziom ciśnienia akustycznego, [dB]

A, B – współczynniki prędkości (stałe)

V – prędkość [km/h]

Autorzy wykorzystując badania empiryczne i statystyczne metody regresji otrzymali model emisji natężenia źródła hałasu drogowego na mokrej drodze asfaltowej dla pojazdów lekkich, średnich i ciężkich:



$$\begin{cases} L_s = 55,12 + 16,19 \log v_s & \text{pojazdy lekkie} \\ L_m = 43,97 + 22,94 \log v_m & \text{pojazdy średnie} \\ L_l = 50,00 + 21,80 \log v_l & \text{pojazdy ciężkie} \end{cases} \quad (3.16)$$

gdzie:

$L_s, L_m, L_l$  – poziomy ciśnienia akustycznego (dB(A)) odpowiednio pojazdu lekkiego, średniego i ciężkiego w odległości 7,5 metra od mikrofonu

$v_s, v_m, v_l$  – prędkości (km/h) odpowiednio pojazdów lekkich, średnich, ciężkich

Z kolei Shokouhian z zespołem [83] przeprowadzili analizę regresji wielokrotnej w celu zbadania związku między równoważnym poziomem dźwięku a różnymi predyktorami i otrzymali wzór:

$$L_{eq} = 62,1 - 2,67H_B + 0,88H_R - 0,16D + 0,0018T_V + 0,01R_s + 0,092SP + 2,18R_{EL} + R_{adj} \quad (3.17)$$

gdzie:

$H_B$  – wysokość ekranu akustycznego [m]

$H_R$  – wysokość punktu obserwacji [m]

$D$  – odległość od źródła dźwięku [m]

$T_V$  – natężenie ruchu [poj./h]

$R_s$  – odcinek drogi [m]

$SP$  – prędkość [km/h]

$R_{EL}$  – wysokość drogi

$R_{adj}$  – współczynnik pokrycia terenu (rodzaj nawierzchni drogowej)

Model wykazuje wysoką zgodność z pomiarami na poziomie współczynnika korelacji wynoszącym ponad 0,94.

Oczywiście jest wiele modeli empirycznych (statystycznych). Przykładowo Lan i Cai [46] wywnioskowali z testów stacjonarności szeregów czasowych poziomu hałasu i prędkości, że wszystkie szeregi czasowe są stacjonarne, a więc przetwarzali dane przez jedną dobę. Obliczyli średnią i odchylenie standardowe jednodobowych szeregów

czasowych prędkości i jednodobowych szeregów czasowych poziomu hałasu, otrzymując:

$$\bar{v} = \frac{\sum_{h=1}^{24} v_h}{24} \quad (3.18)$$

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{\sum_{h=1}^{24} (v_h - \bar{v})^2}{24}} \quad (3.19)$$

$$\bar{L}_{eq} = \frac{\sum_{h=1}^{24} L_{eq,h}}{24} \quad (3.20)$$

gdzie:

$v_h$  – jest  $h$ -tą prędkością jednodobowego szeregu czasowego prędkości

$L_{eq,h}$ - to  $h$ -ty równoważny poziom dźwięku jednodobowego szeregu czasowego poziomu dźwięku

Autorzy określili bardzo wysoko korelację między  $v_h$  i  $L_{eq,h}$  więc zaproponowali model weekendowy:

$$\bar{L}_{eq} = 50,01 + 0,4\bar{v} + 1,03\sigma_v \quad (3.21)$$

Współczynnik determinacji przybliżenia modelem (3.21) wynosi  $R^2 = 0,79$

Po kolejnym dopasowaniu model zweryfikowany ma wzór:

$$\bar{L}_{eq} = 51,28 + 0,37\bar{v} + 1,23\sigma_v \quad (3.22)$$

Współczynnik determinacji przybliżenia modelem (3.22) wynosi  $R^2 = 0,89$

Autorzy zaproponowali też modele korelacyjne poziomów dźwięku i prędkości dla dni powszednich

$$\bar{L}_{min} = 35,20 + 0,48\bar{v} + 2,12\sigma_v \quad (R^2 = 0,83) \quad (3.23)$$

$$\bar{L}_{95} = 36,58 + 0,48\bar{v} + 2,10\sigma_v \quad (R^2 = 0,84) \quad (3.24)$$

$$\bar{L}_{90} = 37,42 + 0,48\bar{v} + 2,09\sigma_v \quad (R^2 = 0,85) \quad (3.25)$$

$$\bar{L}_{50} = 44,97 + 0,43\bar{v} + 1,73\sigma_v \quad (R^2 = 0,88) \quad (3.26)$$

$$\bar{L}_{10} = 56,01 + 0,34\bar{v} + 1,01\sigma_v \quad (R^2 = 0,80) \quad (3.27)$$

$$\bar{L}_5 = 59,42 + 0,31\bar{v} + 0,82\sigma_v \quad (R^2 = 0,74) \quad (3.28)$$

$$\bar{L}_s = 70,62 + 0,22\bar{v} + 0,41\sigma_v \quad (R^2 = 0,48) \quad (3.29)$$

Dzięki modelom empirycznym możemy wykorzystać dane historyczne dotyczące prędkości do oszacowania średniego dobowego natężenia źródła hałasu na odcinku drogi.

### 3.2. WPŁYW HAŁASU NA ZDROWIE

Hałas środowiskowy, zwłaszcza powodowany przez środki transportu, jest postrzegany jako istotna przyczyna zaburzeń snu. Nocny hałas środowiskowy wywołuje również mierzalne zmiany biologiczne w postaci reakcji stresowej i wyraźnie wpływa na architekturę snu, a także subiektywną jakość snu [39]. Autor [39] podaje również, że istnieją dowody na to, iż po krótkoterminowych skutkach hałasu środowiskowego, zwłaszcza gdy ekspozycja jest nocą, mogą wystąpić długoterminowe niekorzystne skutki kardiometaboliczne. Najnowsze badania [57] pokazują, że nadmierna ekspozycja na hałas środowiskowy może potencjalnie zakłócać dojrzewanie funkcjonalne mózgu u osób rozwijających się. Anatomia związku implikującego przekąźniki podkorowe sugeruje, że długotrwałe narażenie na hałas drogowy u osób rozwijających się może przyspieszyć dojrzewanie podstawowych elementów drogi słuchowej.

Zhang i Ma [98] badali w jaki sposób hałas wpływa na procesy poznawcze dzieci. Przeprowadzili eksperymenty laboratoryjne dotyczące uwagi dzieci, pamięci krótkotrwałej, obliczeń i czytania z bodźcami dźwiękowymi, takimi jak hałas drogowy, hałas o niskiej częstotliwości i biały szum. Poziomy hałasu bodźców dźwiękowych wahały się w tych badaniach od 35 dB(A) do 65 dB(A), a czas trwania bodźców dźwiękowych w każdym eksperymencie był określany na podstawie długości zadania poznawczego. W badaniach tych stwierdzono, że: 1) niezależnie od rodzaju hałasu, poziom hałasu wpływał bezpośrednio na subiektywną irytację, a nie na wydajność poznawczą, 2) rozdrażnienie rosło liniowo wraz ze wzrostem poziomu hałasu

3) wydajność poznawcza zależała nie od poziomu hałasu, a od rodzaju hałasu zwłaszcza w przypadku młodszych dzieci (7-10 lat).

Clarc [21] twierdzi, że istnieją przekonujące dowody na pozasłuchowy wpływ hałasu na niektóre aspekty zdrowia dorosłych, takie jak zaburzenia snu [58, 66], nadciśnienie i choroba niedokrwienna serca [3, 51] oraz negatywny wpływ na funkcje poznawcze i uczenie się [21]. Hałas wywołuje również efekty słuchowe u dzieci, które w większości mają charakter długoterminowy i kumulatywny [9]. Dzieci są mniej wrażliwe na zaburzenia snu [66], ale bardziej na skutki fizjologiczne, takie jak reakcje nadciśnieniowe [4].

Silna uciążliwość spowodowana hałasem drogowym wiąże się ze znacznym i podwyższonym ryzykiem wielu chorób takich jak problemy sercowo-naczyniowe, depresja, migreny, objawy ze strony układu oddechowego i artretyczne [116].

#### 4. WPŁYW UKŁADU DRÓG WZGLĘDEM ZABUDOWY NA ROZPRZESTRZENIANIE SIĘ HAŁASU

Na zmniejszenie negatywnych skutków hałasu drogowego ma wpływ racjonalne planowanie przeznaczenia terenu, w tym rozmieszczenie zabudowy na danym terenie czy też trasowanie przebiegu dróg [15]. W przypadku istniejących dróg pozostają już tylko działania zabezpieczające, do których można zaliczyć:

- ingerencja w samo źródło – wykorzystanie narzędzi zarządzania ruchem (ograniczenie ruchu pojazdów ciężarowych, ograniczenie prędkości pojazdów, redukcja ruchu pojazdów ciężkich w weekendy) [11, 26, 80]
- zmiany rodzajów nawierzchni drogowych [30, 31, 32, 62]
- projektowanie środków ochrony przed hałasem – ekrany akustyczne [12, 91, 63, 64], wałów ziemnych [35], inne [65]
- zmiana zagospodarowania istniejących terenów [15]

Jak pisze Buczek w swoim doktoracie [15] w polskim ustawodawstwie występują nieścisłe lub nieodpowiednie zapisy dotyczące planowania zabudowy wokół istniejących i nowoprojektowanych dróg. Dotyczy to określenia lokalizacji zabudowy względem drogi, gdzie w przypadku MPZP na terenie inwestycji, obowiązkowo powinno się

określać linię zabudowy [100]. Ponieważ pokrycie Polski planami miejscowymi jest niewielkie [121], więc takie rozwiązanie jest rzadko spotykane. W przypadku gdy na terenie inwestycji nie obowiązuje MPZP określić należy linię zabudowy na podstawie [101].

Kolejny akt prawny, nie do końca ścisły, to zapis wynikający z ochrony akustycznej terenów, które zgodnie z [100] podlegają ochronie na mocy [102]. Zapis ten oznacza, że zarządca drogi nie może dopuścić do przekroczeń akceptowalnych poziomów dźwięku, określonych w [106].

W ustawie [103] określono minimalne odległości usytuowania zabudowy od zewnętrznej krawędzi jezdni, które dopuszczają realizację zabudowy podlegającej ochronie już w odległości 6m od krawędzi jezdni, co jednak uniemożliwia zapewnienie mieszkańcom odpowiedniego klimatu akustycznego.

Minimalne odległości usytuowania obiektów budowlanych od krawędzi jezdni zebrano w tabeli 4.1

*Tabela 4.1. Minimalne odległości usytuowania obiektów budowlanych od krawędzi jezdni [103]*

Lp	Rodzaj drogi	W terenie zabudowy	Poza terenem zabudowy
1	Autostrada	30 m	50 m
2	Droga ekspresowa	20 m	40 m
3	Droga ogólnodostępna: a) krajowa b) wojewódzka, powiatowa c) gminna	10 m 8 m 6 m	25 m 20 m 15 m

Przeprowadzono również badania bezpiecznej lokalizacji zabudowy dla przykładowych budynków w Polsce [130]. W artykule tym porównano minimalne odległości usytuowania obiektów budowlanych od drogi z wyliczoną odległością minimalizującą skutki hałasu z uwagi na różne pokrycia terenu: odbijające, mieszane, pochłaniające. Analizy przeprowadzono dla hałasu źródła 87 dB (odpowiadającemu 9500 poj./dobę z 10% udziałem pojazdów ciężkich) i 93 dB (odpowiadającemu 33500 poj./dobę z 15% udziałem pojazdów ciężkich). Wskazano, że dopuszczalne prawem linie zabudowy nie zabezpieczają odpowiednio użytkowników budynków przed uciążliwymi

skutkami hałasu. Jak pokazano w pracach [130, 15] budynki mieszkalne powinny być zlokalizowane w następujących odległościach od dróg jednojezdniowych klasy G i GP:

**Hałas 87 dB (9500 poj./doba)**

- Teren pochłaniający dźwięk – 60 m
- Pokrycie mieszane terenu – 85 m
- Teren odbijający – 135 m

**Hałas 93 dB (33500 poj./doba)**

- Teren pochłaniający dźwięk – 110 m
- Pokrycie mieszane terenu – 140 m
- Teren odbijający – 200 m

#### 4.1. KLASYFIKACJA UKŁADÓW DROGOWYCH I SCHEMATY ZABUDOWY WZDŁUŻ DRÓG

Na podstawie ustawy [103], rozporządzenia [108], i opracowania [128] definiujemy:

**Pas drogowy** – wydzielony liniami granicznymi grunt wraz z przestrzenią nad i pod jego powierzchnią, w którym są zlokalizowane droga oraz obiekty budowlane i urządzenia techniczne związane z prowadzeniem, zabezpieczeniem i obsługą ruchu, a także urządzenia potrzebne do zarządzania drogą.

**Droga** – budowla wraz z drogowymi obiektami inżynierskimi, urządzeniami oraz instalacjami, stanowiąca całość techniczno-użytkową, przeznaczoną do prowadzenia ruchu drogowego, zlokalizowaną w pasie drogowym.

**Klasa drogi** – to cecha, z której wynika przyporządkowanie drodze odpowiednich parametrów technicznych, wynikających z jej cech funkcjonalnych.

**Prędkość projektowa** – to parametr techniczno-ekonomiczny, któremu są przyporządkowane graniczne wartości elementów drogi, proporcje między nimi oraz zakres wyposażenia drogi: prędkość projektowa nie jest związana z prędkością dopuszczalną, o której mowa w przepisach o ruchu drogowym.

**Prędkość miarodajna** – to parametr odwzorowujący prędkość samochodów osobowych w ruchu swobodnym na drodze, służący do ustalania wartości elementów drogi, które ze względu na bezpieczeństwo ruchu powinny być dostosowane do tej prędkości.

**Korona drogi** – jest to część drogi obejmująca jezdnie, opaski, pas dzielący i pobocza, a w miarę potrzeb również inne elementy, jak np.: boczne pasy dzielące, zatoki autobusowe przy drogach ekspresowych.

**Jezdnia** – część drogi przeznaczona do ruchu pojazdów.

**Pobocze** – jest to część korony drogi przyległa do jezdni, składająca się z pasa awaryjnego o nośności wystarczającej do postoju pojazdów unieruchomionych z przyczyn technicznych.

**Pas awaryjny** – jest to część pobocza, służąca do zatrzymywania się i postoju pojazdów unieruchomionych z przyczyn technicznych.

**Pas dzielący** – jest to część korony drogi stanowiąca fizyczne rozdzielenie jezdni, przeznaczonych dla przeciwnych kierunków ruchu (pas dzielący środkowy) lub o różnych funkcjach (pas dzielący boczny np. oddzielający jezdnię autostrady od jezdni zbierająco-rozprowadzającej).

**Przejazd** – jest to krzyżowanie się drogi z inną drogą, które nie umożliwia wyboru kierunku jazdy, lub z linią kolejową. Przejazdy dla dróg klasy A i S mogą być tylko realizowane w postaci węzłów bezkolizyjnych.

**Węzeł** – jest to przecięcie się lub połączenie dróg w różnych poziomach, zapewniające pełną lub częściową możliwość zmiany kierunku jazdy.

**Autostrada** – (droga klasy A) jest to droga, przeznaczona do szybkiego przemieszczania się wyłącznie pojazdów samochodowych, która nie obsługuje przyległego terenu, o ogrodzonym pasie drogowym wyposażona w urządzenia łączności i charakteryzująca się tym, że:

- a) ma co najmniej dwie, nie mniej niż dwupasowe jednokierunkowe jezdnie, trwale rozdzielone pasem dzielącym,
- b) krzyżowanie się z drogami (przejazdy i węzły) i innymi rodzajami tras komunikacyjnych występuje w różnych poziomach, a wyjazdy i wjazdy są możliwe tylko na węzłach z drogami klasy S, GP i G,

- c) ma pasy awaryjne, służące do zatrzymywania się i postoju pojazdów unieruchomionych z przyczyn technicznych,
- d) jest wyposażona w urządzenia obsługi podróżnych i pojazdów, przeznaczone wyłącznie dla jej użytkowników oraz odpowiednio do potrzeb systemów: sterowania, zarządzania i kontroli ruchu, poboru opłat, a także w obwody utrzymaniowe z zapleczem technicznym oraz posterunki związane z bezpieczeństwem ruchu i podróżnych.

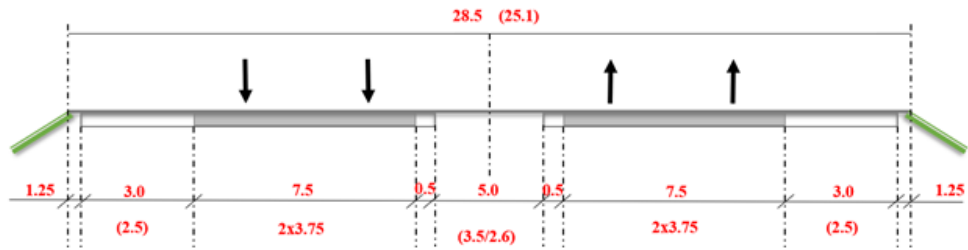
**Droga ekspresowa** – (droga klasy S) jest to droga przeznaczona do szybkiego przemieszczania się wyłącznie pojazdów samochodowych, która nie obsługuje przyległego terenu, mająca powiązania z drogami klasy G (wyjątkowo Z) i wyższych klas i charakteryzuje się tym, że:

- a) ma dwie nie mniej niż dwupasowe jednokierunkowe jezdnie, trwale rozdzielone pasem dzielącym lub jezdnią dwukierunkową,
- b) krzyżowanie się z drogami i innymi rodzajami tras komunikacyjnych występuje w różnych poziomach; wyjątkowo dopuszcza się skrzyżowania z niektórymi drogami, a wyjazdy i wjazdy są możliwe na węzłach lub wyjątkowo skrzyżowaniach,
- c) ma pasy awaryjne, służące do zatrzymania się i postoju pojazdów unieruchomionych z przyczyn technicznych; wyjątkowo zamiast pasów awaryjnych dopuszcza się opaski i zatoki awaryjnego postoju,
- d) jest wyposażona w urządzenia obsługi podróżnych i pojazdów, przeznaczone wyłącznie dla jej użytkowników.

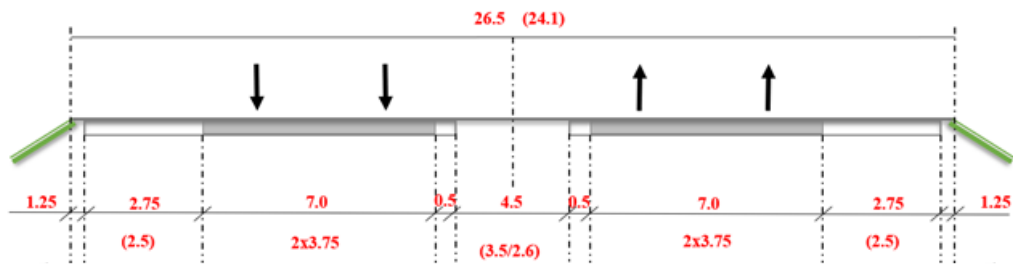
Na rysunkach 4.1 i 4.2 pokazano typowe przekroje autostrad i dróg ekspresowych.



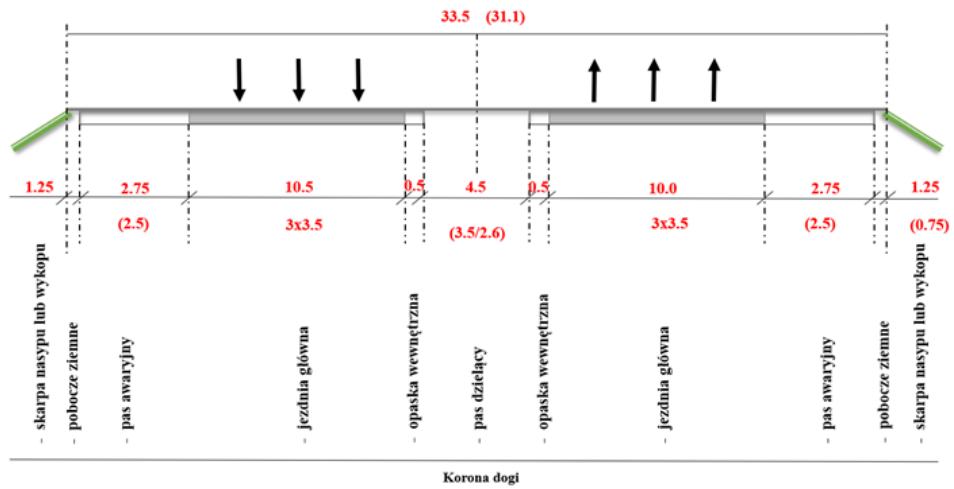
2/2  $V_p = 120 \text{ km/h}$



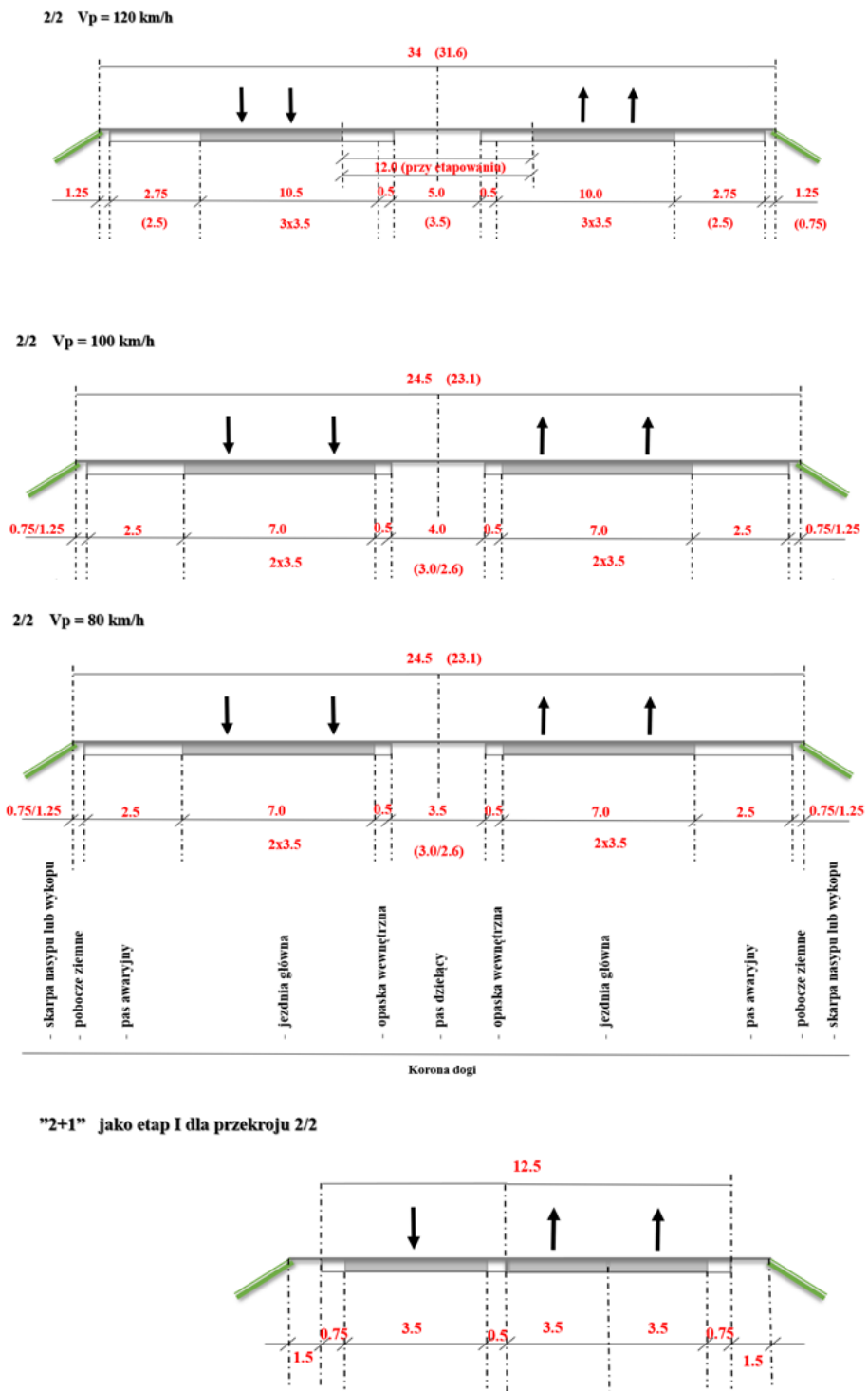
2/2  $V_p = 100 \text{ km/h}$



2/3  $V_p = 100 \text{ km/h}$



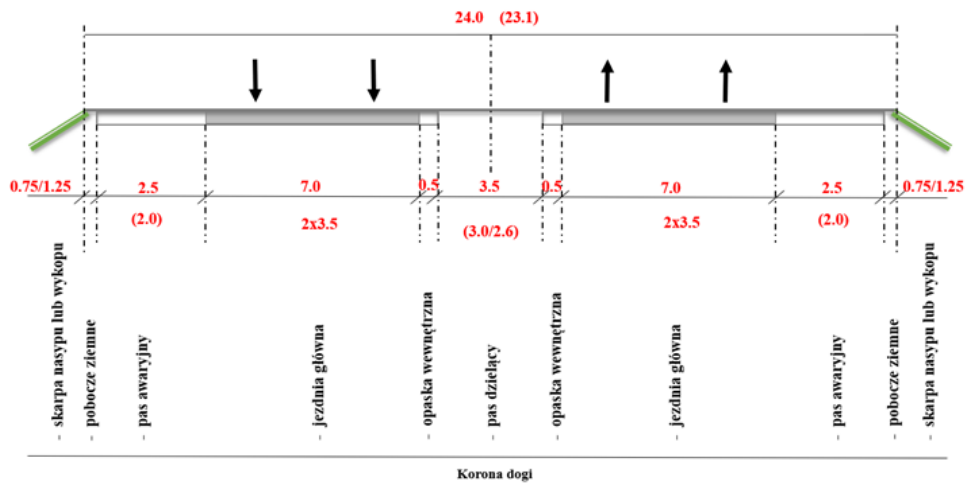
Rysunek 4.1. Typowe przekroje autostrad A [128]



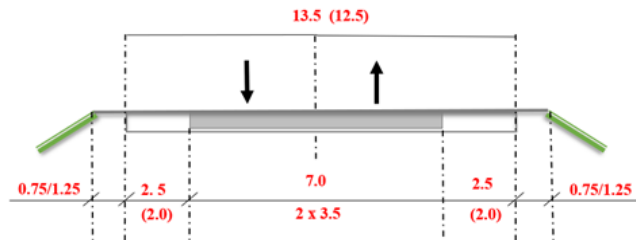
Rysunek 4.2. Typowe przekroje dróg ekspresowych [128]

Na kolejnych rysunkach pokazano schematy pozostałych dróg

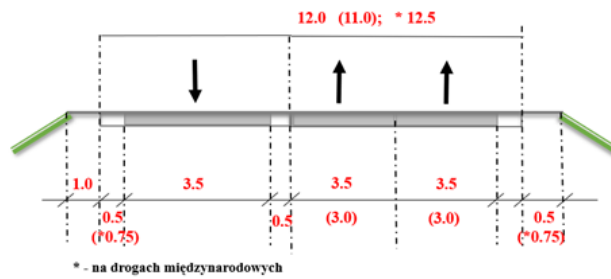
2/2



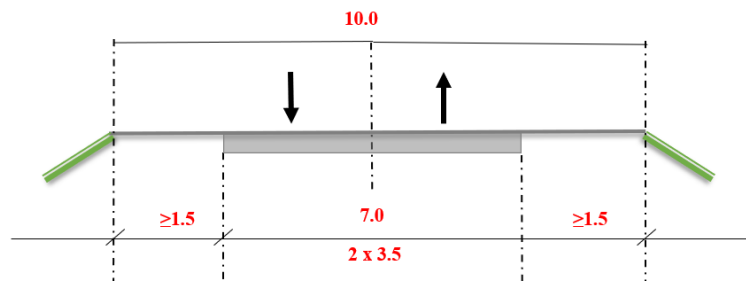
1/2



"2+1"



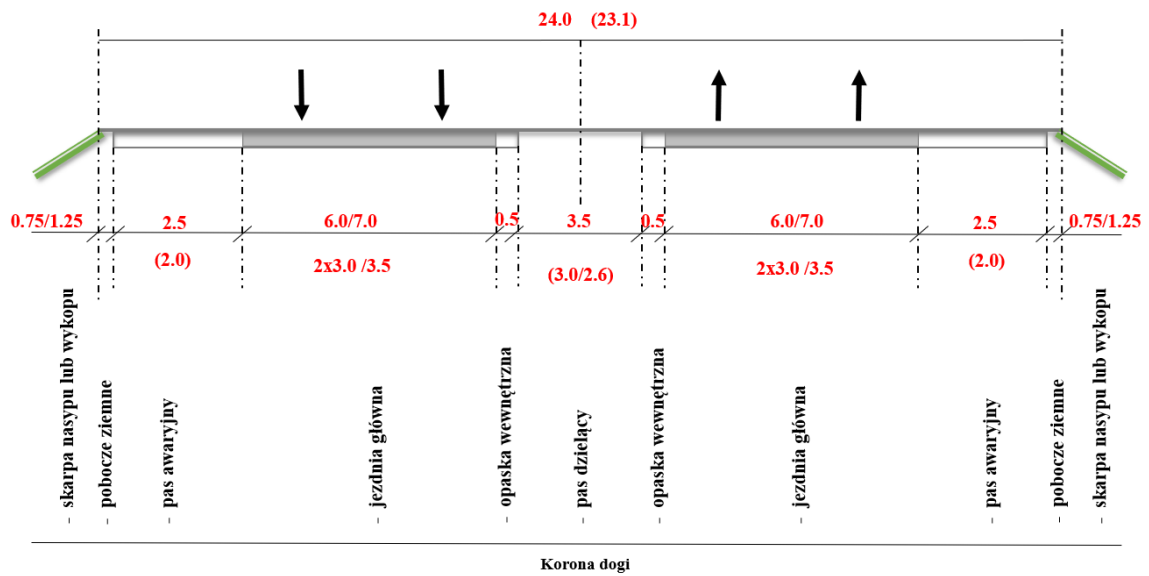
1/2



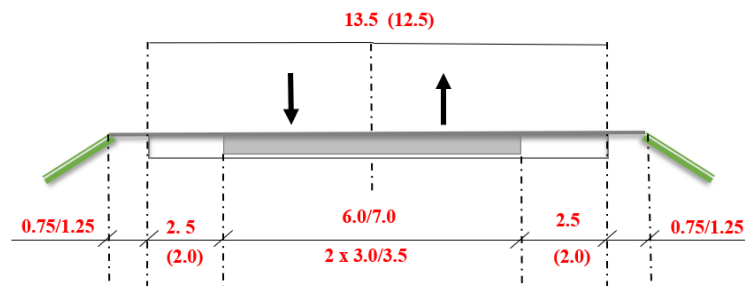
Rysunek 4.3 Typowe przekroje dróg głównych ruchu przyspieszonego GP [128].

2/2

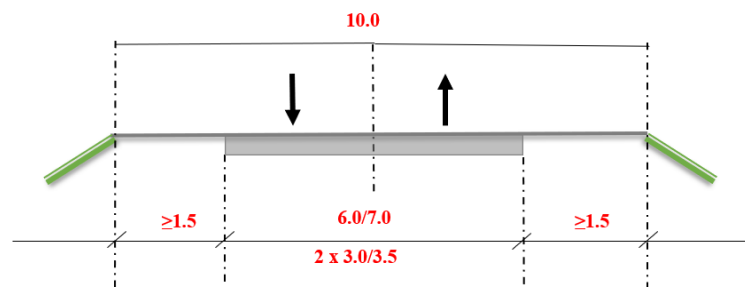
Poza terenem zabudowy



1/2

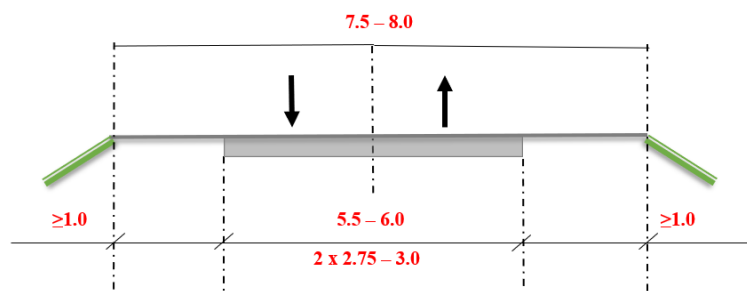


1/2

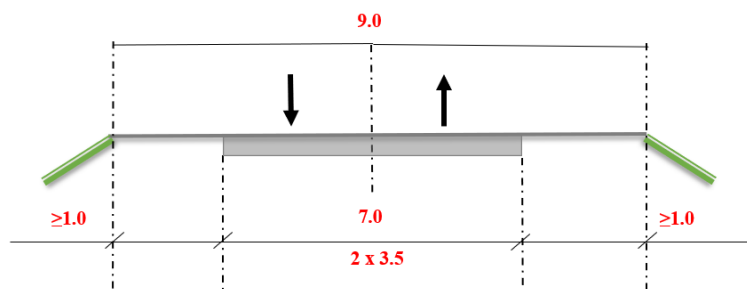


Rysunek 4.4. Typowe przekroje dróg głównych G [128]

1/2 Poza terenem zabudowy

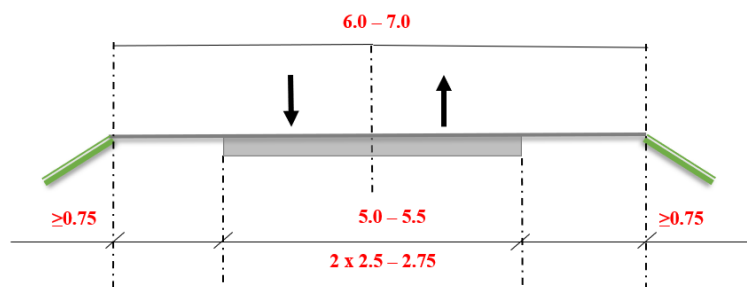


1/2 Na terenie zabudowy

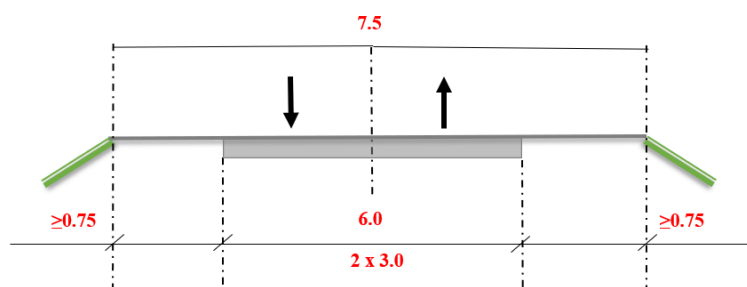


Rysunek 4.5. Typowe przekroje dróg zbiorczych Z [128]

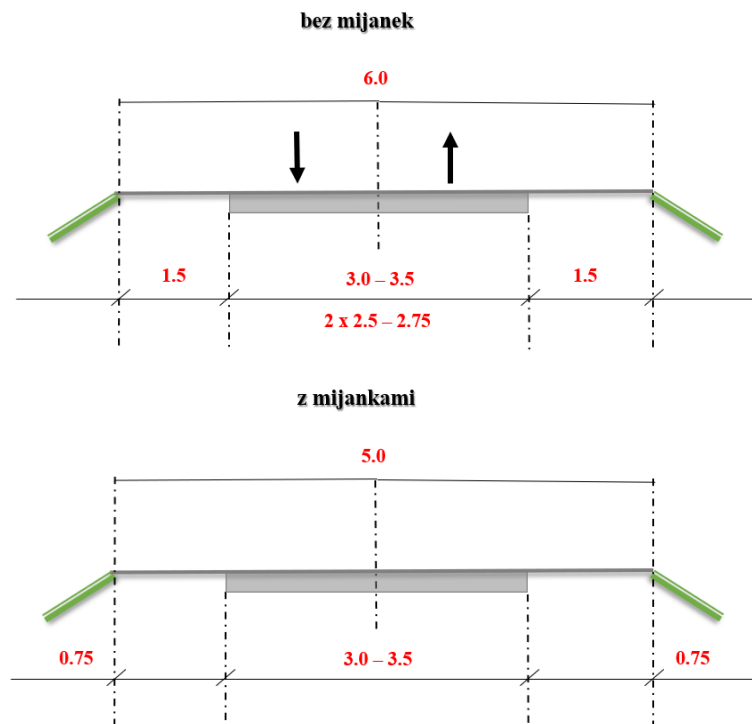
1/2 Poza terenem zabudowy



1/2 Na terenie zabudowy



Rysunek 4.6. Typowe przekroje dróg lokalnych L [128]



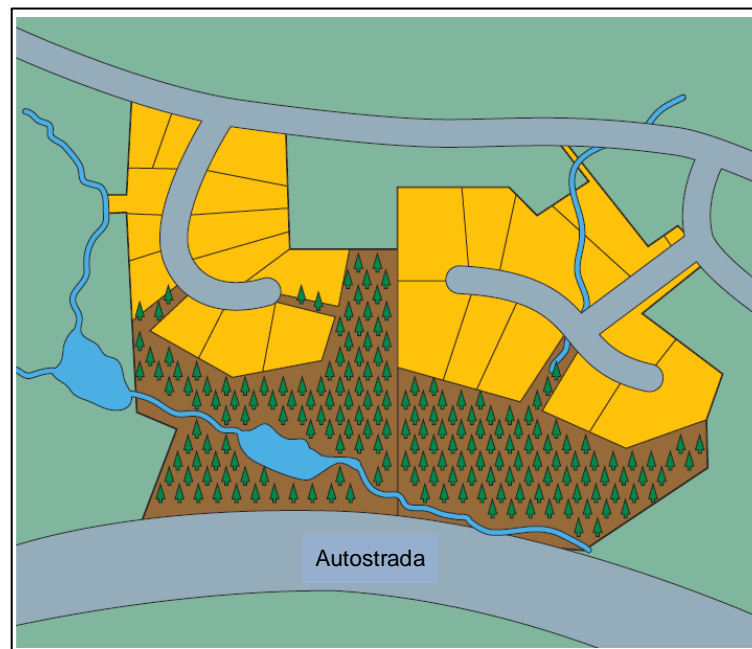
**Rysunek 4.7.** Typowe przekroje dróg dojazdowych D [128]

Lokalizacja zabudowy wzdłuż drogi to bardzo trudny temat, gdyż bez podania odległości wrażliwej zabudowy od drogi, jej wysokości, przedziałów natężenia ruchu na drodze głównej przy której dany układ zabudowy ma być stosowany nie jest możliwe precyzyjne usytuowanie zabudowy. Pomimo tego istnieją pewne możliwości projektowania. Po pierwsze ustala się strefy buforowe, których szerokość jest zależna od natężenia ruchu na drodze oraz od zagospodarowania terenu między źródłem a odbiorcą. Strefa buforowa może być też zabudową, gdy nie ma możliwości wydzielenia odpowiednio dużej strefy wolnej pomiędzy zabudową wrażliwą a drogą. Takie rozwiązanie jest bardzo drogie i rzadko spotykane. W przypadku, gdy inwestorzy posiadają na tyle dużą działkę, że mogą sobie pozwolić na ochronę akustyczną w postaci budynków ekranujących to można się z takim rozwiązaniem spotkać. Przykład wykonania stref buforowych z zabudową przedstawiono na rysunku 4.8 [129, 130].



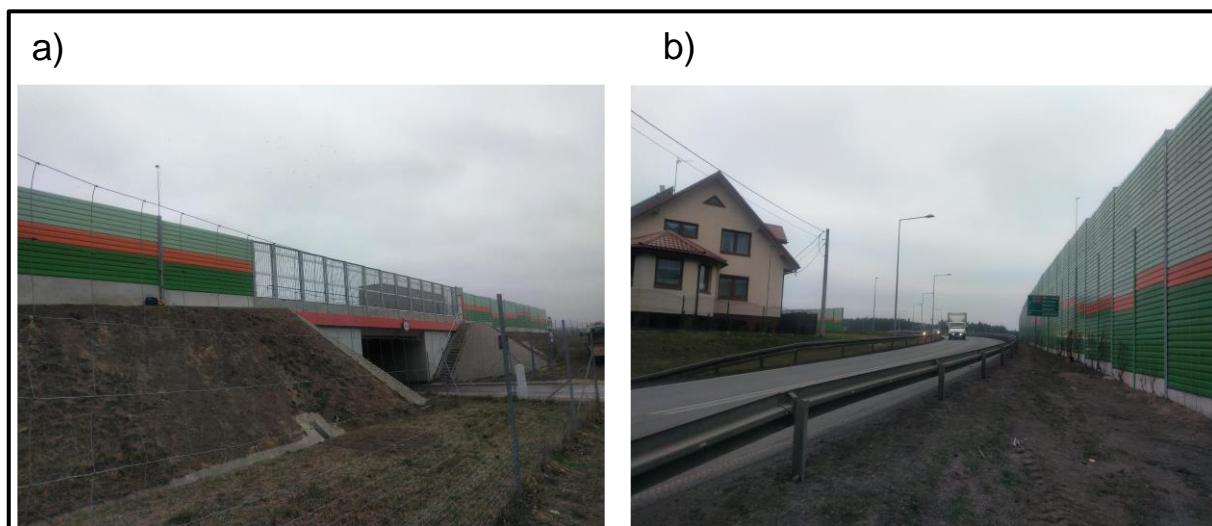
**Rysunek 4.8.** Modelowy przykład zabudowy z garażami pełniącymi funkcję ekranującą [129, 130]

Kolejnym rodzajem strefy buforowej jest strefa z różnymi formami zieleni. Według danych literaturowych [129, 130] redukcja hałasu dzięki tłumieniu waha się w granicach od 4 dB do 10 dB. Przykład takiej strefy pokazano na rysunku 4.9 [129].



**Rysunek 4.9.** Strefy buforowe z udziałem zieleni [129]

Innym rodzajem strefy buforowej może być strefa z wałem ziemnym lub z ekranem akustycznym. Rozwiązanie z wałem ziemnym jest alternatywą dla budowy ekranów akustycznych, jednakże wały są mniej drażliwe dla mieszkańców, a poza tym lepiej tłumią hałas. Przykładowe rozwiązania pokazano na rysunku 4.10



*Rysunek 4.10. Strefy buforowe a) z wałem ziemnym, b) z ekranem akustycznym [zdjęcia własne]*

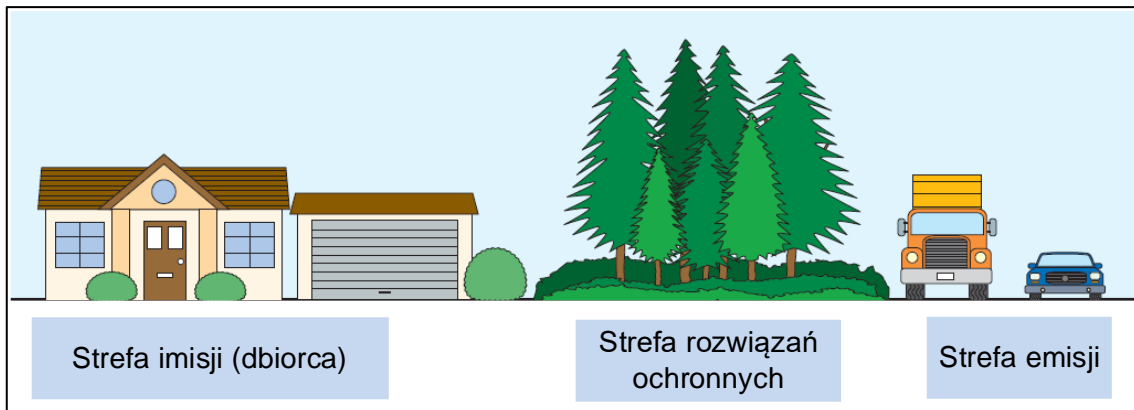
## 4.2. METODY OCHRONY PRZECIWHĄŁASOWEJ

Literatura [131, 132] w dobrym stopniu definiuje sposoby oceny oraz sposoby i metody ochrony przed niekorzystnym oddziaływaniem hałasu. W modelowaniu ochrony przed hałasem wyróżnia się trzy strefy:

- strefa emisji,
- strefa rozwiązań ochronnych,
- strefa immisji.

Na rysunku 4.11 przedstawiono taki model, w którym wyraźnie zaznaczono, że możliwość zastosowania urządzeń ochrony istnieje tylko w środkowej strefie.





*Rysunek 4.11. Tradycyjny model ochrony przed hałasem z wydzielonymi strefami [128, 129]*

Ponieważ wskazane rozwiązanie nie zawsze jest możliwe do zastosowania, to często zaleca się stosowanie rozwiązań obejmujących strefę emisji i immisji hałasu. Działania ochronne w strefie emisji dotyczą przede wszystkim zmniejszenia generowania hałasu przez źródło (np. ciche nawierzchnie).

Jak wskazano w podręczniku [128] ochrona przed hałasem obejmuje

1. w strefie emisji:

- konstrukcję pojazdu, silnika, opon,
- metody związane ze stylem jazdy,
- lokalizację drogi i jej otoczenia,
- przekrój podłużny drogi,
- przekrój poprzeczny drogi,
- nawierzchnię drogi,
- częściowe i pełne przekrycie drogi oraz tunele,
- regulację natężenia ruchu pojazdów,
- regulację struktury pojazdów,
- regulację płynności ruchu,
- uspokojenie ruchu.

2. w strefie imisji:

- ekrany akustyczne w postaci konstrukcji typu ściana,
- wały (ekrany) ziemne,
- kombinacje ekranu ziemnego z ekranem akustycznym,
- zabudowę niemieszkalną mającą na celu ochronę budynków mieszkalnych,

- pasy zieleni izolacyjnej,
- lokalizowanie budynków mieszkalnych w odpowiedniej odległości od tras komunikacyjnych,
- zmianę przeznaczenia funkcji budynku,
- budynki z zaprojektowanymi ekranami na elewacji,
- wymianę stolarki okiennej i izolację ścian budynków.

### 4.3. POMIAR HAŁASU ŚRODOWISKOWEGO WRAZ Z NIEPEWNOŚCIĄ POMIAROWĄ

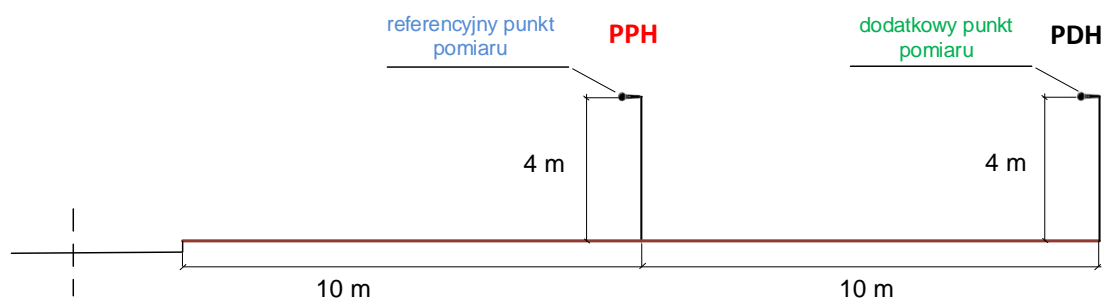
W celu dokonania pomiaru hałasu ustala się punkty pomiarowe, które dzielą się na referencyjne i dodatkowe. Za pomocą punktów referencyjnych oceniamy i monitorujemy zmienność parametrów akustycznych źródła hałasu. Otrzymane w tych punktach wyniki służą do:

- oceny akustycznej źródła,
- interpretacji wyników pomiarów uzyskanych w dodatkowych punktach pomiarowych.

Punkty dodatkowe wynikają z preferencji zamawiającego pomiary lub z postulatów i skarg lokalnego społeczeństwa.

Pomiary poziomego hałasu rejestruje się dla wysokości 4 m nad poziomem terenu.

W przekroju pomiarowym punkt referencyjny ustawia się w odległości 10 m, a punkt dodatkowy 20 m od krawędzi jezdni (dla drogi przebiegającej w poziomie terenu) lub krawędzi zewnętrznej skarpy wykopu (dla drogi przebiegającej w wykopie) lub od punktu w którym krawędź nasypu przecina się z powierzchnią terenu.



**Rysunek 4.12.** Lokalizacja punktów pomiarowych w sytuacji gdy droga przebiega na poziomie terenu

Dopuszcza się również usytuowanie punktu pomiarowego w odległości 1,0 m – 2,0 m w odległości od elewacji budynku w przypadku, gdy usytuowanie zabudowy mieszkaniowej bezpośrednio przy drodze nie pozwala usytuować punktu referencyjnego we właściwym miejscu.

Inne wytyczne dotyczące lokalizacji punktów pomiarowych:

- w przypadku, gdy zabudowa mieszkaniowa jest oddalona od punktu referencyjnego o nie więcej niż 100 m, wówczas można zrezygnować z pomiaru w odległości 10 m od punktu referencyjnego i wykonać pomiar przy elewacji zabudowy mieszkaniowej, z zachowaniem odległości 1,0 m – 2,0 m od elewacji,
- pozostałe punkty pomiarowe wynikające ze skarg i wniosków społeczności lokalnej powinny być ustalane indywidualnie,
- w przypadku pomiarów hałasu na terenie chronionym, nieprzeznaczonym pod zabudowę, punkt pomiarowy lokalizuje się na wysokości 1,5 m nad powierzchnią terenu,
- jeżeli pomiary hałasu prowadzone są na terenie zabudowanym, to w celu zminimalizowania wpływu odbić dźwięku, punkty pomiarowe sytuuje się w odległości co najmniej 3,5 m od najbliższej płaszczyzny odbijającej,
- w przypadku pomiarów wykonywanych w terenie, na którym usytuowana jest zabudowa wymagająca ochrony akustycznej, punkt pomiarowy hałasu w środowisku lokalizuje się w odległości od 1,0 m do 2,0 m od zewnętrznej ściany budynku na wysokości 1,5 m nad poziomem podłogi kondygnacji,
- w przypadku pomiarów hałasu na obszarach przeznaczonych pod zabudowę punkt pomiarowy sytuuje się na granicy przewidywanej zabudowy na wysokości 4 m nad poziomem terenu w przypadku przewidywanej zabudowy jednorodzinnej lub 10 m na poziomie terenu w przypadku przewidywanej zabudowy wielorodzinnej,
- w innych przypadkach (skomplikowanego ukształtowania terenu) lokalizacja punktów pomiarowych ustalana jest indywidualnie.

Pomiary hałasu wykonuje się miernikiem poziomu dźwięku wg. charakterystyki korekcyjnej A dla stałej czasowej typu FAST. Zapis pomiaru powinien być dokonywany co jedną sekundę do pamięci urządzenia pomiarowego (dopuszcza się zapis co jedną minutę). Pomiary wykonuje się w warunkach meteorologicznych zapewniających

najbardziej stabilne warunki w czasie rozprzestrzeniania się dźwięku z dodatnią składową prędkości wiatru od źródła do punktu pomiarowego, przy czym powinno być zapewnione:

- prędkość wiatru 0-5 m/s określona na wysokości położenia najwyższego punktu lokalizacji,
- brak silnej inwersji temperaturowej przy gruncie,
- temperatura powyżej  $-5^{\circ}\text{C}$ ,
- brak opadów atmosferycznych.

Pomiary meteorologiczne wykonuje się równocześnie z pomiarem hałasu [107].

Pomiary ruchu drogowego wykonuje się w tym samym czasie i w tym samym miejscu co pomiary hałasu i powinny być one prowadzone i sumowane w interwałach 1-godzinnych rozpoczynanych o pełnych godzinach. Pomiary natężenia ruchu powinny być wykonywane oddzielnie dla każdego kierunku niezależnie od liczby pasów ruchu występujących w danym kierunku i oddzielnie dla każdej kategorii pojazdów. Powinno się również dokonywać pomiarów prędkości pojazdów z podziałem na ich kategorie.

Wartość równoważona poziomu hałasu powinna być wyznaczona na podstawie wzoru:

$$L_{Aeq,T} = L_{Aeq,T(P)} \pm \Delta L_{Aeq,T} \quad (4.1)$$

gdzie:

$L_{Aeq,T(P)}$  – wartość zmierzonego równoważnego poziomu dźwięku dla czasu odniesienia [dB]

$\Delta L_{Aeq,T}$  – niepewność oszacowania wartości równoważnego poziomu dźwięku [dB]

Przy szacowaniu niepewności zakłada się, że zmierzone  $Y$  jest określone z  $N$  pomiarów zmiennych niezależnych  $X_1, X_2, \dots, X_N$ , czyli [74]:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_N) \quad (4.2)$$

Wartości  $x_1, x_2, \dots, x_n$  są estymatorami wielkości wejściowych  $X_1, X_2, \dots, X_N$ . W konsekwencji każda estymata  $x_i$  jest z niepewnością  $u(x_i)$ , która wyraża się na podstawie eksperymentalnego odchylenia standardowego [112]

$$\sigma = s(x_i) = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{k=1}^n (x_i - \bar{X})^2} \quad (4.3)$$

Standardowa niepewność pomiaru jest w statystyce matematycznej definiowana jako eksperymentalne odchylenie standardowe średniej wartości każdego mierzonego parametru za pomocą równania:

$$u(x_i) = \frac{s(x_i)}{\sqrt{N}} \quad (4.4)$$

W przypadku pomiarów hałasu, gdy wielkości mierzone są przeliczane na liczby względne i odwrotnie, równanie (4.4) zapisujemy w postaci [112, 94]

$$u(x_i) = 10 \log(10^{0,1\bar{L}} + S(x_i)) - \bar{L} \quad (4.5)$$

gdzie  $\bar{L}$  jest energetycznym uśrednieniem pomiarów hałasu niezależnych  $N_m$  równo trwających pomiarów, wyrażony wzorem:

$$\bar{L} = 10 \log\left(\frac{1}{N_m} \sum_{i=1}^{N_m} 10^{0,1L_i}\right) \quad (4.6)$$

gdzie  $L_i$  jest wynikiem i-tego pomiaru poziomu dźwięku.

Na podstawie równania (4.3) z uwzględnieniem, że wielkości mierzone wyrażane są w decybelach, otrzymujemy:

$$S(x_i) = u(x_i) = \Delta L_{Aeq,T} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (10^{0,1L_i} - 10^{0,1\bar{L}})^2} \quad (4.7)$$

Wielkość wyrażoną wzorem (4.7) nazywamy niepewnością standardową. Dla celów niniejszej pracy na tym rozważania niepewności pojedynczego pomiaru zakończymy.

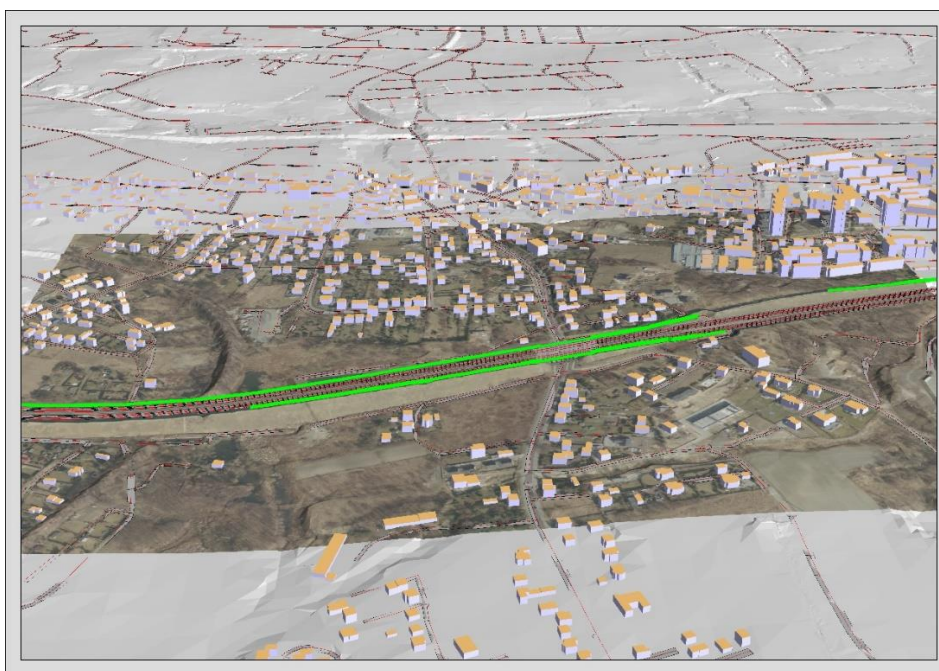
#### 4.4. MODELOWANIE MAP HAŁASU

Modelowanie map hałasu wykonywane jest za pomocą programu SoundPLAN. W tym celu zbierane są dane dotyczące zagospodarowania terenu, natężenia ruchu, średniej prędkości pojazdów, wysokości zabudowy, parametrów drogi, itp. Dla każdego z analizowanych przypadków wprowadza się następujące dane:

- szerokość jezdni i poboczy,

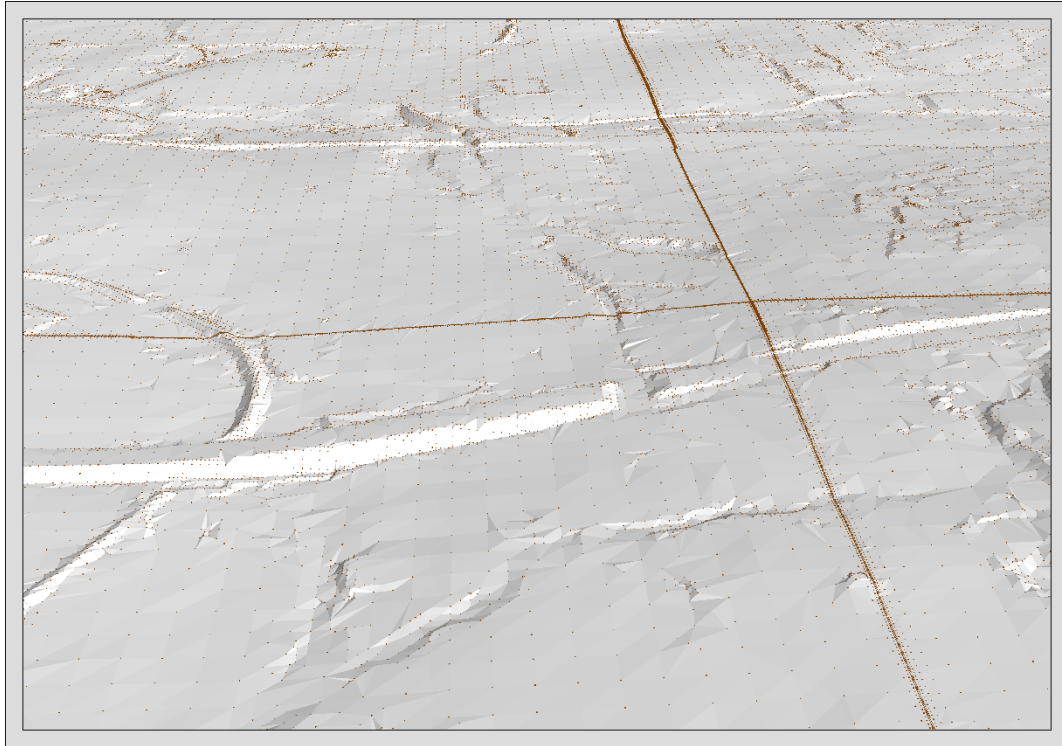
- rodzaj nawierzchni i jej hałaśliwość,
- odległość poszczególnych punktów obliczeniowych od krawędzi jezdni lub od innych przeszkód terenowych,
- długość i wysokość ekranów akustycznych, wałów ziemnych i podobnych elementów infrastruktury,
- rodzaj pokrycia terenu,
- lokalizacja zabudowy.

Na podstawie inwentaryzacji źródeł hałasu i otaczającego ich zagospodarowania, dostępnych ortofotomap, modelu 3D istniejącego terenu (pозyskanego z zasobów GUGiK) oraz zmierzonego lub obliczonego natężenia ruchu a także prędkości pojazdów dla każdej z dróg opracowano model na podstawie, którego wygenerowano wizualizacje (Rysunek 4.13.).



**Rysunek 4.13.** Wizualizacja Autostrady A4 i otaczającego ją zagospodarowania [opracowanie własne]

Mając do dyspozycji punkty wysokościowe budowany jest numeryczny model terenu (Rysunek 4.14.) .



**Rysunek 4.14.** Przykładowy model terenu [opracowanie własne]

Poszczególnym obiektom nadaje się atrybuty odpowiadające cechom fizycznym obiektów.

Po zdefiniowaniu i edycji wszystkich obiektów oraz wprowadzeniu wszelkich danych parametrów drogi i ruchu przeprowadza się kalibrację modelu obliczeniowego wykorzystując pomiary terenowe. Jako kryterium sprawdzające, na podstawie Rozporządzenia Ministra [107] oraz [15] przyjmuje się:

$$\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (L_{zm,i} - L_{obl,i})^2} \leq 2,5 \text{ dB} \quad (4.8)$$

gdzie:

$n$  – liczba punktów immisji, w oparciu o które dokonuje się kalibracji

$L_{zm,i}$  – poziom dźwięku zmierzony podczas pomiarów

$L_{obl,i}$  – poziom hałasu obliczony przez program.

Po wykonaniu kalibracji przystępuje się do obliczeń map akustycznych oraz wykonania części graficznej określając przy tym zakres obliczonych poziomów hałasu i odpowiadające im kolory.

## 5. METODOLOGIA BADAWCZA

### 5.1. WYBÓR UKŁADÓW DROGOWYCH

W pierwszym etapie realizacji pracy podjęto analizę raportów, w których ujęto wyniki pomiarów hałasu i pomiarów natężenia ruchu przeprowadzonych na różnych odcinkach dróg w latach 2005 – 2022 na zlecenie Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad. Pozwoliła ona, za zgodą GDDKiA, na wybór czterech odcinków dróg: fragmentu autostrady A4, fragmentu drogi ekspresowej S1 i dwóch fragmentów dróg krajowych – drogi DK44 i drogi DK1 [133-141]. Charakterystykę wybranych odcinków drogowych przedstawiono poniżej:

#### A. Fragment autostrady A4

Wybrany fragment obejmuje odcinek od węzła „Wirek” (km 325+232,8) do węzła „Batory” (km 331+470), który przebiega w granicach administracyjnych miast Ruda Śląska i Chorzów Batory. Pomiarzy na tym odcinku wykonano dwukrotnie w 2005 i 2008 roku. W Tabeli 5.1. przedstawiono podstawowe parametry analizowanego fragmentu drogi, natomiast na Rysunku 5.1. jej satelitarne zdjęcie pogładowe.

*Tabela 5.1. Charakterystyka wybranego odcinka Autostrady A4*

Nazwa drogi	<b>A4</b>
Rodzaj drogi	Autostrada
Ilość pasów jezdni	2
Ilość pasów ruchu	6
Szerokość jezdni	2x11,25 m
Szerokość pasa dzielącego	5,0 m w tym opaski 2x0,5 m
Szerokość pobocza ziemnego	min. 1,25 m
Pasy awaryjne	2x3,0 m
Prędkość projektowa	120 km/godzinę
Kategoria ruchu	KR6 – ruch bardzo ciężki
Pochylenie podłużne niwelety [%]	0,2 – 4,0





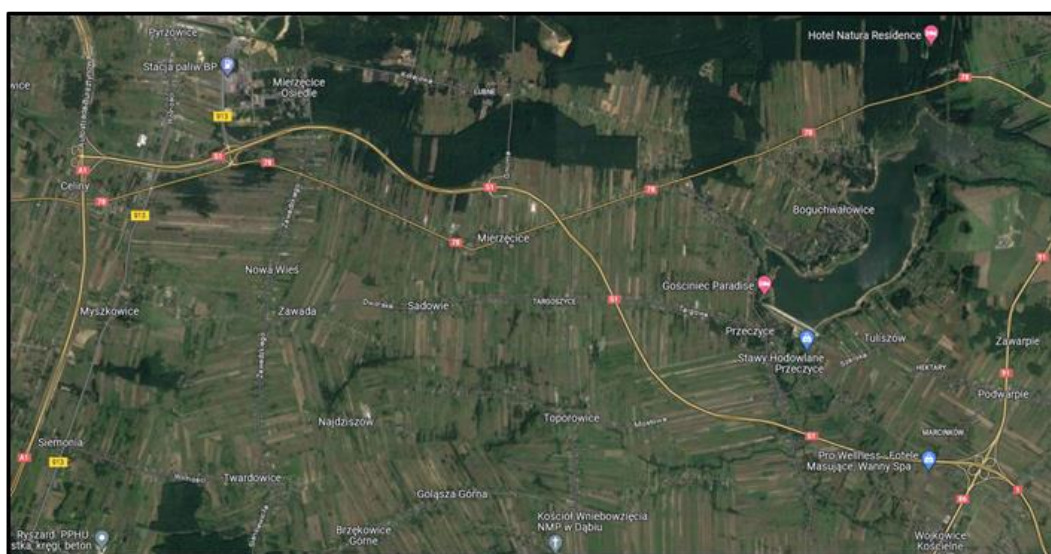
*Rysunek 5.1. Satelitarne zdjęcie wybranego odcinka Autostrady A4 (www.google.pl/maps)*

## **B. Fragment drogi ekspresowej S1**

Wybrany fragment obejmuje odcinek pomiędzy węzłem „Pyrzowice” (km 1+558,35) a węzłem „Podwarpie” (km 14+000), który przebiega w granicach administracyjnych miast Mierzęcice i Wojkowice Kościelne. Na wybranym odcinku obecnie istnieją jeszcze dwa węzły: „Lotnisko” i „Mierzęcice”. Wybrany fragment drogi powstawał w kilku etapach. W pierwszym etapie, zakończonym w 2004 roku, wybudowany został węzeł „Podwarpie” oraz 3 km odcinek na terenie gminy Siewierz. Drugi etap kontynuował wcześniejsze przedsięwzięcie i obejmował 9,5 km odcinek jednojezdniowy na terenie gminy Mierzęcice aż do lotniska w Pyrzowicach, a prace nad nim zakończono w 2007 roku [127]. Po sześciu kolejnych latach (w 2012 roku) do użytku oddano kolejny fragment tej drogi od węzła „Lotnisko” do węzła „Pyrzowice” [126]. W 2021 roku zakończył się kolejny etap prac, który polegał na budowie drugiej jezdni na odcinku 9,72 km od węzła „Podwarpie” do węzła „Lotnisko” [127]. Droga S1 na węzle „Podwarpie” łączy się z drogą krajową DK86 relacji Częstochowa – Katowice, natomiast na węzle „Pyrzowice” z autostradą A1 przebiegającą południowo przez cały kraj. Pomiary na tym odcinku wykonano dwukrotnie w 2007 i 2022 roku. W Tabeli 5.2. przedstawiono podstawowe parametry analizowanego fragmentu drogi, natomiast na Rysunku 5.2. jej satelitarne zdjęcie poglądowe.

**Tabela 5.2.** Charakterystyka wybranego odcinka Drogi Ekspresowej S1

Nazwa drogi	<b>S1</b>
Rodzaj drogi	Droga Ekspresowa
Ilość pasów jezdni	2
Jezdnia	7 m
Jezdnia zbiorczo-rozprowadzająca	4,5 m
Szerokość pasa dzielącego	4,0 m w tym opaski 2x0,5 m
Szerokość pobocza ziemnego	min. 1,25 m – 3,05 m
Pasy awaryjne	2x2,5 m
Kategoria ruchu	KR6 – ruch bardzo ciężki



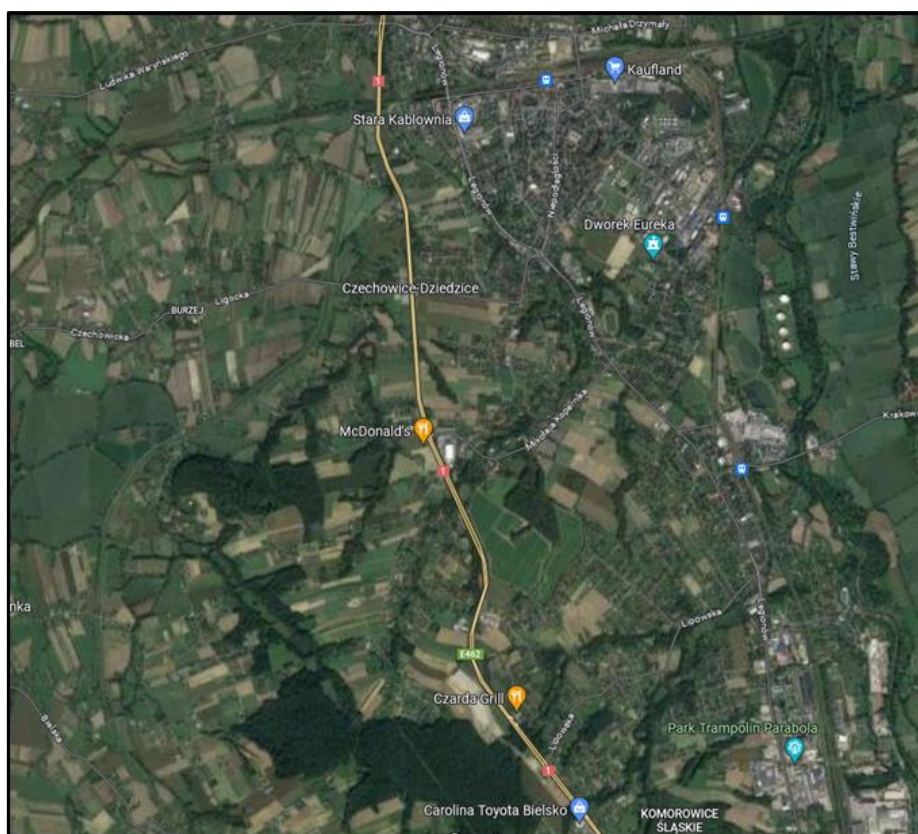
**Rysunek 5.2.** Satelitarne zdjęcie wybranego odcinka Drogi Ekspresowej S1  
([www.google.pl/maps](http://www.google.pl/maps))

### C. Fragment drogi głównej ruchu przyspieszonego DK1

Wybrany odcinek drogi przebiega w granicach administracyjnych miasta Czechowice – Dziedzice, ma długość 6,75km i stanowi fragment Południowo – Wschodniej Obwodnicy Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego. Pomiary na tym odcinku wykonano dwukrotnie w 2011 i 2018 roku. W Tabeli 5.3. przedstawiono podstawowe parametry analizowanego fragmentu drogi, natomiast na Rysunku 5.3. jej satelitarne zdjęcie poglądowe.

**Tabela 5.3. Charakterystyka wybranego odcinka Drogi Krajowej DK1**

Nazwa drogi	<b>DK1</b>
Rodzaj drogi	Droga Krajowej
Ilość pasów jezdni	2 (po 2 w każdym kierunku)
Jezdnia	7 m
Szerokość pasa rozdziału	4,0 m + opaski 2x0,5 m
Szerokość pasa dzielącego	2,0 m
Szerokość pobocza ziemnego	2x1,5 utwardzone
Kategoria ruchu	KR6 – ruch bardzo ciężki



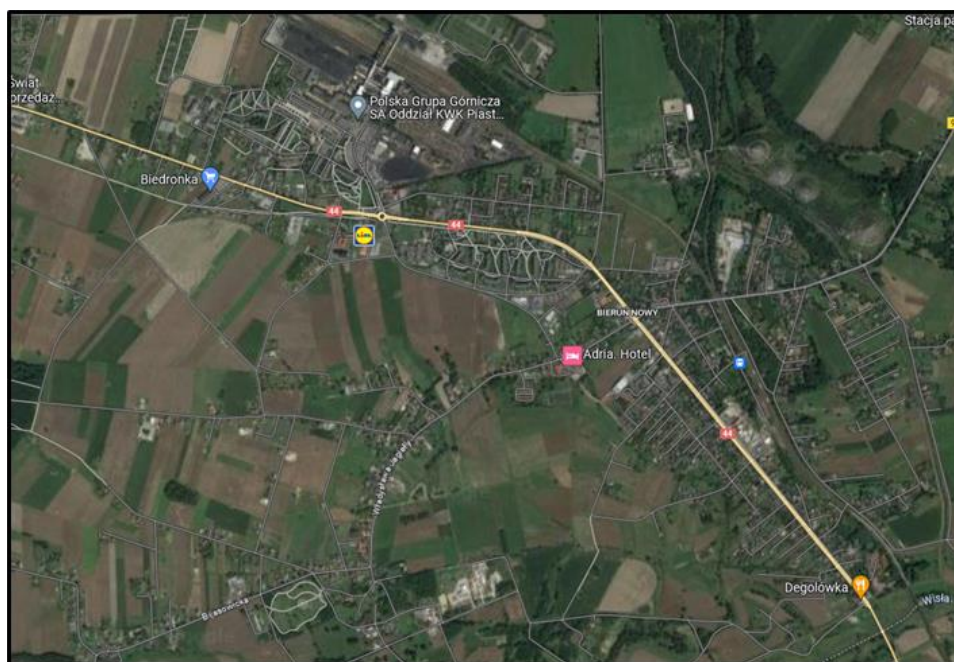
**Rysunek 5.3. Satelitarne zdjęcie wybranego odcinka Drogi Krajowej DK1**  
([www.google.pl/maps](http://www.google.pl/maps))

#### **D. Fragment drogi głównej ruchu przyspieszonego DK44**

Wybrany odcinek przebiega w granicach administracyjnych miasta Bieruń Nowy, ma długość ok. 0,74 km i stanowi fragment ok. 100 kilometrowej, tranzytowej drogi dwupasowej klasy GP, przebiegającej przez województwo śląskie oraz małopolskie, łączącej Górny Śląsk z Krakowem. Pomiar na tym odcinku wykonano dwukrotnie w 2019 i 2022 roku. W Tabeli 5.4. przedstawiono podstawowe parametry analizowanego fragmentu drogi, natomiast na Rysunku 5.4. jej satelitarne zdjęcie poglądowe.

**Tabela 5.4.** Charakterystyka wybranego odcinka Drogi Krajowej DK44

Nazwa drogi	<b>DK44</b>
Rodzaj drogi	Droga Krajowej
Ilość pasów jezdni	2
Szerokość jezdni	2x3,5 m
Pasy awaryjne	2x0,5 m
Kategoria ruchu	KR6 – ruch bardzo ciężki



**Rysunek 5.4.** Satelitarne zdjęcie wybranego odcinka Drogi Krajowej DK44 ([www.google.pl/maps](http://www.google.pl/maps))

Na wszystkich wybranych odcinkach dróg średnioroczne natężenie ruchu było większe niż 3 mln pojazdów.

## 5.2. POMIAR NATĘŻENIA RUCHU I POMIAR HAŁASU

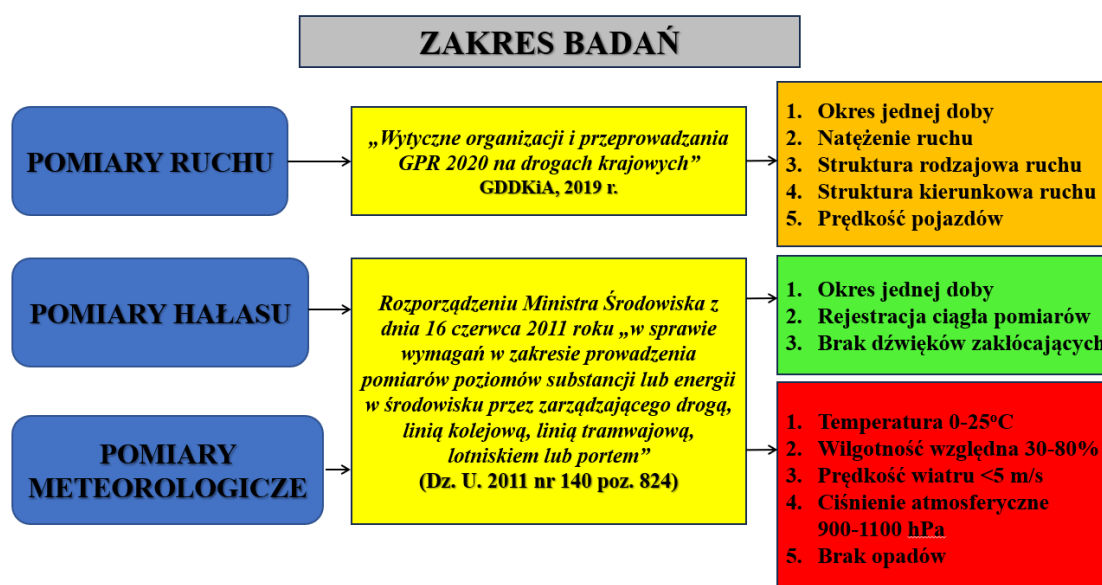
Natężenie ruchu i struktura ruchu mają istotny wpływ na propagację hałasu komunikacyjnego. Dlatego pomiary natężenia ruchu i rodzajowej struktury pojazdów na wybranych układach drogowych zostały przeprowadzone jednocześnie (synchronicznie) z pomiarami hałasu w punktach referencyjnych i punktach dodatkowych. Dodatkowo rejestrowano warunki meteorologiczne. Założono, że pomiary nie mogą być dokonywane podczas opadów atmosferycznych, temperatura powietrza powinna mieścić się w zakresie od 0°C do 25°C, wilgotność względna od 30% do 80%,

prędkość wiatru nie może przekroczyć 5 m/s, a ciśnienie atmosferyczne musi być w przedziale od 900 hPa do 1100 hPa. Do rejestracji warunków meteorologicznych wykorzystywano stacje pogodowe, które każdorazowo umieszczano 3,5m nad poziomem terenu. W przypadku przekroczenia przyjętego zakresu przez chociażby jeden z parametrów meteorologicznych pomiary były przerywane i rozpoczynano je od początku w sprzyjających warunkach pogodowych. Zestawienie przykładowych stosowanych stacji pogodowych przedstawiono poniżej w Tabeli 5.5.

**Tabela 5.5.** Zestawienie stacji pogodowych stosowanych podczas pomiarów meteorologicznych

RODZAJ STACJI METEOROLOGICZNEJ	Układ drogowy na którym była wykorzystana
LB-741	fragment A4, 2005r.
Davis Vantage Vue 6250EU	fragment DK44, 2022r.
Conrad WH2080	fragment S1, 2022r.
WS 2300	fragment DK1, 2022r.

Na Rysunku 5.5. przedstawiono aktualnie obowiązujące wytyczne odnoszące się do pomiarów hałasu i pomiarów natężenia ruchu w punktach pomiarowych oraz zakres wykonywanych pomiarów własnych. Należy zaznaczyć, że część pomiarów własnych była wykonana przed publikacją aktualnych przepisów, jednak ich metodologia od nich nie odbiega.



**Rysunek 5.5.** Schemat postępowania w punktach pomiarowych [opracowanie własne]

Wykorzystane do pomiarów urządzenia pomiarowe przed każdorazowym użyciem były kalibrowane, ponieważ kalibracja pozwala na uzyskanie dokładnych i powtarzalnych wyników, a jej brak może być przyczyną błędów pomiarowych.

### 5.2.1 METODOLOGIA POMIARÓW RUCHU

**Metodologia pomiarów ruchu** obejmowała kilka etapów i działań, które były niezbędne do uzyskania dokładnych, rzetelnych i wiarygodnych wyników. Zastosowano metodę bezpośrednią ciągłych pomiarów o ograniczonym czasie jednej doby dla każdego kierunku ruchu z osobna. Podczas pomiarów rejestrowano wszystkie poruszające się na wybranym odcinku pojazdy silnikowe, równocześnie prowadząc ich segregację na:

- motocykle,
- samochody osobowe,
- samochody dostawcze,
- samochody ciężarowe pow. 3,5t.
- TIR,
- autobusy,
- inne pojazdy.

Ponadto analizowano prędkość przejeżdżających pojazdów.

Do pomiarów ruchu wykorzystano:

- radarowy miernik prędkości marki Bushnell – zakres pomiarowy 16-322 km/h z błędem do 2 km/h,
- miernik prędkości Integra R – zakres pomiarowy 3-300km/h.

### 5.2.2 METODOLOGIA POMIARÓW HAŁASU

**Pomiary hałasu komunikacyjnego** zostały przeprowadzone w większości układów drogowych zgodnie z wytycznymi ujętymi w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 16 czerwca 2011 roku [107], w tym także w Załączniku 3 do wskazanego Rozporządzenia opisującego „Referencyjną metodykę wykonywania okresowych pomiarów poziomów hałasu wprowadzanego do środowiska w związku

z eksploatacją dróg, linii kolejowych, linii tramwajowych oraz kryteria lokalizacji punktów pomiarowych”. Metodologia pomiarów własnych dokonana przed publikacją ww. Rozporządzenia nie odbiegała od wytycznych w nim zawartych.

Podczas pomiarów dokonano ciągłej rejestracji poziomu hałasu w okresie jednej doby, a wielkościami mierzonymi i poddanymi analizie były:

- $L_{AeqD}$  [dB] – równoważny poziom dźwięku A dla pory dnia,
- $L_{AeqN}$  [dB] – równoważny poziom dźwięku A dla pory nocy.

Pomiary hałasu zostały wykonane w 9 punktach referencyjnych (**PPH**) oraz 27 punktach dodatkowych (**PDH**), w wyborze których uwzględniono:

- jednorodność akustyczną danego odcinka drogi oraz jej najbliższego otoczenia (ukształtowanie i zagospodarowanie graniczącego z drogą terenu, równomierny ruch),
- reprezentacyjność miejsca w odniesieniu do analizowanego obszaru,
- oddziaływanie hałasu na miejsca możliwego pobytu ludzi,
- brak źródeł dźwięku zakłócającego (ew. brak innych źródeł dźwięku kształtujących klimat akustyczny otoczenia),

**UWAGA.**

Poniżej przedstawiono wszystkie charakterystyki punktów pomiarowych referencyjnych. Charakterystyki pomiarowe punktów dodatkowych przedstawiono w Załączniku nr 1.

Opis punktów referencyjnych przedstawia się następująco:

**A. Punkty pomiarowe na odcinku autostrady A4, węzeł „Wirek” – węzeł „Batory”.**

Pomiary zostały wykonane w 2-ch punktach referencyjnych tj. **PPH\_1\_A4** i **PPH\_2\_A4** i w 4-ch punktach dodatkowych tj. **PDH\_1\_A4** ÷ **PDH\_4\_A4** znajdujących się w różnych miejscach. Zarówno w 2005 jak i w 2008 roku punkty pomiarowe referencyjne **PPH\_1\_A4** i **PPH\_2\_A4** zlokalizowane były w tych samych miejscach.

**A.1.** Punkt pomiarowy **PPH\_1\_A4** zlokalizowany w Rudzie Śląskiej (km 325+460)

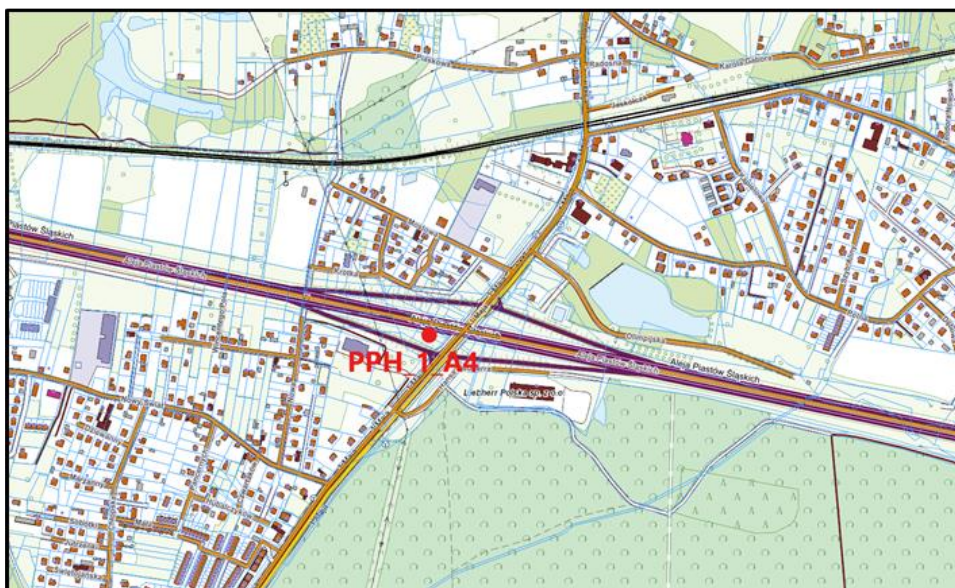
*Tabela 5.6. Położenie geograficzne punktu pomiarowego PPH\_1\_A4*

Nazwa punktu pomiarowego	<b>PPH_1_A4</b>
Odległość punktu pomiarowego od źródła hałasu [m]	10,0
Współrzędna geodezyjna E	18° 51' 16,1''
Współrzędna geodezyjna N	50° 15' 20,6''
Względna wysokość punktu pomiarowego – liczona od poziomu jezdni [m]	4,0

*Tabela 5.7. Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PPH\_1\_A4*

Nazwa drogi	A4
Rodzaj drogi	Autostrada
Długość odcinka jednorodnego, przy którym wykonywano pomiary	4170 m
Liczba pasów ruchu	6
Szerokość pasa ruchu [m]	3,75
Szerokość pasa dzielącego [m]	4,0
Niweleta drogi (w procentach)	<1 %
Stan jezdni (opisowo)	Bardzo dobry
Położenie (w poziomie terenu, w wykopie, na nasypie, na estakadzie)	W wykopie





*Rysunek 5.6. Lokalizacja punktu pomiarowego PPH\_1\_A4 w Rudzie Śląskiej (km 325+460)  
[www.geoportal.gov.pl]*



*Rysunek 5.7. Punkt pomiarowy PPH\_1\_A4 [zdjęcie własne]*

**Tabela 5.8.** Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PPH\_1\_A4

Rodzaj zabudowy	po stronie wykonywania pomiarów: Zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna i wielorodzinna
	po przeciwnej stronie: Zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna
Odległość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: 23,0m
	po przeciwnej stronie: 40,0m
Wysokość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: Budynki dwukondygnacyjne 6-8m
	po przeciwnej stronie: Budynki dwukondygnacyjne 6-8m

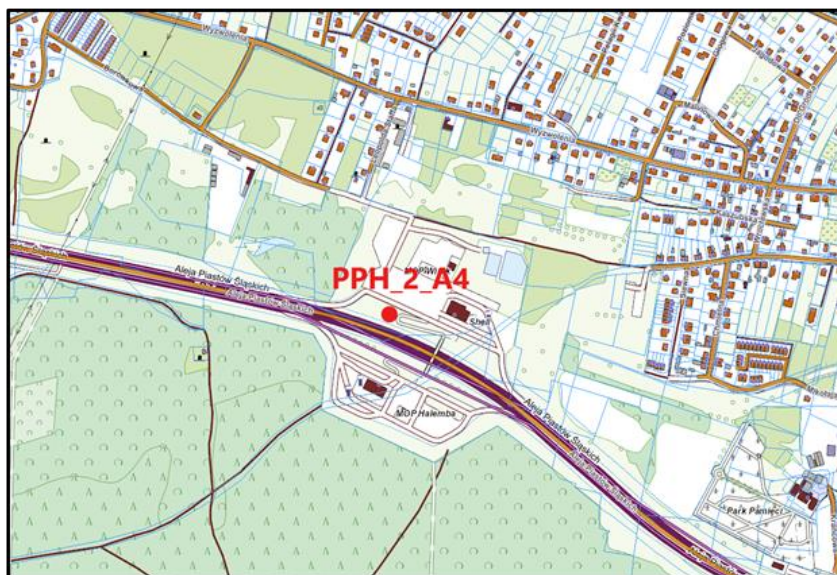
**A.2.** Punkt pomiarowy **PPH\_2\_A4** zlokalizowany w Rudzie Śląskiej (km 327+420)

**Tabela 5.9.** Położenie geograficzne punktu pomiarowego PPH\_2\_A4

Nazwa punktu pomiarowego	<b>PPH_2_A4</b>
Odległość punktu pomiarowego od źródła hałasu [m]	10,0
Współrzędna geodezyjna E	18° 52' 52,9"
Współrzędna geodezyjna N	50° 15' 08,7"
Względna wysokość punktu pomiarowego – liczona od poziomu jezdni [m]	4,0

**Tabela 5.10.** Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PPH\_2\_A4

Nazwa drogi	A4
Rodzaj drogi	Autostrada
Długość odcinka jednorodnego, przy którym wykonywano pomiary	5950 m
Liczba pasów ruchu	6
Szerokość pasa ruchu [m]	3,75
Szerokość pasa dzielącego [m]	4,0
Niweleta drogi (w procentach)	<1 %
Stan jezdni (opisowo)	Bardzo dobry
Położenie (w poziomie terenu, w wykopie, na nasypie, na estakadzie)	W poziomie terenu



*Rysunek 5.8. Lokalizacja punktu pomiarowego PPH\_2\_A4 w Rudzie Śląskiej (km 327+420)  
[www.geoportal.gov.pl]*



*Rysunek 5.9. Punkt pomiarowy PPH\_2\_A4 [zdjęcie własne]*

**Tabela 5.11. Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PPH\_2\_A4**

Rodzaj zabudowy	po stronie wykonywania pomiarów: BRAK
	po przeciwnej stronie: BRAK
Odległość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: BRAK
	po przeciwnej stronie: BRAK
Wysokość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: BRAK
	po przeciwnej stronie: BRAK

**B. Punkty pomiarowe na odcinku Drogi Ekspresowej S1, węzeł „Pyrzowice” – węzeł „Podwarpie”.** Pomiary zostały wykonane w 2-ch punktach referencyjnych tj. **PPH\_1\_S1** i **PPH\_2\_S1** i w 11 punktach dodatkowych tj. **PDH\_0\_S1 ÷ PDH\_10\_S1** znajdujących się w różnych miejscach, przy czym wyłącznie w punkcie **PDH\_0\_S1** wykonano pomiary w 2007 roku, natomiast pozostałych punktach pomiary wykonano w 2022 roku.

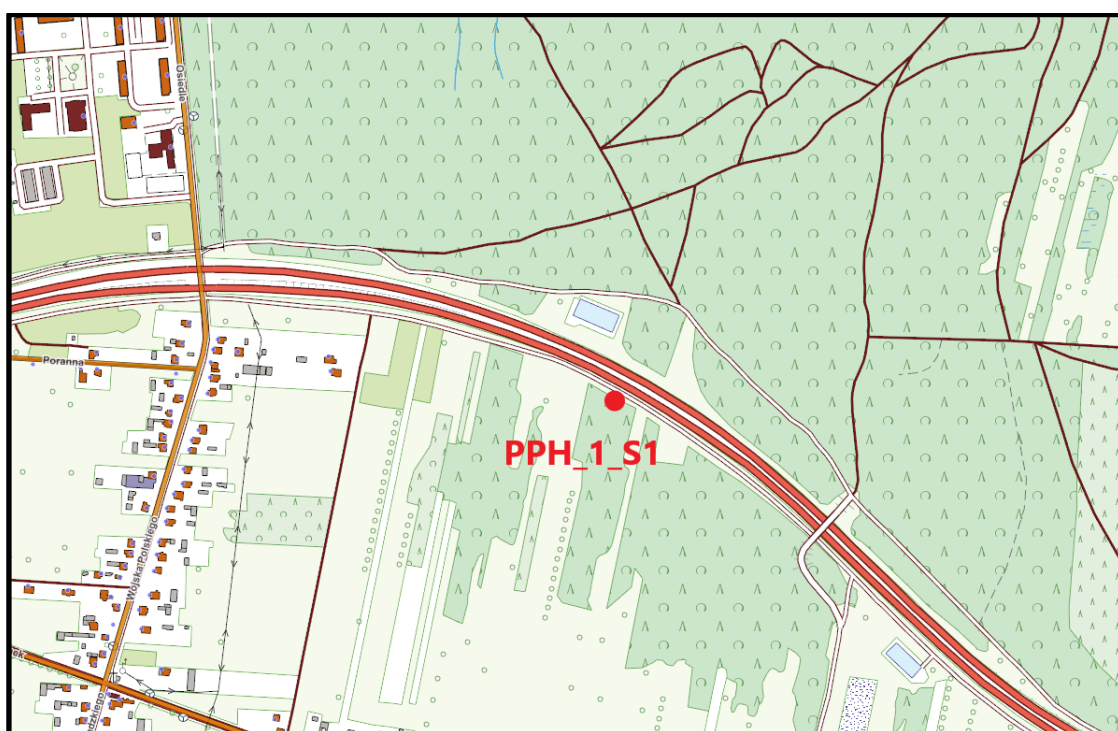
**B.1. Punkt pomiarowy PPH\_1\_S1** zlokalizowany w miejscowości Nowa Wieś (km 3+560)

**Tabela 5.12. Położenie geograficzne punktu pomiarowego PPH\_1\_S1**

Nazwa punktu pomiarowego	<b>PPH_1_S1</b>
Odległość punktu pomiarowego od źródła hałasu [m]	10 m
Współrzędna geodezyjna E	19°06'15,74"
Współrzędna geodezyjna N	50°27'19,07"
Względna wysokość punktu pomiarowego – liczona od poziomu jezdni [m]	4,0

**Tabela 5.13.** Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PPH\_1\_S1

Nazwa drogi	S1
Rodzaj drogi	Droga ekspresowa
Długość odcinka jednorodnego, przy którym wykonywano pomiary	3000 m
Liczba pasów ruchu	4
Szerokość pasa ruchu [m]	3,5
Szerokość pasa dzielącego [m]	5,5
Niweleta drogi (w procentach)	<1 %
Stan jezdni (opisowo)	Bardzo dobry
Położenie (w poziomie terenu, w wykopie, na nasypie, na estakadzie)	Na poziomie terenu



**Rysunek 5.10.** Lokalizacja punktu pomiarowego PPH\_1\_S1 zlokalizowany w miejscowości Nowa Wieś (km 3+560) [www.geoportal.gov.pl]



*Rysunek 5.11. Lokalizacja punktu referencyjnego PPH\_1\_S1 [zdjęcie własne]*

*Tabela 5.14. Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PPH\_1\_S1*

Rodzaj zabudowy	po stronie wykonywania pomiarów: BRAK
Odległość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: -
Wysokość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: -

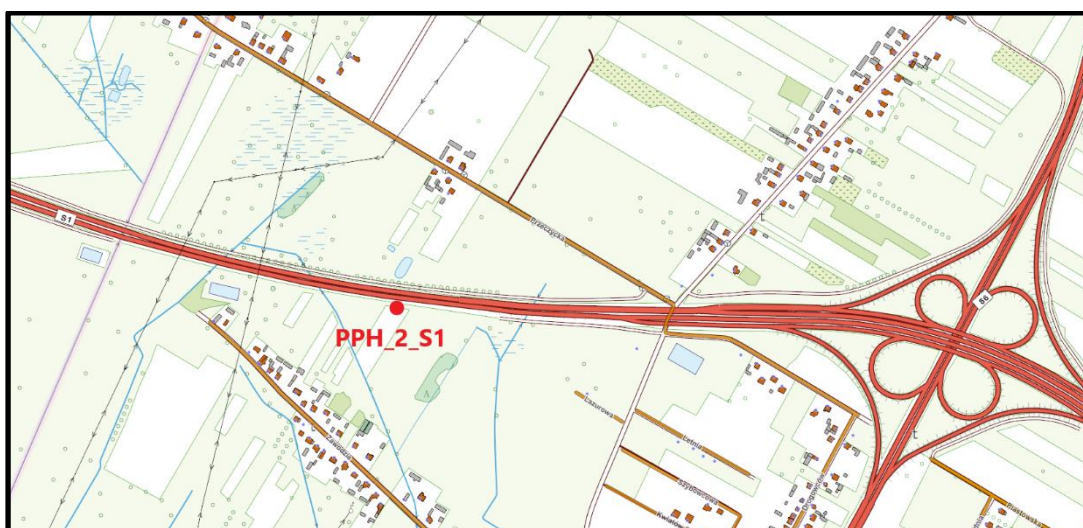
**B.2.** Punkt pomiarowy **PPH\_2\_S1** zlokalizowany przy Węźle „Podwarpie” (km 11+640)

*Tabela 5.15. Położenie geograficzne punktu pomiarowego PPH\_2\_S1*

Nazwa punktu pomiarowego	<b>PPH_2_S1</b>
Odległość punktu pomiarowego od źródła hałasu [m]	10 m
Współrzędna geodezyjna E	19°11'42,61"
Współrzędna geodezyjna N	50°25'13,33"
Względna wysokość punktu pomiarowego – liczona od poziomu jezdni [m]	4,0

**Tabela 5.16.** Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PPH\_2\_S1

Nazwa drogi	S1
Rodzaj drogi	Droga ekspresowa
Długość odcinka jednorodnego, przy którym wykonywano pomiary	7000 m
Liczba pasów ruchu	4
Szerokość pasa ruchu [m]	3,5
Szerokość pasa dzielącego [m]	5,5
Niweleta drogi (w procentach)	<1 %
Stan jezdni (opisowo)	Bardzo dobry
Położenie (w poziomie terenu, w wykopie, na nasypie, na estakadzie)	Na poziomie terenu



**Rysunek 5.12.** Lokalizacja punktu pomiarowego PPH\_2\_S1 w rejonie Węzła „Podwarpie” (km 11+640) [www.geoportal.gov.pl]



*Rysunek 5.13. Lokalizacja punktu referencyjnego PPH\_2\_S1 [zdjęcie własne]*

*Tabela 5.17. Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PPH\_2\_S1*

Rodzaj zabudowy	po stronie wykonywania pomiarów: BRAK
Odległość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: BRAK
Wysokość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: BRAK



### C. Punkty pomiarowe na odcinku Drogi Krajowej DK1 Czechowice – Dziejnice

Pomiary zostały wykonane w 3-ch punktach referencyjnych tj. **PPH\_2\_DK1** ÷ **PPH\_4\_DK1** i w 5-ciu punktach dodatkowych tj. **PDH\_2\_DK1** ÷ **PDH\_6\_DK1**.

Z analizy wykluczono punkt **PPH\_1\_DK1** i **PDH\_1\_DK1** (ujęte w Raporcie [138]), z uwagi na to, że nie miały one odniesienia do pomiarów wykonanych w 2011 roku. Lokalizacja analizowanych punktów pomiarowych była tożsama zarówno w 2011 jak i w 2018 roku.

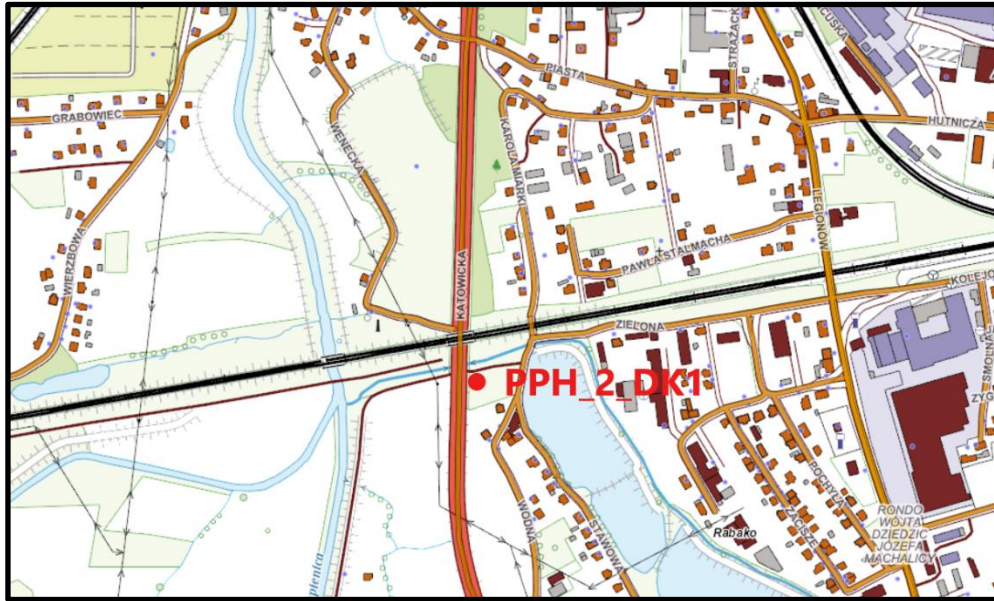
#### C.1. Punkt pomiarowy **PPH\_2\_DK1** zlokalizowany w Czechowicach – Dziejnicach (km 592+691)

*Tabela 5.18. Położenie geograficzne punktu pomiarowego PPH\_2\_DK1*

Nazwa punktu pomiarowego	<b>PPH_2_DK1</b>
Odległość punktu pomiarowego od źródła hałasu [m]	10,0
Współrzędna geodezyjna E	18° 59' 19,91''
Współrzędna geodezyjna N	49° 54' 46,11''
Względna wysokość punktu pomiarowego – liczona od poziomu jezdni [m]	4,0

*Tabela 5.19. Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PPH\_2\_DK1*

Nazwa drogi	DK1
Rodzaj drogi	Droga Krajowa
Długość odcinka jednorodnego, przy którym wykonywano pomiary	1900 m
Liczba pasów ruchu	4
Szerokość pasa ruchu [m]	3,5
Szerokość pasa dzielącego [m]	4,0
Niweleta drogi (w procentach)	<1 %
Stan jezdni (opisowo)	Bardzo dobry
Położenie (w poziomie terenu, w wykopie, na nasypie, na estakadzie)	W poziomie terenu



*Rysunek 5.14. Lokalizacja punktu pomiarowego PPH\_2\_DK1 w Czechowicach – Dziejicach (km 592+691) [www.geortal.gov.pl]*



*Rysunek 5.15. Punkt pomiarowy PPH\_2\_DK1 [zdjęcie własne]*

**Tabela 5.20. Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PPH\_1\_DK1**

Rodzaj zabudowy	po stronie wykonywania pomiarów: Zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna i wielorodzinna
	po przeciwnej stronie: BRAK
Odległość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: 20,0m
	po przeciwnej stronie: -
Wysokość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: Budynki I-II kondygnacyjne 7-9m
	po przeciwnej stronie: BRAK

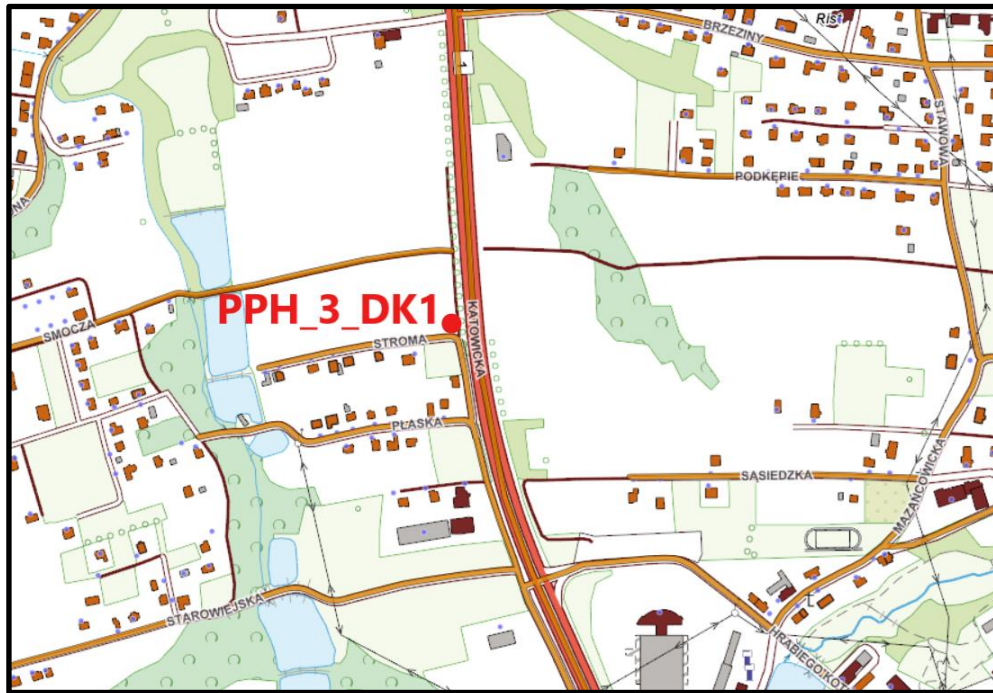
**C.2. Punkt pomiarowy PPH\_3\_DK1** zlokalizowany w Czechowicach – Dziedzicach  
(km 594+713)

**Tabela 5.21. Położenie geograficzne punktu pomiarowego PPH\_3\_DK1**

Nazwa punktu pomiarowego	<b>PPH_3_DK1</b>
Odległość punktu pomiarowego od źródła hałasu [m]	10,0
Współrzędna geodezyjna E	18° 59' 32,12"
Współrzędna geodezyjna N	49° 53' 41,84"
Względna wysokość punktu pomiarowego – liczona od poziomu jezdni [m]	4,0

**Tabela 5.22. Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PPH\_3\_DK1**

Nazwa drogi	DK1
Rodzaj drogi	Droga Krajowa
Długość odcinka jednorodnego, przy którym wykonywano pomiary	1000 m
Liczba pasów ruchu	4
Szerokość pasa ruchu [m]	3,5
Szerokość pasa dzielącego [m]	4,0
Niweleta drogi (w procentach)	<1 %
Stan jezdni (opisowo)	Bardzo dobry
Położenie (w poziomie terenu, w wykopie, na nasypie, na estakadzie)	W poziomie terenu



*Rysunek 5.16. Lokalizacja punktu pomiarowego PPH\_3\_DK1 w Czechowicach – Dziejicach (km 594+713) [www.geoportal.gov.pl]*



*Rysunek 5.17. Punkt pomiarowy PPH\_3\_DK1 [zdjęcie własne]*

**Tabela 5.23.** Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PPH\_3\_DK1

Rodzaj zabudowy	po stronie wykonywania pomiarów: Zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna i usługowa
	po przeciwnej stronie: Zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna i usługowa
Odległość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: 16,0 m
	po przeciwnej stronie: 124,0 m
Wysokość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: Budynki I-II kondygnacyjne 7-9m
	po przeciwnej stronie: Budynki I-II kondygnacyjne 7-9m

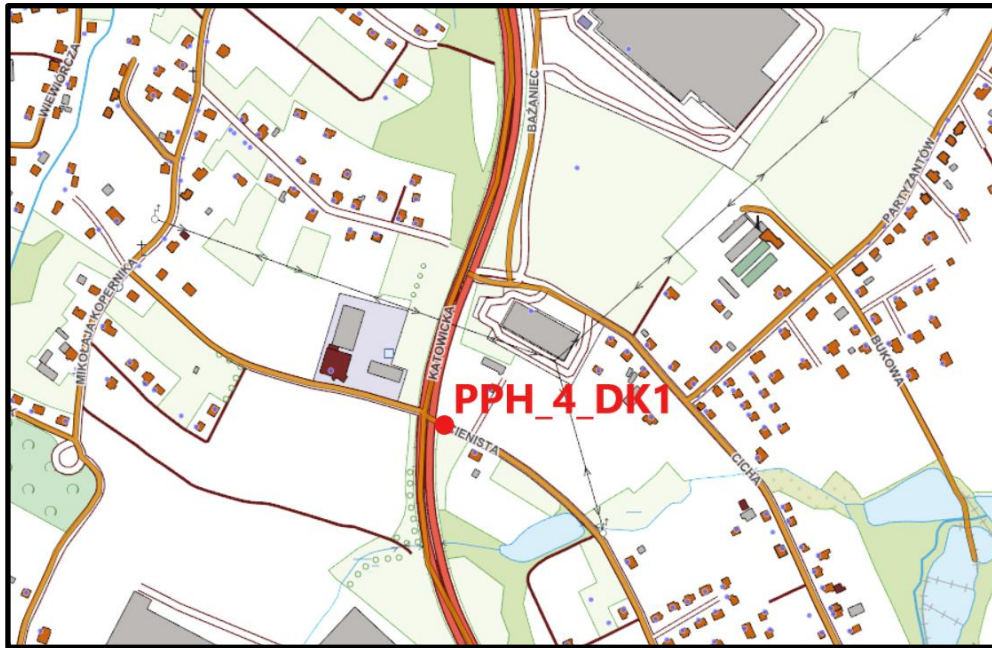
**C.3.** Punkt pomiarowy **PPH\_4\_DK1** zlokalizowany w Czechowicach – Dziejach (km 596+540)

**Tabela 5.24.** Położenie geograficzne punktu pomiarowego PPH\_4\_DK1

Nazwa punktu pomiarowego	<b>PPH_4_DK1</b>
Odległość punktu pomiarowego od źródła hałasu [m]	10,0
Współrzędna geodezyjna E	18° 59' 52,86"
Współrzędna geodezyjna N	49° 52' 46,47"
Względna wysokość punktu pomiarowego – liczona od poziomu jezdni [m]	4,0

**Tabela 5.25.** Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PPH\_4\_DK1

Nazwa drogi	DK1
Rodzaj drogi	Droga Krajowa
Długość odcinka jednorodnego, przy którym wykonywano pomiary	2570 m
Liczba pasów ruchu	4
Szerokość pasa ruchu [m]	3,5
Szerokość pasa dzielącego [m]	4,0
Niweleta drogi (w procentach)	<1 %
Stan jezdni (opisowo)	Bardzo dobry
Położenie (w poziomie terenu, w wykopie, na nasypie, na estakadzie)	W poziomie terenu



*Rysunek 5.18. Lokalizacja punktu pomiarowego PPH\_4\_DK1 w Czechowicach - Dziedzicach (km 596+540) [www.geoportal.gov.pl]*



*Rysunek 5.19. Punkt pomiarowy PPH\_4\_DK1 [zdjęcie własne]*

**Tabela 5.26.** Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PPH\_4\_DK1

Rodzaj zabudowy	po stronie wykonywania pomiarów: Zabudowa zagrodowa
	po przeciwnej stronie: Zabudowa usługowa
Odległość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: 43,0 m
	po przeciwnej stronie: 91,0 m
Wysokość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: Budynki I-II kondygnacyjne 7-9m
	po przeciwnej stronie: Budynki I-II kondygnacyjne 7-9m

**D. Punkty pomiarowe zlokalizowane na odcinku Drogi Krajowej DK44 w Bieruniu Nowym.** W 2019 roku pomiary zostały wykonane w 2-ch punktach referencyjnych tj. **PPH\_1\_DK44** i **PPH\_2\_DK44** i w 7-u punktach dodatkowych tj. **PDH\_1\_DK44** ÷ **PDH\_7\_DK44**, natomiast w roku 2022 tylko 4 punkty dodatkowe pokrywały się z punktami pomiarowymi wykonanymi w roku 2019.

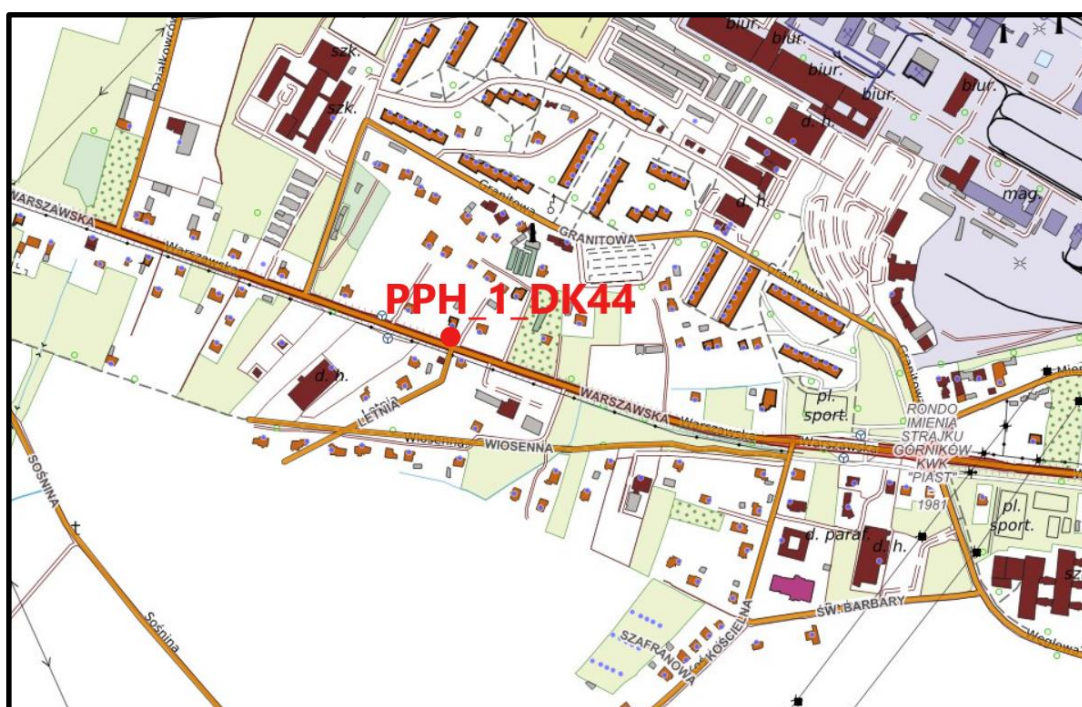
**D.1. Punkt pomiarowy PPH\_1\_DK44** zlokalizowany w Bieruniu Nowym (km 7+160)

**Tabela 5.27.** Położenie geograficzne punktu pomiarowego PPH\_1\_DK44

Nazwa punktu pomiarowego	<b>PPH_1_DK44</b>
Odległość punktu pomiarowego od źródła hałasu [m]	10,0
Współrzędna geodezyjna E	19° 09' 22,8"
Współrzędna geodezyjna N	50° 04' 49,5"
Względna wysokość punktu pomiarowego – liczona od poziomu jezdni [m]	4,0

**Tabela 5.28.** Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PPH\_1\_DK44

Nazwa drogi	DK44
Rodzaj drogi	Droga Krajowa
Długość odcinka jednorodnego, przy którym wykonywano pomiary	800 m
Liczba pasów ruchu	2
Szerokość pasa ruchu [m]	3,5
Szerokość pasa dzielącego [m]	-
Niweleta drogi (w procentach)	<1 %
Stan jezdni (opisowo)	Bardzo dobry
Położenie (w poziomie terenu, w wykopie, na nasypie, na estakadzie)	Na nasypie



**Rysunek 5.20.** Lokalizacja punktu pomiarowego PPH\_1\_DK44 w Bieruniu Nowym (km 7+160)  
[www.geoportal.gov.pl]





*Rysunek 5.21. Punkt pomiarowy PPH\_1\_DK44 [zdjęcie własne]*

*Tabela 5.29. Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PPH\_1\_DK44*

Rodzaj zabudowy	po stronie wykonywania pomiarów: Zabudowa usługowa i mieszkaniowa jednorodzinna
	po przeciwnej stronie: Zabudowa usługowa i mieszkaniowa jednorodzinna
Odległość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: 20-70,0 m
	po przeciwnej stronie: 8,5-90,0 m
Wysokość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: Budynki I-II kondygnacyjne 7-9m
	po przeciwnej stronie: Budynki I-II kondygnacyjne 7-9m

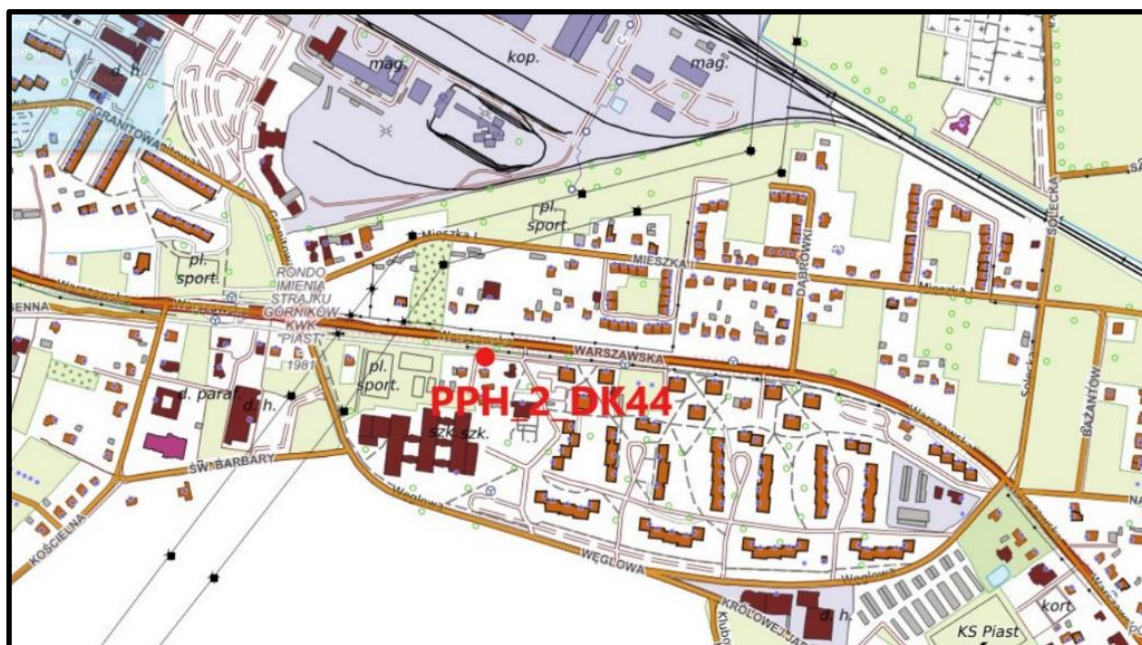
**D.2. Punkt pomiarowy PPH\_2\_DK44** zlokalizowany w Bieruniu Nowym (km 7+950)

*Tabela 5.30. Położenie geograficzne punktu pomiarowego PPH\_2\_DK44*

Nazwa punktu pomiarowego	<b>PPH_2_DK44</b>
Odległość punktu pomiarowego od źródła hałasu [m]	10,0
Współrzędna geodezyjna E	19° 10' 01,2"
Współrzędna geodezyjna N	50° 04' 43,8"
Względna wysokość punktu pomiarowego – liczona od poziomu jezdni [m]	4,0

**Tabela 5.31.** Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PPH\_2\_DK44

Nazwa drogi	DK44
Rodzaj drogi	Droga Krajowa
Długość odcinka jednorodnego, przy którym wykonywano pomiary	900 m
Liczba pasów ruchu	2
Szerokość pasa ruchu [m]	3,5
Szerokość pasa dzielącego [m]	-
Niweleta drogi (w procentach)	<1 %
Stan jezdni (opisowo)	Bardzo dobry
Położenie (w poziomie terenu, w wykopie, na nasypie, na estakadzie)	W poziomie



**Rysunek 5.22.** Lokalizacja punktu pomiarowego PPH\_2\_DK44 w Bieruniu Nowym (km 7+950)  
[www.geoportal.gov.pl]



*Rysunek 5.23. Punkt pomiarowy PPH\_2\_DK44 [zdjęcie własne]*

*Tabela 5.32. Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PPH\_2\_DK44*

Rodzaj zabudowy	po stronie wykonywania pomiarów: Zabudowa usługowa, mieszkaniowa jednorodzinna i wielorodzinna
	po przeciwnej stronie: Zabudowa usługowa i mieszkaniowa jednorodzinna
Odległość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: 6-85,0 m
	po przeciwnej stronie: 25,5-90,0 m
Wysokość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: Budynki I-IV kondygnacyjne 7-15m
	po przeciwnej stronie: Budynki I-II kondygnacyjne 7-9m

Do pomiarów hałasu komunikacyjnego wykorzystywano zestawy pomiarowe, które w zależności od czasu i miejsca wykonania pomiarów składały się z następujących elementów:

**A. Autostrada A4, 2005 rok**

*Tabela 5.33. Zestaw pomiarowy zastosowany podczas pomiarów w 2005 roku na Autostradzie A4*

<b>PUNKTY POMIAROWE</b>	<b>PPH_1_A4, PPH_2_A4</b>
Nazwa firmy	SVANTEK
Typ analizatora	SVAN 912A klasy I, SVAN 912AE klasy I
Typ mikrofonu	41 AM G.R.A.S. , SV 02
Stacja meteorologiczna	Typ LB-741
Stała czasowa	FAST
Korekcja	A
Nazwa firmy kalibratora	SVANTEK
Typ urządzenia kalibratora	SV30

**B. Autostrada A4, 2008 rok**

*Tabela 5.34. Zestaw pomiarowy zastosowany podczas pomiarów w 2008 roku na Autostradzie A4*

<b>PUNKTY POMIAROWE</b>	<b>PPH_1_A4, PPH_2_A4</b>
Nazwa firmy	SVANTEK
Typ urządzenia	SVAN 945A
Typ mikrofonu	40 AN G.R.A.S.
Numer fabryczny	8628, 8632
Świadczenie uwierzytelnienia wydane przez OUM Nr 7 w Łodzi	0842-7W3-07, 0807.2-7W3-07
Ważne do dnia	31.10.2009, 31.08.2009
Stała czasowa	FAST
Korekcja	A
Nazwa firmy kalibratora	RION
Typ urządzenia kalibratora	NC-74
Numer fabryczny	34172619
Świadczenie wzorcowania wydane przez OUM we Wrocławiu Nr	W5/401-62/07
Ważne do dnia	Bezterminowo

**C. Droga ekspresowa S1, 2007 rok,**

*Tabela 5.35. Zestaw pomiarowy zastosowany podczas pomiarów w 2007 roku na Drodze Ekspresowej S1*

<b>PUNKT POMIAROWY</b>	<b>PDH_0_S1</b>
Nazwa firmy	SVANTEK
Typ urządzenia	SVAN 948
Typ mikrofonu	SV 22
Numer fabryczny	12133
Świadectwo uwierzytelnienia wydane przez OUM Nr 7 w Łodzi	1 145-LB-12-431-211/R385/NSz/07
Ważne do dnia	30.04.2009
Stała czasowa	FAST
Korekcja	A
Nazwa firmy kalibratora	SVANTEK
Typ urządzenia kalibratora	SV-03A
Numer fabryczny	34172619
Świadectwo wzorcowania wydane przez GIG Katowice 30 listopada 2005	Nr 1486
Ważne do dnia	Bezterminowo
Nazwa firmy miernika natężenia ruchu	Wavetronix
Typ urządzenia	SS-125

**D. Droga ekspresowa S1, 2022 rok,**

*Tabela 5.36. Zestaw pomiarowy zastosowany podczas pomiarów w 2022 roku na Drodze Ekspresowej S1*

<b>PUNKTY POMIAROWE</b>	<b>PPH_1_S1, PPH_2_S1</b>
Nazwa firmy	SVANTEK
Typ urządzenia	SVAN 971
Typ mikrofonu	7052E
Numer fabryczny	79413
Świadectwo uwierzytelnienia wydane przez Lab. Wzorcujące SVANTEK	00019697/02/2021
Data wydania	05.01.2021
Stała czasowa	FAST
Korekcja	A
Nazwa firmy kalibratora	SVANTEK
Typ urządzenia kalibratora	SV36
Numer fabryczny	125685
Świadectwo wzorcowania wydane przez Lab. Wzorcujące SVANTEK	00049373/01/2022
Data wydania	21.09.2022

**E. Droga krajowa DK1, 2011 rok,**

*Tabela 5.37. Zestaw pomiarowy zastosowany podczas pomiarów w 2011 roku na Drodze Krajowej DK1*

<b>PUNKTY POMIAROWE</b>	<b>PPH_2_DK1, PPH_3_DK1, PPH_4_DK1</b>
Nazwa firmy	SVANTEK
Typ urządzenia	SVAN 945, SVAN 945 A
Typ mikrofonu	SV 02/C4, G.R.A.S. 40 AN
Numer fabryczny	4039, 9471, 3556
Świadectwo uwierzytelnienia wydane przez OUM Nr 7 w Łodzi	5131-7W1-11, 5128-7W1-11, 5130-7W1-11,
Data wydania	24.08.2011, 16.08.2011, 24.08.2011,
Stała czasowa	FAST
Korekcja	A
Nazwa firmy kalibratora	RION
Typ urządzenia kalibratora	NC-74
Numer fabryczny	34172619
Świadectwo wzorcowania wydane przez OUM w Łodzi	5174.2-7W1-09
Data wydania	26.08.2009

**F. Droga krajowa DK1, 2018 rok,**

*Tabela 5.38. Zestaw pomiarowy zastosowany podczas pomiarów w 2018 roku na Drodze Krajowej DK1*

<b>PUNKTY POMIAROWE</b>	<b>PPH_2_DK1, PPH_3_DK1, PPH_4_DK1</b>
Nazwa firmy	SVANTEK
Typ urządzenia	SVAN 945 A, SVAN 945
Typ mikrofonu	G.R.A.S. 40 AN, SV02/C4
Numer fabryczny	8632, 3556
Świadectwo uwierzytelnienia wydane przez OUM Nr 7 w Łodzi	7W1.436.5166.17/3, 7W1.436.5165.17/2
Data wydania	22.09.2017, 20.09.2017
Stała czasowa	FAST
Korekcja	A
Nazwa firmy kalibratora	RION
Typ urządzenia kalibratora	NC-74
Numer fabryczny	35073324
Świadectwo wzorcowania wydane przez OUM w Łodzi	7W1.436.5165.17/1
Data wydania	20.09.2017

**G. Droga główna ruchu przyspieszonego DK44, 2019 rok,**

*Tabela 5.39. Zestaw pomiarowy zastosowany podczas pomiarów w 2019 roku na Drodze Krajowej DK44*

PUNKTY POMIAROWE	PPH_1_DK44, PPH_2_DK44
Nazwa firmy	SVANTEK
Typ urządzenia	SVAN 945, SVAN 945 A
Typ mikrofonu	SV02/C4, G.R.A.S. 40 AN
Numer fabryczny	4039, 9471
Świadectwo uwierzytelnienia wydane przez OUM Nr 7 w Łodzi	7W1.436.5166.17/2, 7W1.436.5165.17/3
Data wydania	22.09.2017, 20.09.2017
Stała czasowa	FAST
Korekcja	A
Nazwa firmy kalibratora	RION
Typ urządzenia kalibratora	NC-74
Numer fabryczny	35073324
Świadectwo wzorcowania wydane przez OUM w Łodzi	7W1.436.5165.17/1
Data wydania	20.09.2017

**H. Droga główna ruchu przyspieszonego DK44, 2022 rok,**

*Tabela 5.40. Zestaw pomiarowy zastosowany podczas pomiarów w 2022 roku na Drodze Krajowej DK44*

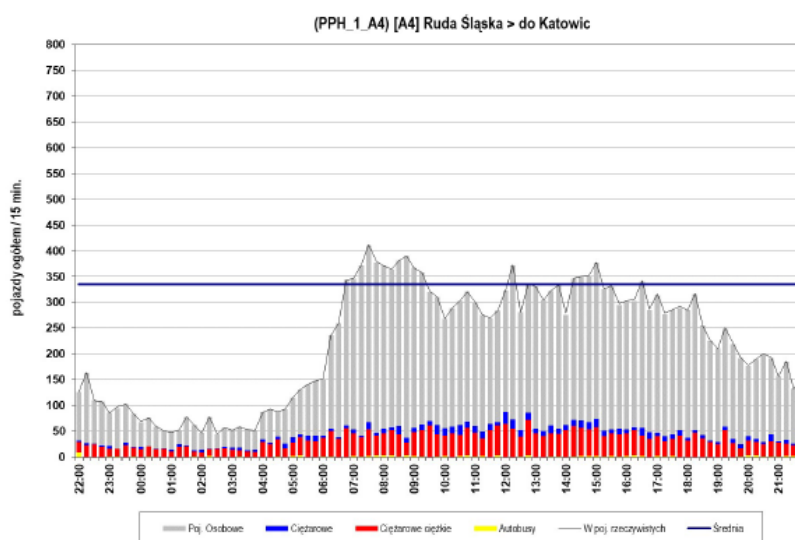
PUNKTY POMIAROWE	PDH_2_DK44, PDH_3_DK44, PDH_5_DK44, PDH_6_DK44
Nazwa firmy	SVANTEK
Typ urządzenia	SVAN 945 A, SVAN 979
Typ mikrofonu	40 AN nr 188233, 7052E nr 70140 40AN nr 54891, 40 AE nr 339248
Numer fabryczny	339248
Świadectwo uwierzytelnienia wydane przez Laboratorium Wzorcujące SVANTEK	00041530/02/2022, 00041531/02/2022 00041533/02/2022 00041535/02/2022
Data wydania	14.04.2022, 15.04.2022
Stała czasowa	FAST
Korekcja	A
Nazwa firmy kalibratora	RION
Typ urządzenia kalibratora	NC-74
Numer fabryczny	35073324
Świadectwo wzorcowania wydane przez OUM w Łodzi	7W1.436.5165.17/1
Data wydania	20.09.2017

### 5.3. WYNIKI POMIARÓW

Wszystkie dane zarejestrowane przez przyrządy pomiarowe, obejmujące zarówno pomiar ruchu jak i pomiar hałasu, były komputerowo przetworzone z wykorzystaniem właściwego oprogramowania, a następnie uporządkowywane w przejrzysty sposób w formie tabel i wykresów, które znacznie ułatwiły ich interpretację. Przykład jednej z prowadzonych analiz przedstawia rysunek poniżej, należy jednak zaznaczyć, że jest to tylko ułamek opracowywanych wyników. Wszystkich z podejmowanych analiz nie da się przytoczyć w niniejszej pracy z uwagi ograniczenia w pojemności pracy. Autor przedstawił te opracowania, które uznał za najistotniejsze.

**Wahania natężenia ruchu w przekroju (PPH\_1\_A4) Wirek - Batory  
strat 28 lipiec 2008 godz. 22:00**

#### 1. Struktura ruchu i wahania natężenia ruchu w przekroju dla całej doby



Struktura ruchu w przekroju w okresie pomiarowym 24h						
	Kierunek Katowice		Kierunek Wrocław		Suma	
<b>Całkowita ilość pojazdów</b>	<b>21438</b>		<b>21580</b>		<b>43018</b>	
Motocykle	63	0,29%	76	0,35%	139	0,32%
Samochody osobowe	15944	74,37%	14535	67,35%	30479	70,85%
Samochody dostawcze	1282	5,98%	2088	9,68%	3370	7,83%
Samochody ciężarowe pow. 3,5t	743	3,47%	875	4,05%	1618	3,76%
TIR	3300	15,39%	3905	18,10%	7205	16,75%
Autobusy	106	0,49%	101	0,47%	207	0,48%
<b>Pojazdy Umowne</b>	<b>26960</b>		<b>28092</b>		<b>55052</b>	

Rysunek 5.24. Przykład analizy wyników pomiarowych [opracowanie własne]



### 5.3.1 WYNIKI POMIARU RUCHU

Wyniki obejmujące strukturę ruchu uwzględniają:

1. liczbę wszystkich pojazdów silnikowych,
2. liczbę pojazdów z uwzględnieniem ich podziału na motocykle, pojazdy osobowe, pojazdy dostawcze, pojazdy ciężarowe powyżej 3,5t, TIRy, autobusy i inne,
3. średnią prędkość pojazdów także z uwzględnieniem ww. podziału.

Uzyskane wyniki wykorzystano do opracowania prognoz dotyczących wzrostu ruchu pojazdów w kolejnych latach, w których zgodnie z wytycznymi opublikowanymi przez Generalną Dyрекcję Dróg Krajowych i Autostrad [118], uwzględniono poza współczynnikiem elastyczności  $We$ , także właściwy dla danej kategorii pojazdów wskaźnik wzrostu PKB. W obliczeniach wykorzystano następujący wzór:

$$P_{(a,b,c)} = LP_{(a,c)} * [1 + We_{(a,b)} * PKB_{(b)}] \quad (5.1)$$

gdzie

$P_{(a,b,c)}$  – wartość wzrostu ruchu danej kategorii pojazdów (a) prognozowana dla określonego roku (b) na podstawie danych z danego roku pomiarów (c),

**a** – kategoria pojazdów tj. samochody osobowe, dostawcze, ciężarowe bez przyczep i naczep, ciężarowe z przyczepami i naczepami oraz autobusy,

**b** – rok, na który prognozowany jest ruch,

**c** – rok, z którego dane włączono do prognozy,

$LP_{(a,c)}$  – liczba pojazdów danej kategorii (a) przejeżdżająca analizowanym odcinkiem drogi w ciągu 24 godzin, w roku pomiarów (c),

$We_{(a,b)}$  – współczynnik elastyczności określony dla właściwej kategorii pojazdów (a) dla prognozy w roku (b),

$PKB_{(b)}$  – prognozowany dla roku (b) wskaźnik wzrostu PKB w podregionie obejmującym analizowany odcinek drogi.

Wskaźniki wzrostu PKB dla roku którego dotyczy prognoza oraz podregionu do którego przynależy analizowany układ drogowy przedstawiono w Tabeli 5.41., natomiast wartości współczynników elastyczności przedstawiono w Tabeli 5.42.

*Tabela 5.41. Wartości współczynnika elastyczności We zgodnie z (Załącznik 2 Zasady prognozowania wskaźników wzrostu ruchu wewnętrznego na okres 2008-2040 na sieci drogowej do celów planistyczno-projektowych; www.gddkia.gov.pl)*

KATEGORIA POJAZDÓW	Wskaźnik wzrostu PKB						
	2008	2010	2011	2015	2018	2020	2022
Podregion bielski (DK1)	4,8	3,8	3,4	3,1	3,0	2,7	2,6
Podregion tyski (DK44) oraz katowicki (A4, S1)	5,1	4,0	3,5	3,5	3,3	3,1	3,0

*Tabela 5.42. Wartości współczynnika elastyczności We zgodnie z (Załącznik 2 Zasady prognozowania wskaźników wzrostu ruchu wewnętrznego na okres 2008-2040 na sieci drogowej do celów planistyczno-projektowych; www.gddkia.gov.pl)*

KATEGORIA POJAZDÓW	We w latach	
	2008-2015	2016-2040
Samochody osobowe	0,90	0,80
Samochody dostawcze	0,33	0,33
Samochody ciężarowe bez przyczep i naczep	0,35	0,35
Samochody ciężarowe z przyczepami i naczepami	1,07	1,00

Wyniki pomiarów własnych oraz wyniki szacowanych prognoz zestawiono z pomiarami wykonanymi w ramach Generalnego Pomiaru Ruchu w latach 2005, 2010, 2015 i 2020. Do analizy włączono także prognozy przedstawione w raportach przygotowanych na zlecenie GDDKiA:

- A.** prognozy dla dwóch punktów referencyjnych zlokalizowanych na autostradzie A4, które ujęto w analizowanym raporcie z 2005 roku [133], natomiast wynikały one z prognozy wykonanej na 2020 rok w 2002 roku przez GDDKiA,
- B.** prognozy dla jednego punktu referencyjnego zlokalizowanego na drodze ekspresowej S1 ujęte w dwóch raportach [135, 136], z których jeden stanowił element prac przedrealizacyjnych w 2002 roku, a drugi był analizą porealizacyjną z 2008 roku.

Należy także zaznaczyć, że w Raporcie [135] oraz prognozie wykonanej przez GDDKiA dla autostrady A4 zastosowano metody zgodne z przepisami obowiązującymi w czasie ich wykonywania, czyli w 2002 roku, natomiast w Raporcie [136] ujęto rzeczywiste

pomiary ruchu wykonane w 2007 roku oraz szacowane natężenia ruchu w 2007 roku obliczone z prognoz zawartych w [135] jednak formułami obliczeniowymi dotyczącymi analiz i prognoz ruchu GDDKiA z 2007 r. Dla wszystkich ww. pomiarów i prognoz sporządzono także mapy hałasu. Wybrane z nich umieszczono w Załączniku 2 do niniejszej pracy.

Schemat postępowania z wynikami własnych pomiarów ruchu przedstawiono w Rysunku 5.25.

<b>DROGA</b>	<b>POMIARY WŁASNE</b>	<b>PRGONOZA</b>	<b>GPR</b>
<b>A4</b>	2005	2008, 2010, 2015, 2020	2005, 2010, 2015, 2020
	2008	2010, 2015, 2020	2010, 2015, 2020
<b>S1</b>	2008	2010, 2015, 2020, 2022	2010, 2015, 2020
	2022		
<b>DK1</b>	2011	2015, 2018, 2020	2015, 2020
	2018	2020	2020
<b>DK44</b>	2019	2020, 2022	2020
	2022		

*Rysunek 5.25 Zakres prowadzonych analiz [opracowanie własne]*

### 5.3.2 WYNIKI POMIARU HAŁASU

Wyniki pomiaru hałasu drogowego wyrażono w decybelach [dB] za pomocą wskaźników równoważnego poziomu dźwięku dla pory dziennej i pory nocnej, odpowiednio  $L_{Aeq D}$ ,  $L_{Aeq N}$ , przedstawionych wraz z wartością przedziałów niepewności rozszerzonej oszacowanej na poziomie ufności 95% ( $U_{95}$ ) w postaci:  $L_{Aeq D} \pm U_{95}$  oraz  $L_{Aeq N} \pm U_{95}$ . Przedział niepewności rozszerzonej obliczono korzystając ze wzoru:

$$U_{R,95} = \sqrt{U_{A,95}^2 + U_{B,95}^2} \quad (5.2)$$

gdzie:

$U_{R,95}$  – niepewność rozszerzona

$U_{A,95}$  – niepewność typu A poziomu ekwiwalentnego immisji dla normatywnego czasu obserwacji, dla poziomu ufności 95%

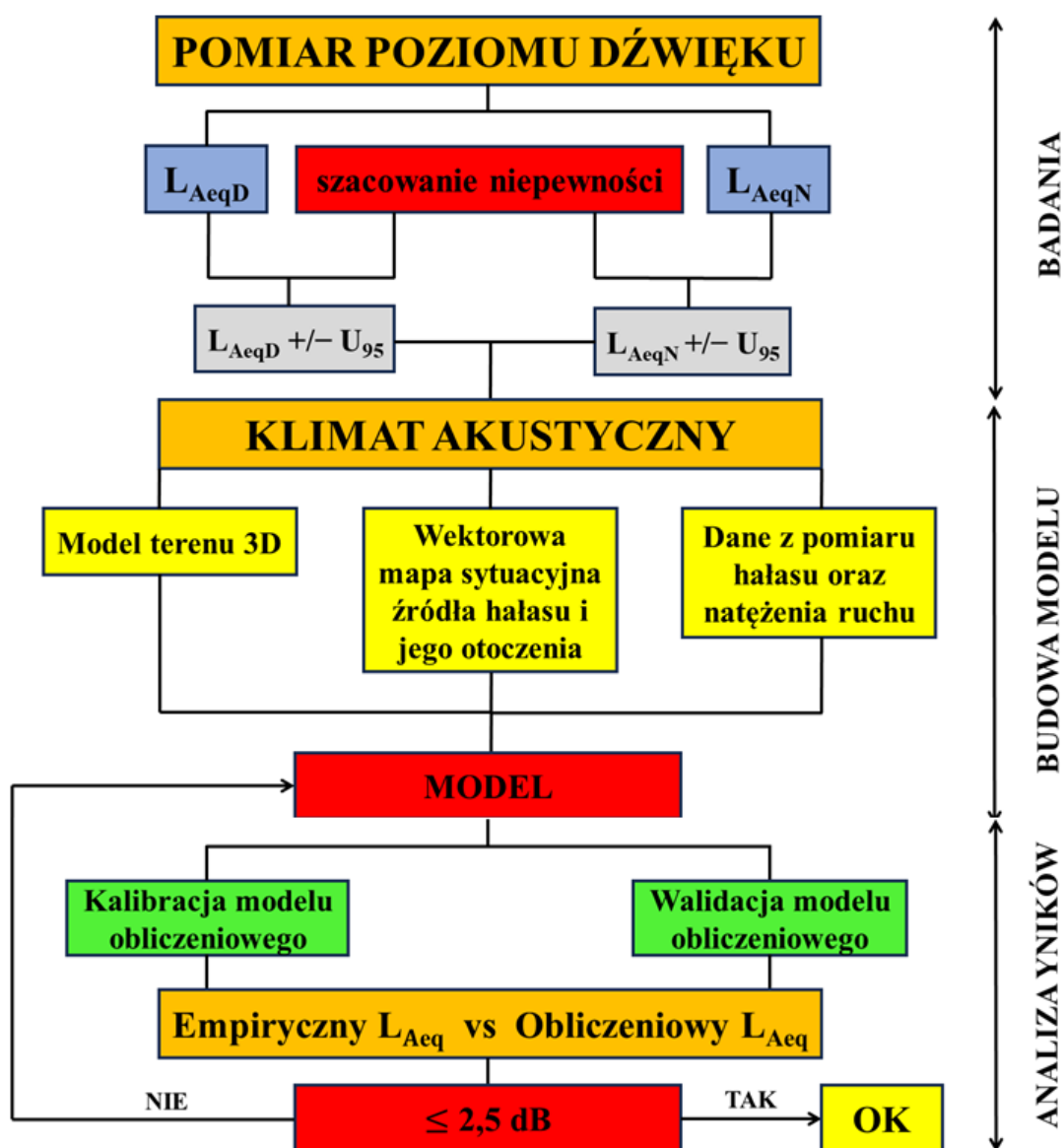
$U_{B,95}$  – niepewność typu B, dla poziomu ufności 95%

Uzyskane wartości przedziału niepewności rozszerzonej nie przekroczyły poziomu 3 dB, w związku z czym uzyskane wartości wskaźników  $L_{Aeq D}$ ,  $L_{Aeq N}$  przyjęto za wyniki ostateczne.

Empiryczne wyniki pomiaru hałasu wykonane w punktach referencyjnych wraz z natężeniem ruchu posłużyły do kalibracji modelu obliczeniowego, których wartości były wielkościami wejściowymi do obliczeń rzeczywistych zasięgów oddziaływania hałasu. Kalibracja modelu ma na celu możliwie dokładne odzwierciedlenie rzeczywistego stanu klimatu akustycznego i walidację metody polegającą na minimalizacji błędu, który stanowił różnicę pomiędzy zmierzoną wartością poziomu dźwięku, a wartością uzyskaną w modelu obliczeniowym. Przyjęto, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 16 czerwca 2011 w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów poziomów substancji lub energii w środowisku przez zarządzającego drogą, linią kolejową, linią tramwajową, lotniskiem lub portem [Dz. U. nr 140, poz. 824] i wytycznymi Głównego Inspektora Ochrony Środowiska ujętymi w dokumencie „Dobre praktyki wykonywania strategicznych map hałasu”, że walidacja metody jest poprawnie przeprowadzona, gdy różnica pomiędzy poziomem zmierzonym i obliczonym nie jest większa od 2,5 dB.

Rozkład klimatu akustycznego w sąsiedztwie analizowanych odcinków opracowano w oparciu o obliczenia symulacyjne, w których wykorzystano model 3D terenu, czynniki ruchowe tj.: natężenie pojazdów, prędkość i procentowy udział pojazdów ciężkich, a także geometrię źródła hałasu i stan zagospodarowania sąsiadujących z drogą terenów. Do obliczeń numerycznych wykorzystano pakiet SoundPlan oraz model emisji hałasu NMBP-Routers 96 (Guide de Bruit) oparty o normę [111]. Model NMBP-Routers 96 (Guide de Bruit) stanowi francuską krajową metodę obliczeniową opisaną w „Arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières, Journal Officiel du 10 mai 1995, art. 6”, opartą o francuską normę „XPS 31-133”, która jest zgodna z Załącznikiem II do Dyrektywy 2002/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady Europy z dnia 25 czerwca 2002 roku odnosząca się do oceny i zarządzania poziomem hałasu w środowisku [Dz.U.EU. L Nr 189, str.12]. Metoda to uwzględnia wartości emisji zarówno przy jeździe swobodnej, jak i w trakcie przyspieszenia czy wyhamowywania ruchu.

Schemat postępowania z wynikami dokonanych pomiarów hałasu przedstawiono w Rysunku 5.26.



Rysunek 5.26. Schemat postępowania z wynikami pomiarów własnych i dokonanych prognoz [opracowanie własne]

## 5.4. MAPY HAŁASU

Ostatnim elementem na który zwrócono szczególną uwagę było stworzenie map hałasu, które stanowią graficzne przedstawienie poziomów hałasu w określonych obszarach, dzięki czemu możliwa jest ocena propagacji hałasu i identyfikacja obszarów o najwyższym poziomie dźwięku. Mapy hałasu przygotowano z wykorzystaniem profesjonalnego oprogramowania SoundPLAN. W obliczeniach uwzględniono natężenie ruchu pojazdów, prędkości pojazdów i procentowy udział pojazdów ciężkich oraz

geometrię źródła hałasu, model 3D istniejącego terenu, w tym także stan zagospodarowania sąsiadujących z drogą obszarów. W Tabeli 5.43. zestawiono podstawowe informacje dotyczące użytego oprogramowania oraz konfigurację jego parametrów na potrzeby prowadzonych obliczeń.

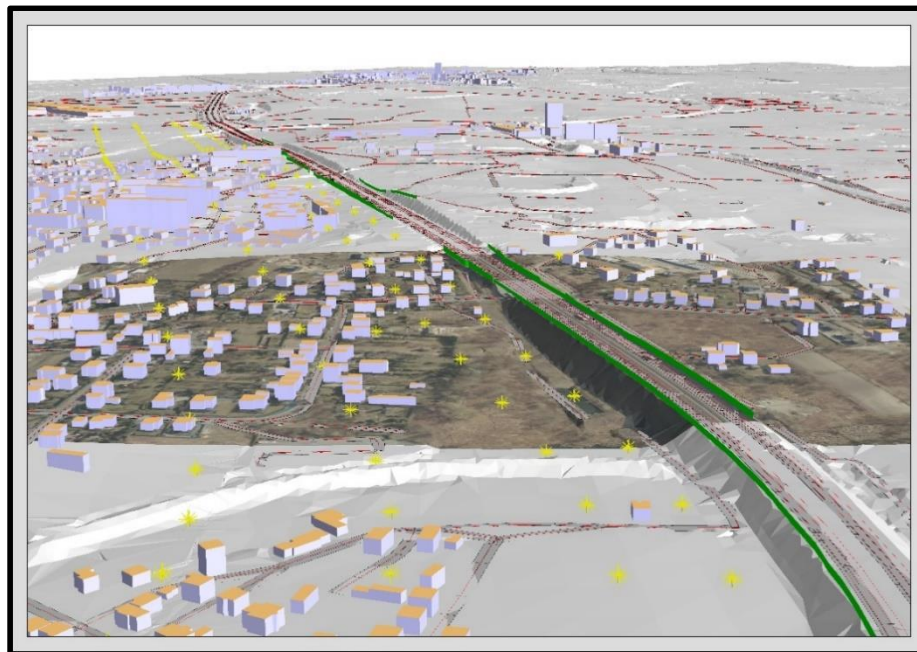
**Tabela 5.43.** Ustawienia parametrów obliczeń mapowych w programie SoundPlan 8.2

<b>Nazwa i wersja oprogramowania</b>		SoundPLANnoise
<b>Licencja oprogramowania</b>		PhD Student lincense
<b>Nr licencji</b>		PL6070stud
<b>Ustawienia</b>	<b>Parametr</b>	<b>Wartość parametru</b>
	Ilość odbić	1
	Max promień szukania [m]	2000
	Max odległość odbicia Receptora [m]	200
	Max odległość odbicia Źródło [m]	50
	Dozwolona tolerancja	0,1
	Waga – dB	dB(A)
<b>Standardy</b>	Hałas drogowy	NMPB-Routes-96
	Emisja	Guide du Bruit
<b>Warunki oceny</b>	-	Leq 06-22/22-06
<b>Mapa siatkowa</b>	Odstęp siatki [m]	10
	Wysokość ponad terenem [m]	4
	Interpolacja siatki Min/Max [dB]	10
	Interpolacja siatki różnica [dB]	0,15
	Interpolacja siatki pole	9x9

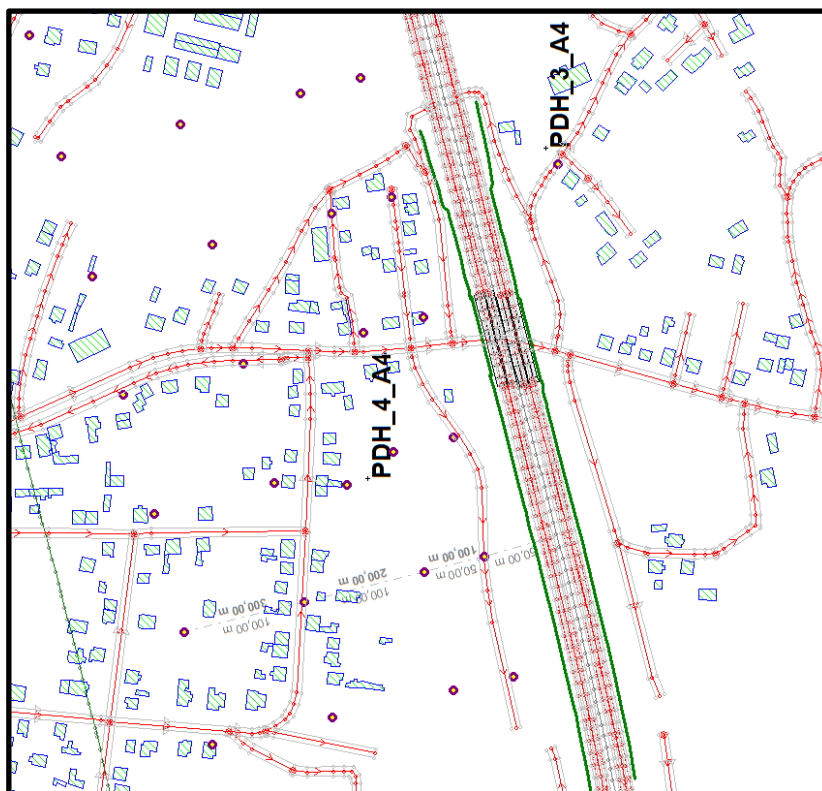
## 5.5. OCENA RYZYKA SZKODLIWEGO DZIAŁANIA HAŁASU

Wpływ hałasu drogowego na zdrowie, w odniesieniu do ryzyka wystąpienia znaczących uciążliwości HA oraz ryzyka wystąpienia znaczących zaburzeń snu, przeanalizowano wyłącznie w oparciu o pomiary wykonane na autostradzie A4. Podjęto ocenę szkodliwości hałasu nie tylko w punktach dodatkowych zlokalizowanych przy czterech budynkach (PHD\_1\_A4 – PDH\_4\_A4) ale także w 237 symulacyjnie ustalonych

punktach zlokalizowanych 50, 100, 200 i 300 metrów od krawędzi drogi. Umieszczenie tych punktów przedstawiono na Rysunkach 5.27. i 5.28.



*Rysunek 5.27. Lokalizacja punktów, w których podejmowano ocenę wpływu hałasu na zdrowie*



*Rysunek 5.28. Lokalizacja punktów symulacyjnych dla oceny wpływu hałasu na zdrowie*

W pracy przedstawiono zarówno wartości absolutnego ryzyka wystąpienia znacznej uciążliwości HA ( $AR_{HA}$ ) i znacznych zaburzeń snu HSD ( $AR_{HSD}$ ) oraz miarę ww.

szkodliwych skutków hałasu, określoną po uwzględnieniu liczby osób żyjących w danym budynku lub na danym obszarze ( $N_{HA}$ ,  $N_{HSD}$ ).

## 6. ANALIZA PROGNOZOWANEGO I RZECZYWISTEGO RUCHU DROGOWEGO ORAZ JEGO WPŁYW NA WSKAŹNIKI OPISUJĄCE HAŁAS

Analiza rzeczywistego ruchu drogowego oparta jest na pomiarach faktycznego natężenia ruchu i poziomów hałasu generowanego przez pojazdy. Pomiar rzeczywistego natężenia ruchu jest istotny dla oceny obecnej sytuacji drogowej, analizy obciążenia dróg oraz identyfikacji potencjalnych problemów związanych z ruchem i analizy efektywności działań zarządzania ruchem. Dostarcza aktualnych danych, które mogą być wykorzystane do oceny istniejącego wpływu hałasu na otoczenie oraz do weryfikacji prognoz i modeli.

Analiza prognozowanego ruchu drogowego jest istotna w aspekcie planowania infrastruktury drogowej, zarządzania ruchem czy analizy wpływu ruchu, w tym także generowanego przez niego hałasu, na środowisko. Prognozy i modele ruchu drogowego umożliwiają przewidywanie potencjalnych poziomów hałasu generowanych przez samochody i mogą być wykorzystywane do identyfikacji obszarów wystąpienia wysokich poziomów hałasu, a także do podjęcia działań zapewniających bezpieczeństwo ruchu drogowego i minimalizujących wpływ hałasu na ludzi i środowisko, poprzez projektowanie odpowiednich układów drogowych czy wprowadzanie działań zarządzania ruchem. Niezwykle istotne jest, aby zastosowany model prognostyczny był dokładny i aktualny, a jego wyniki regularnie monitorowane i dostosowywane do zmieniających się warunków.

Porównanie wyników prognozowanych i rzeczywistych umożliwia ocenę dokładności prognoz, trafności zastosowanego modelu oraz identyfikację ewentualnych rozbieżności. Prognozy mogą być obarczone pewnym stopniem niepewności, ponieważ przyszłe zmiany w ruchu mogą być trudne do przewidzenia ze stuprocentową dokładnością. Czynniki takie jak zmiany demograficzne, rozwój infrastruktury drogowej, zmiany w systemach transportowych czy czynniki ekonomiczne mogą wpływać na rzeczywiste natężenie ruchu i różnić się od prognoz. Jeśli prognozy nie są zgodne



z rzeczywistością, konieczne jest dostosowanie modeli lub uwzględnienie dodatkowych czynników wpływających na hałas.

## 6.1. WYNIKI POMIARÓW WŁASNYCH

W Tabelach 6.1. – 6.4. przedstawiono wyniki pomiarów własnych (**PW**) ruchu drogowego uwzględniające ilość i strukturę rodzajową pojazdów (**M** - motocykle, **SO** - samochodu osobowe, **SD** - samochody dostawcze, **C** - samochody ciężarowe bez naczep i przyczep, **CC** - samochody ciężarowe z naczepami i przyczepami, **A** - autobusy oraz inne pojazdy) oraz wartości zmierzonego równoważnego poziomu dźwięku.

Tabela 6.1. Wyniki pomiarów własnych natężenia ruchu wraz z wartościami równoważnego poziomu dźwięku na odcinku Autostrady A4

Lp.	Nr punktu	ROK	Ilość i struktura rodzajowa pojazdów [poj/dobę]							Suma pojazdów	Wartości (zmierzone) równoważnego poziomu dźwięku LAeq, [dB]		Średnia prędkość pojazdów [km/h]		Uwagi
			M	SO	SD	C	CC	A	Inne		Dzień	Noc	Lekkich	Ciężkich	
<b>AUTOSTRADA A4</b>															
1.	<b>PPH_1_A4</b>	2005	64	17247	1693	1993	0	386	42	<b>21425</b>	65,2-81,1	56,7-69,8	100-130	80-90	[133]
2.	<b>PPH_2_A4</b>	2005	84	22611	2219	2612	0	506	56	<b>28088</b>					
3.	<b>PDH_1_A4</b>	2005	64	17247	1693	1993	0	386	42	<b>21425</b>	-	-	-	-	
4.	<b>PDH_2_A4</b>	2005	64	17247	1693	1993	0	386	42	<b>21425</b>	-	-	-	-	
5.	<b>PDH_3_A4</b>	2005	84	22611	2219	2612	0	506	56	<b>28088</b>	-	-	-	-	
6.	<b>PDH_4_A4</b>	2005	84	22611	2219	2612	0	506	56	<b>28088</b>	-	-	-	-	
7.	<b>PPH_1_A4</b>	2008	139	30479	3370	1618	7205	207	0	<b>43018</b>	77,6	73,8	124,3	82,5	[134]
8.	<b>PPH_2_A4</b>	2008	121	38447	3197	1605	7982	224	0	<b>51576</b>	78,2	74,6	123,3	82,5	
9.	<b>PDH_1_A4</b>	2008	139	30479	3370	1618	7205	207	0	<b>43018</b>	55,8	54,3	-	-	
10.	<b>PDH_2_A4</b>	2008	139	30479	3370	1618	7205	207	0	<b>43018</b>	53,1	52,0	-	-	
11.	<b>PDH_3_A4</b>	2008	121	38447	3197	1605	7982	224	0	<b>51576</b>	57,8	53,9	-	-	
12.	<b>PDH_4_A4</b>	2008	121	38447	3197	1605	7982	224	0	<b>51576</b>	55,2	51,5	-	-	

Tabela 6.2. Wyniki pomiarów własnych natężenia ruchu wraz z wartościami równoważnego poziomu dźwięku na odcinku Drogi Ekspresowej S1

Lp.	Nr punktu	ROK	Ilość i struktura rodzajowa pojazdów [poj/dobę]							Suma pojazdów	Wartości (zmierzone) równoważnego poziomu dźwięku LAeq, [dB]		Średnia prędkość pojazdów [km/h]		Uwagi
			M	SO	SD	C	CC	A	Inne		Dzień	Noc	Lekkich	Ciężkich	
<b>DROGA EKSPRESOWA S1</b>															
1.	PDH_0_S1	2007	16	4044	237	121	381	41	0	<b>4840</b>	63,6	50,4	-	-	[136]
2.	PPH_1_S1	2022	20	18295	2741	1931	6891	135	0	<b>30013</b>	76,5	73,6	109.7	83.2	[137]
3.	PPH_2_S1	2022	5	13583	2646	1522	7567	128	0	<b>25451</b>	76,4	73,8	104.6	84.4	
4.	PDH_1_S1	2022	20	18295	2741	1931	6891	135	0	<b>30013</b>	58,8	57,4	109.7	83.2	
5.	PDH_2_S1	2022	20	18295	2741	1931	6891	135	0	<b>30013</b>	61,4	58,4	109.7	83.2	
6.	PDH_3_S1	2022	20	18295	2741	1931	6891	135	0	<b>30013</b>	60,4	58,9	109.7	83.2	
7.	PDH_4_S1	2022	5	13583	2646	1522	7567	128	0	<b>25451</b>	64,5	61,3	120.6	85.8	
8.	PDH_5_S1	2022	5	13583	2646	1522	7567	128	0	<b>25451</b>	57,3	55,1	120.6	85.8	
9.	PDH_6_S1	2022	5	13583	2646	1522	7567	128	0	<b>25451</b>	57,8	53,0	120.6	85.8	
10.	PDH_7_S1	2022	5	13583	2646	1522	7567	128	0	<b>25451</b>	59,5	58,1	113.2	83.2	
11.	PDH_8_S1	2022	5	13583	2646	1522	7567	128	0	<b>25451</b>	56,8	55,2	113.2	83.2	
12.	PDH_9_S1	2022	5	13583	2646	1522	7567	128	0	<b>25451</b>	60,0	59,2	104.6	84.4	
13.	PDH_10_S1	2022	5	13583	2646	1522	7567	128	0	<b>25451</b>	58,1	57,4	104.6	84.4	

Tabela 6.3. Wyniki pomiarów własnych natężenia ruchu wraz z wartościami równoważnego poziomu dźwięku na odcinku Drogi Krajowej DK1

Lp.	Nr punktu	ROK	Ilość i struktura rodzajowa pojazdów [poj/dobę]							Suma pojazdów	Wartości (zmierzone) równoważnego poziomu dźwięku LAeq, [dB]		Średnia prędkość pojazdów [km/h]		Uwagi
			M	SO	SD	C	CC	A	Inne		Dzień	Noc	Lekkich	Ciężkich	
<b>DROGA KRAJOWA DK1</b>															
1.	<b>PPH_2_DK1</b>	2011	315	28061	3263	1247	4972	292	9	<b>38159</b>	76,8	73,2	92.1	72.6	<b>[138]</b>
2.	<b>PPH_3_DK1</b>	2011	226	27129	2446	1601	5001	254	2	<b>36659</b>	75,3	71,7	90.1	85.8	
3.	<b>PPH_4_DK1</b>	2011	212	25935	2740	1682	5414	231	8	<b>36222</b>	77,9	73,4	96.9	85.2	
4.	<b>PDH_2_DK1</b>	2011	315	28061	3263	1247	4972	292	9	<b>38159</b>	60,1	58,8	97.0	82.2	
5.	<b>PDH_3_DK1</b>	2011	315	28061	3263	1247	4972	292	9	<b>38159</b>	69,6	66,2	92.1	72.6	
6.	<b>PDH_4_DK1</b>	2011	212	25935	2740	1682	5414	231	8	<b>36222</b>	60,4	57,5	90.1	85.8	
7.	<b>PDH_5_DK1</b>	2011	226	27129	2446	1601	5001	254	2	<b>36659</b>	69,5	65,4	96.9	85.2	
8.	<b>PDH_6_DK1</b>	2011	175	29045	1657	337	5582	263	7	<b>37066</b>	58,5	55,5	91.7	84.7	
9.	<b>PPH_2_DK1</b>	2018	48	30108	4025	1626	5535	177	9	<b>41528</b>	78,6	74,7	84.2	67.9	<b>[139]</b>
10.	<b>PPH_3_DK1</b>	2018	54	31603	4004	1677	4893	191	8	<b>42430</b>	76,2	72,4	69.6	60.5	
11.	<b>PPH_4_DK1</b>	2018	85	34356	4268	1359	4836	176	10	<b>45090</b>	79,2	74,1	82.8	70.6	
12.	<b>PDH_2_DK1</b>	2018	48	30108	4025	1626	5535	177	9	<b>41528</b>	61,6	57,8	59.9	50.2	
13.	<b>PDH_3_DK1</b>	2018	48	30108	4025	1626	5535	177	9	<b>41528</b>	67,8	61,4	84.2	67.9	
14.	<b>PDH_4_DK1</b>	2018	54	31603	4004	1677	4893	191	8	<b>42430</b>	62,7	58,0	69.6	60.5	
15.	<b>PDH_5_DK1</b>	2018	85	34356	4268	1359	4836	176	10	<b>45090</b>	67,2	61,4	82.8	70.6	
16.	<b>PDH_6_DK1</b>	2018	102	36886	4585	1402	4755	179	6	<b>47915</b>	60,5	56,8	80.6	68.4	

Tabela 6.4. Wyniki pomiarów własnych natężenia ruchu wraz z wartościami równoważnego poziomu dźwięku na odcinku Drogi Krajowej DK44

Lp.	Nr punktu	ROK	Ilość i struktura rodzajowa pojazdów [poj/dobę]							Suma pojazdów	Wartości (zmierzone) równoważnego poziomu dźwięku LAeq, [dB]		Średnia prędkość pojazdów [km/h]		Uwagi
			M	SO	SD	C	CC	A	Inne		Dzień	Noc	Lekkich	Ciężkich	
<b>DROGA KRAJOWA DK44</b>															
1.	<b>PPH_1_DK44</b>	2019	18	14208	1740	603	1315	293	9	<b>18186</b>	69,1	65,9	57.7	52.2	<b>[140]</b>
2.	<b>PPH_2_DK44</b>	2019	25	14646	1612	505	1319	294	12	<b>18413</b>	68,6	64,8	57.0	50.0	
3.	<b>PDH_1_DK44</b>	2019	18	14208	1740	603	1315	293	9	<b>18186</b>	66,2	62,9	57.7	52.2	
4.	<b>PDH_2_DK44</b>	2019	25	14646	1612	505	1319	294	12	<b>18413</b>	60,6	56,7	57.0	50.0	
5.	<b>PDH_3_DK44</b>	2019	18	14208	1740	603	1315	293	9	<b>18186</b>	62,7	58,6	57.7	52.2	
6.	<b>PDH_4_DK44</b>	2019	25	14646	1612	505	1319	294	12	<b>18413</b>	65,2	61,5	57.0	50.0	
7.	<b>PDH_5_DK44</b>	2019	18	14208	1740	603	1315	293	9	<b>18186</b>	61,0	57,1	57.7	52.2	
8.	<b>PDH_6_DK44</b>	2019	25	14646	1612	505	1319	294	12	<b>18413</b>	62,8	59,2	52.8	47.1	
9.	<b>PDH_7_DK44</b>	2019	25	14646	1612	505	1319	294	12	<b>18413</b>	66,2	62,9	52.8	47.1	
10.	<b>PPH_1_DK44</b>	2022	7	16304	1646	650	1717	336	16	<b>20676</b>	61,8	58,5	51,5	44,7	<b>[141]</b>
11.	<b>PPH_2_DK44</b>	2022	11	14757	1437	610	1706	253	11	<b>18785</b>	62,4	58,6	51,6	45,8	
12.	<b>PDH_2_DK44</b>	2022	11	14757	1437	610	1706	253	11	<b>18785</b>	61,6	57,4	51,6	45,8	
13.	<b>PDH_3_DK44</b>	2022	7	16304	1646	650	1717	336	16	<b>20676</b>	61,8	58,5	51,5	44,7	
14.	<b>PDH_5_DK44</b>	2022	7	16304	1646	650	1717	336	16	<b>20676</b>	60,0	56,7	51,5	44,7	
15.	<b>PDH_6_DK44</b>	2022	11	14757	1437	610	1706	253	11	<b>18785</b>	62,4	58,6	51,6	45,8	

W kolejnej Tabeli 6.5. przedstawiono wyniki zmierzonego i obliczonego równoważnego poziomu dźwięku w porze nocnej oraz w porze dziennej w każdym z badanych punktów referencyjnych. W każdym z nich różnica pomiędzy hałasem zmierzonym a hałasem obliczonym mieści się w zadanym przedziale ( $\leq 2,5$  dB).

*Tabela 6.5. Zestawienie wyników zmierzonego i obliczonego poziomu dźwięku w dla wszystkich punktów referencyjnych.*

Lp.	Nazwa punktu pomiarowo - obliczeniowego	Odległość punktu pomiarowego od krawędzi drogi [m]	Wartości (zmierzone) równoważnego poziomu dźwięku LAeq, [dB]		Wartości obliczone równoważnego poziomu dźwięku LAeq, [dB]		Różnica między hałasem pomierzonym a obliczonym [dB]	
			dzień	noc	dzień	noc	dzień	noc
<b>Punkty referencyjne na Autostradzie A4</b>								
1.	(PPH_1_A4)	10	77,6	73,8	77,8	72,9	-0,2	0,9
2.	(PPH_2_A4)	10	78,2	74,6	78,8	73,4	-0,6	1,2
<b>Punkty referencyjne na Drodze Ekspresowej S1</b>								
3.	(PPH_1_S1)	10	76,5	73,6	76,1	72,4	0,4	1,2
4.	(PPH_2_S1)	10	76,4	73,8	74,8	71,6	1,6	2,2
<b>Punkty referencyjne na Drodze Krajowej DK1</b>								
5.	(PPH_2_DK1)	10	78,6	74,7	78,4	72,9	0,2	1,8
6.	(PPH_3_DK1)	10	76,2	72,4	77,9	71,3	-1,7	1,1
7.	(PPH_4_DK1)	10	79,2	74,1	78,8	72,1	0,4	2
<b>Punkty referencyjne na Drodze Krajowej DK44</b>								
8.	(PPH_1_DK44)	10	69,1	65,9	67,3	63,6	1,8	2,3
9.	(PPH_2_DK44)	10	68,6	64,8	67,3	63,3	1,3	1,5

## 6.2. WYNIKI OSZACOWANYCH PROGNOZ NATĘŻENIA RUCHU POJAZDÓW

W Tabelach 6.6. – 6.9. przedstawiono wyniki oszacowanych na kolejne lata prognoz dotyczących natężenia ruchu pojazdów na wybranych odcinkach dróg. Ujęte prognozy zostały wyprowadzone z wyników uzyskanych w punktach referencyjnych.

Tabela 6.6. Wyniki oszacowanych prognoz natężenia ruchu na odcinku Autostrady A4

Lp.	Nr punktu	ROK	Ilość i struktura rodzajowa pojazdów [poj/dobę]							Suma pojazdów	Uwagi
			M	SO	SD	C	CC	A	Inne		
<b>AUTOSTRADA A4</b>											
1.	<b>PPH_1_A4</b>	2008	73	19818	1783	2144	0	450	0	<b>24268</b>	<b>Prognozy wykonane na 2008 rok w oparciu o pomiary własne z 2005 roku</b>
2.	<b>PPH_2_A4</b>	2008	95	26045	2337	2753	0	590	0	<b>31820</b>	
3.	<b>PPH_1_A4</b>	2010	76	20882	1818	2187	0	477	0	<b>25440</b>	<b>Prognozy wykonane na 2010 roku w oparciu o pomiary własne z 2005 roku</b>
4.	<b>PPH_2_A4</b>	2010	100	27444	2382	2807	0	626	0	<b>33359</b>	
5.	<b>PPH_1_A4</b>	2010	136	32116	3436	1657	7666	219	0	<b>45230</b>	<b>Prognozy wykonane na 2010 roku w oparciu o pomiary własne z 2008 roku</b>
6.	<b>PPH_2_A4</b>	2010	163	40512	3260	1599	8493	237	0	<b>54264</b>	
7.	<b>PPH_1_A4</b>	2015	87	23982	1913	2303	0	556	0	<b>28841</b>	<b>Prognozy wykonane na 2015 roku w oparciu o pomiary własne z 2005 roku</b>
8.	<b>PPH_2_A4</b>	2015	113	31519	2508	2956	0	729	0	<b>37825</b>	
9.	<b>PPH_1_A4</b>	2015	155	36884	3616	1739	9033	256	0	<b>51683</b>	<b>Prognozy wykonane na 2015 roku w oparciu o pomiary własne z 2008 roku</b>
10.	<b>PPH_2_A4</b>	2015	186	46526	3431	1674	10008	277	0	<b>62102</b>	
11.	<b>PPH_1_A4</b>	2020	97	27256	2018	2431	0	653	0	<b>32455</b>	<b>Prognozy wykonane na 2020 roku w oparciu o pomiary własne z 2005 roku</b>
12.	<b>PPH_2_A4</b>	2020	128	35821	2645	3119	0	855	0	<b>42568</b>	
13.	<b>PPH_1_A4</b>	2020	176	41918	3814	1827	10595	300	0	<b>58630</b>	<b>Prognozy wykonane na 2020 roku w oparciu o pomiary własne z 2008 roku</b>
14.	<b>PPH_2_A4</b>	2020	212	52877	3618	1756	11737	325	0	<b>70525</b>	
15.	<b>PPH_1_A4</b>	2020	231	61945	6079	7156	154	1385	0	<b>76950</b>	<b>Prognozy z raportu opublikowanego w 2005 roku na rok 2020 [133]</b>
16.	<b>PPH_2_A4</b>	2020	250	67049	6580	7746	167	1499	0	<b>83291</b>	

*Tabela 6.7. Wyniki oszacowanych prognoz natężenia ruchu na odcinku Drogi Ekspresowej S1*

Lp.	Nr punktu	ROK	Ilość i struktura rodzajowa pojazdów [poj/dobę]							Suma pojazdów	Uwagi
			M	SO	SD	C	CC	A	Inne		
<b>DROGA EKSPRESOWA S1</b>											
1.	---	2007	38	9491	556	284	894	96	0	<b>11359</b>	<b>Prognoza z raportu na rok 2020 wykonana w oparciu o dane z raportu przedrealizacyjnego zgodnie z wytycznymi na 2007 rok [136]</b>
2.	<b>PDH_0_S1</b>	2010	0	4457	246	142	428	46	0	<b>5319</b>	<b>Prognoza wykonana na 2010 rok w oparciu o pomiary własne z 2007 roku</b>
3.	<b>PDH_0_S1</b>	2015	0	5118	259	150	504	53	0	<b>6084</b>	<b>Prognoza wykonana na 2015 rok w oparciu o pomiary własne z 2007 roku</b>
4.	---	2020	92	23221	1361	695	2188	235	0	<b>27792</b>	<b>Prognoza z raportu na rok 2020 wykonana na etapie uzgodnień projektowych (przedrealizacyjnych) zgodnie z wytycznymi na 2002 rok [135]</b>
5.	<b>PDH_0_S1</b>	2020	0	5817	273	159	591	62	0	<b>6902</b>	<b>Prognoza wykonana na 2020 rok w oparciu o pomiary własne z 2007 roku</b>



Tabela 6.8. Wyniki oszacowanych prognoz natężenia ruchu na odcinku Drogi Krajowej DK1

Lp.	Nr punktu	ROK	Ilość i struktura rodzajowa pojazdów [poj/dobę]							Suma pojazdów	Uwagi
			M	SO	SD	C	CC	A	Inne		
<b>DROGA KRAJOWA DK1</b>											
1.	<b>PPH_2_DK1</b>	2015	335	30970	3384	1289	5589	336	0	<b>41903</b>	<b>Prognozy wykonane dla poszczególnych punktów referencyjnych na 2015 rok w oparciu o pomiary własne z 2011 roku</b>
2.	<b>PPH_3_DK1</b>	2015	242	29942	2537	1659	5622	283	0	<b>40285</b>	
3.	<b>PPH_4_DK1</b>	2015	318	28633	2842	1651	6086	258	0	<b>39788</b>	
4.	<b>PPH_2_DK1</b>	2018	359	33280	3487	1317	6113	367	0	<b>44923</b>	<b>Prognozy wykonane dla poszczególnych punktów referencyjnych na 2018 rok w oparciu o pomiary własne z 2011 roku</b>
5.	<b>PPH_3_DK1</b>	2018	259	32175	2614	1703	6149	310	0	<b>43210</b>	
6.	<b>PPH_4_DK1</b>	2018	341	30768	2928	1691	6657	282	0	<b>42667</b>	
7.	<b>PPH_2_DK1</b>	2020	375	34733	3549	1333	6448	387	0	<b>46825</b>	<b>Prognozy wykonane dla poszczególnych punktów referencyjnych na 2020 rok w oparciu o pomiary własne z 2011 roku</b>
8.	<b>PPH_3_DK1</b>	2020	270	33580	2661	1730	6486	327	0	<b>45054</b>	
9.	<b>PPH_4_DK1</b>	2020	356	32112	2980	1715	7021	297	0	<b>44481</b>	
10.	<b>PPH_2_DK1</b>	2020	51	37278	4378	1779	7178	228	0	<b>50892</b>	<b>Prognozy wykonane dla poszczególnych punktów referencyjnych na 2020 rok w oparciu o pomiary własne z 2018 roku</b>
11.	<b>PPH_3_DK1</b>	2020	52	39127	4355	1840	6345	246	0	<b>51965</b>	
12.	<b>PPH_4_DK1</b>	2020	111	42537	4642	1468	6272	227	0	<b>55257</b>	

*Tabela 6.9. Wyniki oszacowanych prognoz natężenia ruchu na odcinku Drogi Krajowej DK44*

Lp.	Nr punktu	ROK	Ilość i struktura rodzajowa pojazdów [poj/dobę]							Suma pojazdów	Uwagi
			M	SO	SD	C	CC	A	Inne		
<b>DROGA KRAJOWA DK44</b>											
1.	<b>PPH_1_DK44</b>	2020	19	14560	1758	618	1356	302	0	<b>18613</b>	<b>Prognozy wykonane na 2020 rok w oparciu o pomiary własne z 2019 roku</b>
2.	<b>PPH_2_DK44</b>	2020	19	15009	1628	529	1360	303	0	<b>18848</b>	
1.	<b>PPH_1_DK44</b>	2022	19	15280	1793	632	1440	321	0	<b>19485</b>	<b>Prognozy wykonane na 2022 rok w oparciu o pomiary własne z 2019 roku</b>
2.	<b>PPH_2_DK44</b>	2022	20	15751	1661	540	1444	322	0	<b>19738</b>	

### 6.3. WYNIKI GENERALNEGO POMIARU RUCHU (GPR)

W Tabeli 6.10. przedstawiono wyniki Generalnych Pomiarów Ruchu (GPR) wykonanych w latach 2005, 2010, 2015 i 2020 na analizowanych odcinkach dróg.

*Tabela 6.10. Wyniki Generalnego Pomiaru Ruchu na analizowanych odcinkach dróg  
(\*)w 2020 roku pomiar GPR wykonany został na dwóch fragmentach analizowanego odcinka drogi S1: od węzła „Podwarpie” do węzła „Mierzęcice” oraz od węzła „Mierzęcice” do węzła „Lotnisko”, z uwagi na wybudowanie węzła „Mierzęcice”)*

Lp.	ROK	Ilość i struktura rodzajowa pojazdów [poj./dobę]							Suma pojazdów	Uwagi
		M	SO	SD	C	CC	A	Inne		
<b>AUTOSTRADA A4</b>										
1.	2005	62	29462	3757	2186	5271	207	0	40945	-
2.	2010	128	40049	5062	2237	6969	170	0	54615	-
3.	2015	155	47396	4867	1275	7130	293	0	61116	-
4.	2020	97	52163	7645	1268	8256	119	0	69548	-
<b>DROGA EKSPRESOWA S1</b>										
1.	2010	21	5156	302	154	486	52	0	6171	-
2.	2015	38	9363	932	322	2527	63	0	13245	-
3.	2020	46	14129	2290	555	4551	73	0	21644	GPR wykonany został na dwóch odcinkach *)
4.	2020	45	13250	2127	559	4237	74	0	20292	
<b>DROGA KRAJOWA DK1</b>										
1.	2015	161	29173	3300	1076	3881	167	8	37766	-
2.	2020	112	30829	4127	860	3524	68	6	39526	-
<b>DROGA KRAJOWA DK44</b>										
1.	2020	92	15476	1277	325	993	223	12	18398	-

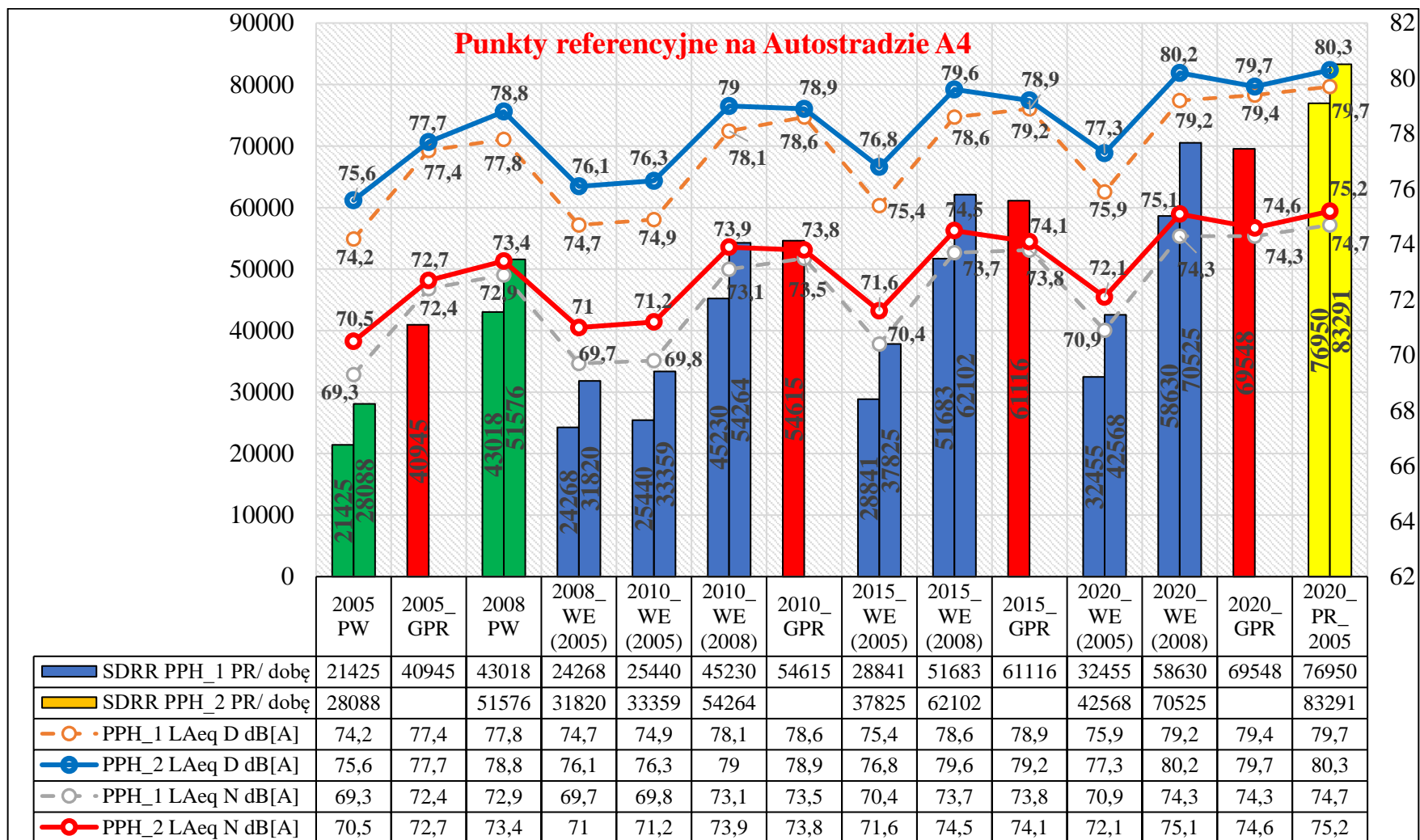
### 6.4. ZMIERZONE ORAZ PROGNOZOWANE NATĘŻENIA RUCHU I POZIOMY HAŁASU

Na Rysunkach 6.1.–6.4. przedstawiono różnice pomiędzy zmierzonym w poszczególnych punktach pomiarowych natężeniem ruchu pojazdów i równoważnym poziomem natężenia dźwięku a wynikami uzyskanymi na podstawie prognoz. Zastosowano następujące skróty określające wynik pomiaru własnego lub prognozy:

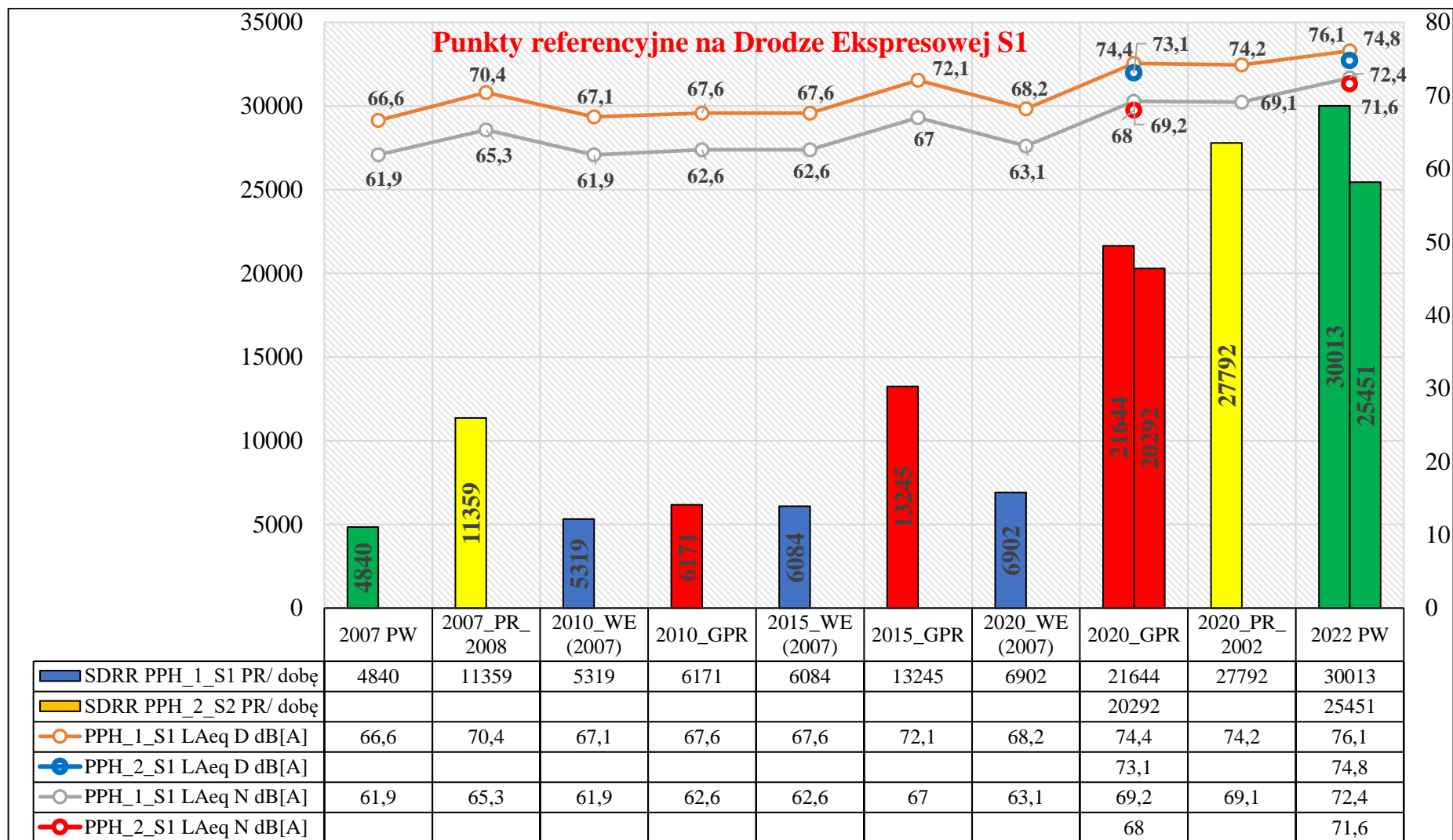
- rok PW → określa pomiar własny wykonany w danym roku
- rok1\_PR\_rok2 → określa prognozę na rok1 pochodzącą z analizowanego raportu z rok2

- rok1\_WE(rok2) → określa prognozę wykonaną w ramach pracy na rok1 w oparciu o dane pochodzące z pomiarów własnych z roku2
- rok\_GPR → określa dane Generalnego Pomiaru Ruchu wykonanego w danym roku

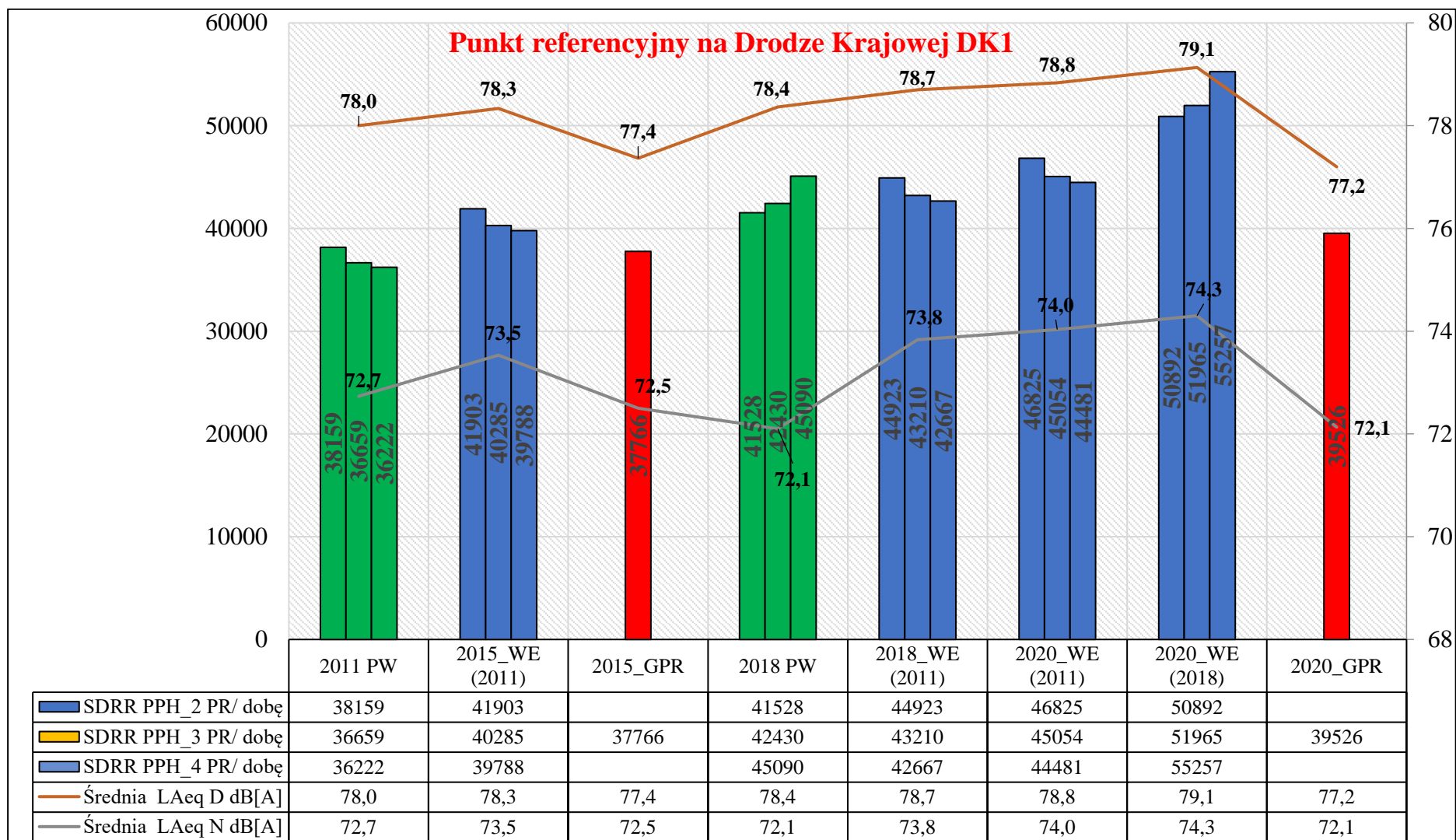
Jednocześnie na wykresach kolorem **czernym** zaznaczono wyniki natężenia ruchu obejmujące pomiar **GPR**, na **niebiesko** – pomiary własne (**PW**), na **niebiesko** – wykonane na potrzeby pracy **prognozy** (**WE**), natomiast na **żółto** – prognozy przedstawione w analizowanych **raportach** (**PR**).



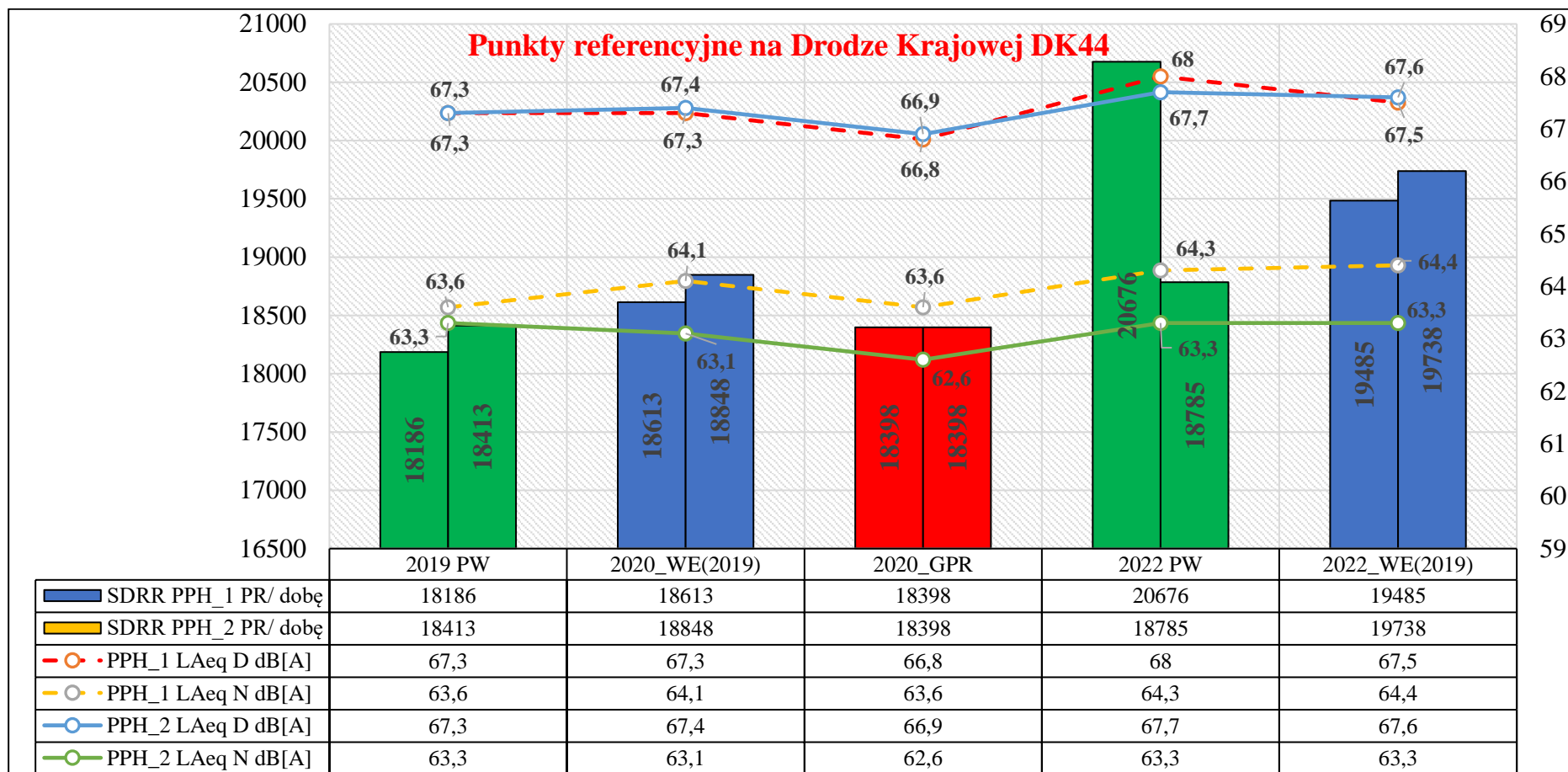
**Rysunek 6.1.** Zależności pomiędzy zmierzonym a prognozowanym natężeniem ruchu pojazdów i poziomem hałasu w punktach referencyjnych na Autostradzie A4



**Rysunek 6.2.** Zależności pomiędzy zmierzonym a prognozowanym natężeniem ruchu pojazdów i poziomem hałasu w punktach referencyjnych na Drodze Ekspresowej S1



**Rysunek 6.3.** Zależności pomiędzy zmierzonym a prognozowanym natężeniem ruchu pojazdów i poziomem hałasu w punktach referencyjnych na Drodze Krajowej DK1



**Rysunek 6.4.** Zależności pomiędzy zmierzonym a prognozowanym natężeniem ruchu pojazdów i poziomem hałasu w punktach referencyjnych na Drodze Krajowej DK44



Z przedstawionego zestawienia dla **Autostrady A4** (Rysunek 6.1) wynika, że:

1. pomiar GPR wykonany w 2005 roku (2005\_GPR) różni się prawie dwukrotnie (40945) od natężenia ruchu z pomiaru własnego (2005 PW) przeprowadzonego w tym samym roku dla punktu pomiarowego PPH\_1\_A4 (21425) oraz 1,5-krotnie dla punktu pomiarowego PPH\_2\_A4 (28088),
2. wartość natężenia ruchu zmierzona w 2008 roku (2008 PW) jest o 80% większa (43018) od natężenia ruchu (24268) zaprognozowanego na ten rok na podstawie danych z 2005 roku (2008\_WE(2005) w odniesieniu do punktu pomiarowego PPH\_1\_A4 oraz o 60% wyższa (51576) w odniesieniu do punktu pomiarowego PPH\_2\_A4 (31820),
3. prognoza ruchu oszacowana na 2008 rok (2008\_WE(2005) i 2010 rok (2010\_WE(2005)) w oparciu o wyniki pomiarów własnych z 2005 roku nie różnią się istotnie,
4. prognoza ruchu oszacowana na 2010 rok (2010\_WE(2005)) w oparciu o wyniki pomiarów własnych z 2005 roku (24540 dla PPH\_1\_A4, 33359 dla PPH\_2\_A4) istotnie różni się od prognozy (2010\_WE(2008)) obliczonej z wykorzystaniem wyników pomiarów własnych z 2008 roku (45230 dla PPH\_1\_A4, 54264 dla PPH\_2\_A4), przy czym ta druga z prognoz (2010\_WE(2008)) nieznacznie odbiega od pomiaru GPR (2010\_GPR, 54615), szczególnie w przypadku punktu PPH\_2\_A4,
5. podobny trend do tego opisanego wyżej dla 2010 roku zaobserwowano zarówno w roku 2015 jak i w 2020 roku.
6. prognoza z raportu wykonana przez GDDKiA w 2002 roku na 2020 roku była nieznacznie przeszacowana, różniła się o 10% (dla PPH\_1\_A4) i 20% (dla PPH\_2\_A4) od pomiaru GPR (2020\_GPR), ale była ponad 2,3 krotnie (dla PPH\_1\_A4) i prawie 2 krotnie (dla PPH\_2\_A4) wyższa od prognozy oszacowanej na 2020 roku z danych z 2005 roku (2020\_WE(2005)).
7. poziom dźwięku w obrębie analizowanego odcinka drogi w porze dziennej mieści się w zakresie od 74,2 dB do 80,3 dB (średnio 77,8 dB), natomiast w porze nocnej od 69,3 dB do 75,2 dB (średnio 72,7sB).
8. różnica pomiędzy wysokością równoważnego poziomu dźwięku w dzień i w nocy (w odniesieniu zarówno do pomiarów własnych jak i prognoz i pomiarów GPR) mieści się w zakresie od 4,9 dB – 5,4 dB (średnio 5 dB).

Zestawienie wyników pomiarów rzeczywistych i prognoz dotyczących wybranego odcinka **Drogi Ekspresowej S1** (Rysunek 6.2) wskazuje, że:

1. wyniki prognozy oszacowanej na 2007 rok w oparciu o natężenie ruchu prognozowane na 2020 roku na etapie przedrealizacyjnym (2007\_PR\_2008, 11369) jest ponad 2,3 razy większe od pomiarów własnych przeprowadzonych w tym samym roku (2007 PW, 4840),
2. oszacowana na 2010 rok prognoza obejmująca natężenie ruchu pojazdów, oparta o wyniki pomiarów własnych z 2007 roku (2010\_WE(2007), 5319) jest porównywalna z pomiarem GPR wykonanym w tym samym roku (2010\_GPR, 6171),
3. prognoza na 2015 rok oparta o wyniki pomiarów własnych z 2007 roku (2015\_WE(2007), 6084) oszacowała wartość natężenia ruchu pojazdów na poziomie ponad dwukrotnie niższym w porównaniu do pomiaru GPR wykonanego w tym samym roku (2015\_GPR, 13248),
4. prognoza na 2020 rok oparta o wyniki pomiarów własnych z 2007 roku (2020\_WE(2007)) oszacowała wartość natężenia ruchu pojazdów (6902) na poziomie ponad trzykrotnie niższym w porównaniu do pomiaru GPR wykonanego w tym samym roku (2020\_GPR, 21644 i 20292) oraz ponad czterokrotnie niższym w odniesieniu do prognozy wykonanej na etapie przedrealizacyjnym (2020\_PR\_2002, 27792), natomiast z porównania wskazanych wyników GPR i wyników z prognozy przedrealizacyjnej wynika, że ta ostatnia była o ponad 1/4 większa dla punktu PPH\_1\_A4 i ponad 1/3 większa dla punktu PPH\_2\_A4,
5. poziom dźwięku w obrębie analizowanego odcinka drogi (w odniesieniu zarówno do pomiarów własnych jak i prognoz i pomiarów GPR) w porze dziennej mieści się w zakresie od 66,6 dB do 76,1 dB (średnio 71 dB), natomiast w porze nocnej od 61,9 dB do 72,4 dB (średnio 66,2 dB). Największy hałas oznaczono w pomiarach własnych wykonanych w 2022 roku (2022 PW), wówczas jednak natężenie ruchu pojazdów było największe.
6. różnica pomiędzy wysokością równoważnego poziomu dźwięku w dzień i w nocy (w odniesieniu zarówno do pomiarów własnych jak i prognoz i pomiarów GPR) mieści się w zakresie od 3,2 – 5,2 dB (średnio 4,8 dB).

Wyniki przedstawione na Rysunku 6.3, obejmujące fragment **Drogi Krajowej DK1** wskazują, że:

1. natężenie ruchu pojazdów w każdym z punktów pomiarowych jest podobne. Obliczono, że średnia liczba pojazdów dla pomiarów z roku 2011 wynosi  $37013 \pm 2,74\%$  oraz  $43016 \pm 4,31\%$  dla pomiarów z roku 2018,
2. poziom dźwięku w obrębie analizowanego odcinka drogi (w odniesieniu zarówno do pomiarów własnych jak i prognoz i pomiarów GPR) w porze dziennej mieści się w zakresie od 77,2 dB do 79,1 dB (średnio 78,2 dB), natomiast w porze nocnej od 72,1 dB do 74,3 dB (średnio 73,1 dB), a różnica pomiędzy porą nocną a porą dzienną wynosi średnio 5,1 dB.
3. średnia wartość równoważnego poziomu dźwięku w porze nocnej zmierzona podczas pomiarów wykonanych w 2018 roku (72,1 dB) nie jest proporcjonalna do średniego natężenia ruchu pojazdów (43016) i jest nawet niższa od wartości LAeq N (72,7 dB) pochodzącej z pomiarów z 2011 roku, w których średnie natężenie ruchu wynosiło 37013. W tym przypadku przeprowadzono dokładniejszą analizę wykresu struktury ruchowej i wahań natężenia ruchu w przekroju całej doby oraz analizę udziału procentowego pojazdów ciężkich w porze nocnej. Wyniki podlegające ocenie przedstawiono w Tabeli 6.11.

*Tabela 6.11. Zestawienie struktury ruchu (uśrednione) z analizowanego odcinka drogi krajowej DK1 z 2011 roku i 2018 roku*

Rok pomiarów	2011				2018			
	24h		22.00-6.00		24h		22.00-6.00	
Okres dnia	ŚREDNIA		ŚREDNIA		ŚREDNIA		ŚREDNIA	
<b>Całkowita ilość pojazdów</b>	37013		4401		43016		4177	
<b>Udział pojazdów w porze nocnej</b>			11,89%				9,71%	
<b>Motocykle</b>	251	0,68%	14	0,33%	62	0,14%	0	0,01%
<b>Samochody osobowe</b>	27042	73,04%	2636	59,90%	32022	74,44%	2690	64,41%
<b>Samochody dostawcze</b>	2816	7,59%	420	9,54%	4099	9,53%	341	8,17%
<b>Samochody ciężarowe pow. 3,5t</b>	1510	4,09%	201	4,56%	1554	3,61%	232	5,55%
<b>TIR</b>	5129	13,87%	1078	24,49%	5088	11,83%	906	21,69%
<b>Autobusy</b>	259	0,70%	52	1,17%	181	0,42%	7	0,17%
<b>Inne</b>	6	0,02%	0	0,01%	9	0,02%	0	0,00%

Stwierdzono, że procentowy udział wszystkich pojazdów w porze nocnej dla wyników z 2011 roku (11,89%) nie różni się znacznie od procentowego udziału

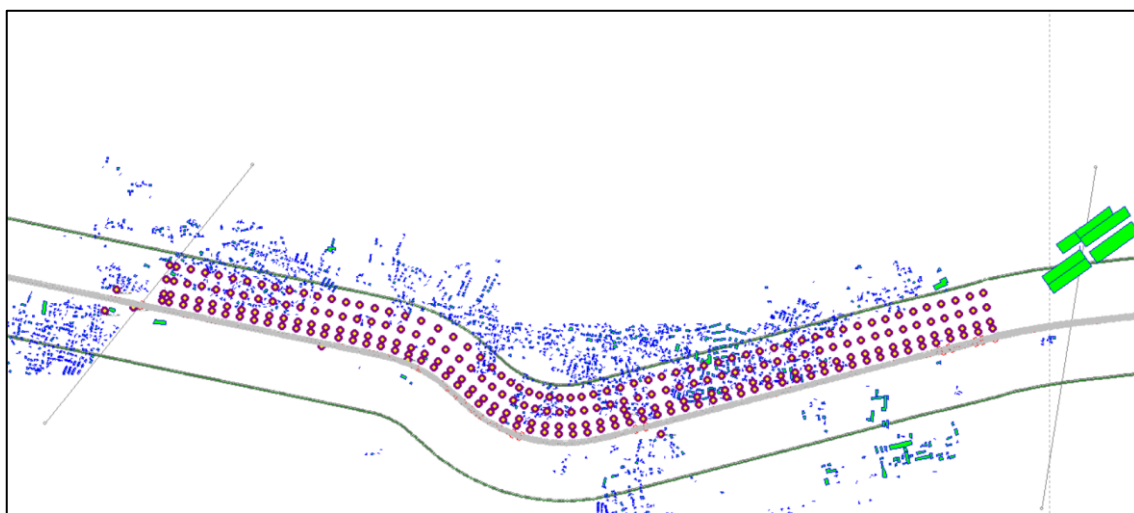
wszystkich pojazdów w porze nocnej dla pomiarów z 2018 roku (9,71%). Zaobserwowano jednak wiekszy o około 3% udział pojazdów ciężkich w porze nocnej w 2011 roku w porównaniu do roku 2018, co w odniesieniu do średniej wartości natężenia ruchu (37013) mogło mieć wpływ na porównywalny z rokiem 2018 hałas drogowy.

Odnosząc się do wyników przedstawionych na Rysunku 6.4. obejmujących oba analizowane odcinki **Drogi Krajowej DK44** należy wskazać, że:

1. w 2019 roku w obu punktach pomiarowych zarejestrowano podobne natężenie ruchu pojazdów (18186 dla PPH\_1\_DK44 i 18413 dla PPH\_2\_DK44), które tylko nieznacznie różniło się od natężenia ruchu z pomiaru wykonanego w punkcie PPH\_2\_DK44 w 2022 roku (18785). Różnicę ponad 2-ch tysięcy samochodów zaobserwowano wyłącznie dla punktu PPH\_1\_DK44 (20676),
2. prognoza na 2020 rok oparta o wyniki pomiarów własnych (2020\_WE(2019)) oszacowała wartość natężenia ruchu pojazdów (18613, 18848) na poziomie porównywalnym z pomiarem GPR wykonanym w tym samym roku (2020\_GPR, 18398),
3. prognoza na 2022 rok oparta o wyniki pomiarów własnych (2022\_WE(2019)) w punkcie PPH\_1\_DK44 oszacowała wartość natężenia ruchu pojazdów (19845) na poziomie niższym o około 6% w porównaniu do pomiaru własnego przeprowadzonego w tym samym roku (2022 PW, 20676) , natomiast w punkcie PPH\_2\_DK44 oszacowała wartość natężenia ruchu pojazdów (19738) na poziomie wyższym o około 5% w porównaniu do pomiaru własnego przeprowadzonego w tym samym roku (2022 PW, 18785)
4. poziom dźwięku w obrębie analizowanego odcinka drogi (w odniesieniu zarówno do pomiarów własnych jak i prognoz i pomiarów GPR) w porze dziennej mieści się w zakresie od 67,3 dB do 68,0 dB (średnio 67,4 dB), natomiast w porze nocnej od 62,6 dB do 64,4 dB (średnio 63,6 dB), a różnica pomiędzy porą nocną a porą dzienną wynosi średnio 3,8 dB.

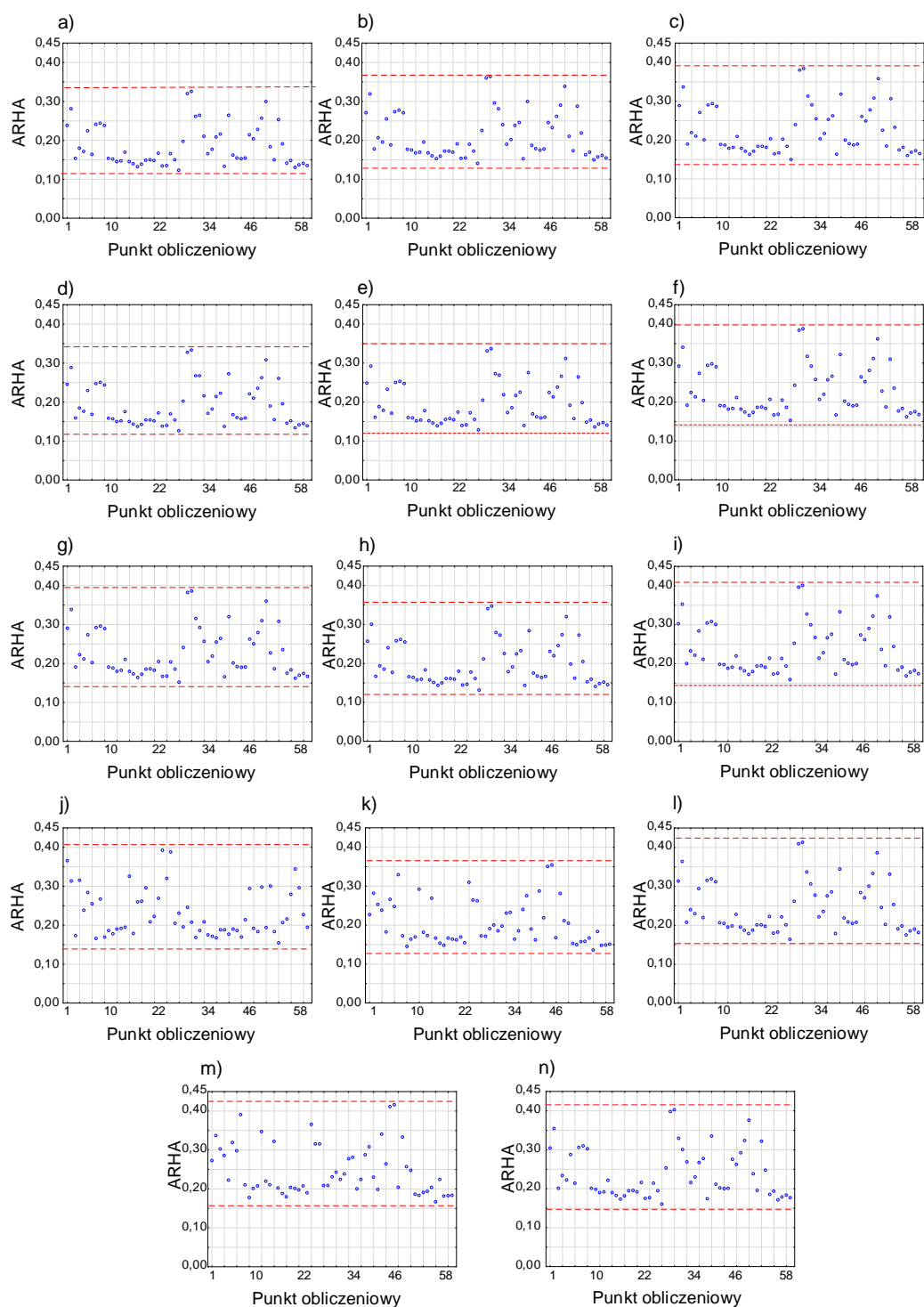
## 6.5. OCENA WYPIŁYWU HAŁASU NA ZDROWIE

W pierwszej kolejności sprawdzono jak zmieniają się wskaźniki opisane wzorami (2.19) i (2.20) w funkcji odległości. W tym celu linię krawędzi wybranego analizowanego odcinka autostrady A4 przesuwano kolejno o 50 m, 100 m, 200 m i 300 m patrz Rysunek 6.5. Łącznie w każdej osi analizowano po 60 punktów obliczeniowych (receptorów).

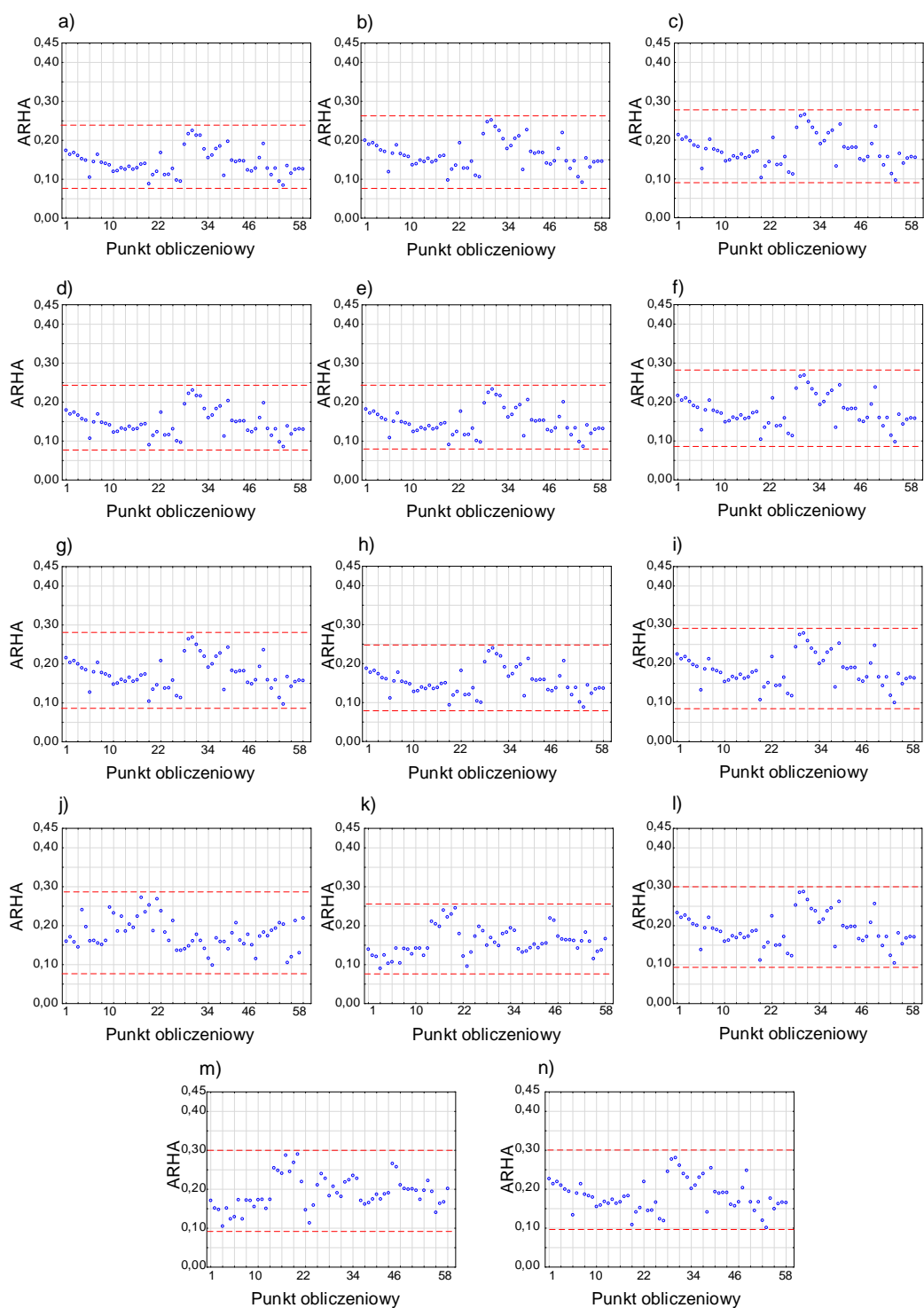


*Rysunek 6.5. Widok lokalizacji punktów obliczeniowych w odległościach: 50, 100, 200, 300 m od krawędzi jezdni*

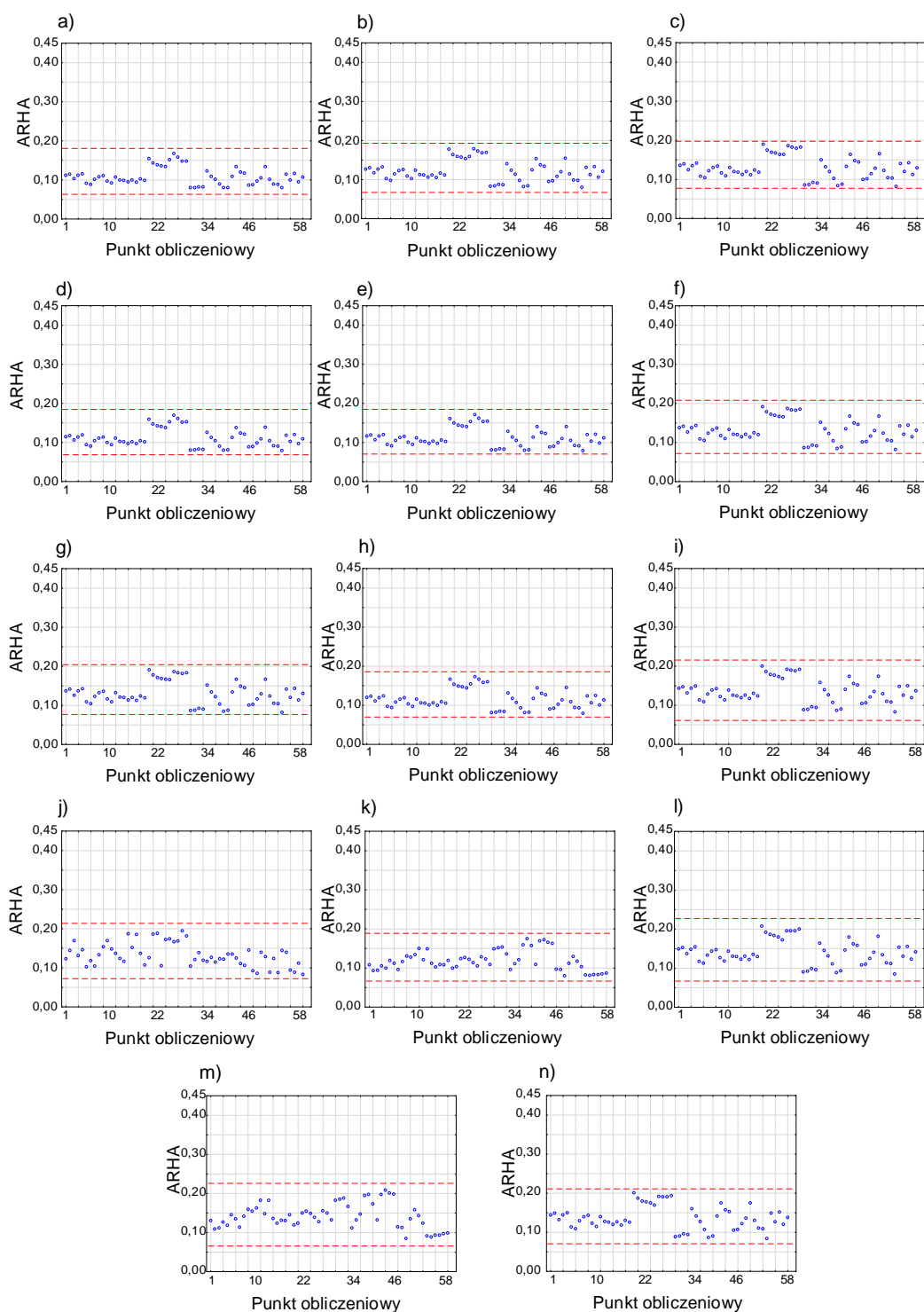
Na Rysunkach 6.6, 6.7, 6.8, 6.9 przedstawiono wyniki  $AR_{HA, \text{drogowy}}$  dla sześćdziesięciu punktów obliczeniowych w osi przesuniętej o 50 metrów w stosunku do osi drogi. Wyniki pokazano dla 14 metod pomiaru natężenia ruchu: **a)** PW 2005 – pomiar własny 2005 rok, **b)** GPR 2005, **c)** PW 2008 – pomiar własny 2008 rok, **d)** 2008 (WE 2005) – pomiar własny z 2005 roku przeliczony wskaźnikiem elastyczności na rok 2008, **e)** 2010 (WE 2005) – pomiar własny z 2005 roku przeliczony wskaźnikiem elastyczności na rok 2010, **f)** 2010 (WE 2008) – pomiar własny z 2008 roku przeliczony wskaźnikiem elastyczności na rok 2010, **g)** GPR 2010, **h)** 2015 (WE 2005) – pomiar własny z 2005 roku przeliczony wskaźnikiem elastyczności na rok 2015, **i)** 2015 (WE 2008) – pomiar własny z 2008 roku przeliczony wskaźnikiem elastyczności na rok 2015, **j)** GPR 2015, **k)** 2020 (WE 2005) – pomiar własny z 2005 roku przeliczony wskaźnikiem elastyczności na rok 2020, **l)** 2020 (WE 2008) – pomiar własny z 2008 roku przeliczony wskaźnikiem elastyczności na rok 2020, **m)** 2020 (PR 2005) – prognoza na rok 2020 na podstawie raportu z 2005 roku, **n)** GPR 2020.



**Rysunek 6.6.** Wykresy  $AR_{HA}$  w odległości 50 metrów od osi drogi dla 60 punktów obliczeniowych, **a)** PW 2005 – pomiar własny 2005 rok, **b)** GPR 2005, **c)** PW 2008 – pomiar własny 2008 rok, **d)** 2008 (WE 2005) – pomiar własny z 2005 roku przeliczony wskaźnikiem elastyczności na rok 2008, **e)** 2010 (WE 2005) – pomiar własny z 2005 roku przeliczony wskaźnikiem elastyczności na rok 2010, **f)** 2010 (WE 2008) – pomiar własny z 2008 roku przeliczony wskaźnikami elastyczności na rok 2010, **g)** GPR 2010, **h)** 2015 (WE 2005) – pomiar własny z 2005 roku przeliczony wskaźnikiem elastyczności na rok 2015, **i)** 2015 (WE 2008) – pomiar własny z 2008 roku przeliczony wskaźnikiem elastyczności na rok 2015, **j)** GPR 2015, **k)** 2020 (WE 2005) – pomiar własny z 2005 roku przeliczony wskaźnikiem elastyczności na rok 2020, **l)** 2020 (WE 2008) – pomiar własny z 2008 roku przeliczony wskaźnikami elastyczności na rok 2020, **m)** 2020 (PR 2005) – prognoza na rok 2020 na podstawie raportu z 2005 roku, **n)** GPR 2020. Linią czerwoną zaznaczono zakres występowania wskaźnika.

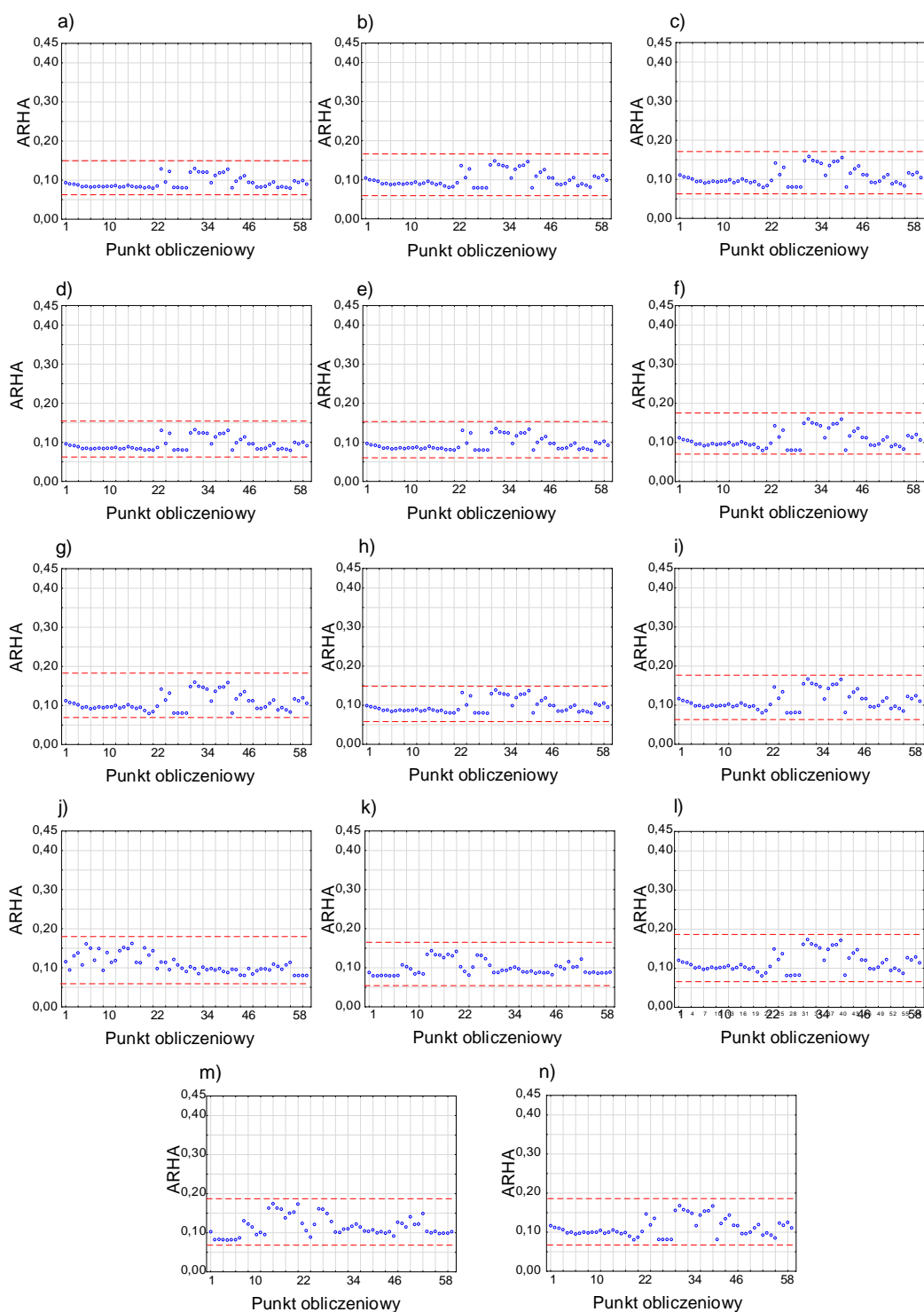


**Rysunek 6.7.** Wykresy  $AR_{HA}$  w odległości 100 metrów od osi drogi dla 60 punktów obliczeniowych, **a)** PW 2005 – pomiar własny 2005 rok, **b)** GPR 2005, **c)** PW 2008 – pomiar własny 2008 rok, **d)** 2008 (WE 2005) – pomiar własny z 2005 roku przeliczony wskaźnikiem elastyczności na rok 2008, **e)** 2010 (WE 2005) – pomiar własny z 2005 roku przeliczony wskaźnikiem elastyczności na rok 2010, **f)** 2010 (WE 2008) – pomiar własny z 2008 roku przeliczony wskaźnikami elastyczności na rok 2010, **g)** GPR 2010, **h)** 2015 (WE 2005) – pomiar własny z 2005 roku przeliczony wskaźnikiem elastyczności na rok 2015, **i)** 2015 (WE 2008) – pomiar własny z 2008 roku przeliczony wskaźnikami elastyczności na rok 2015, **j)** GPR 2015, **k)** 2020 (WE 2005) – pomiar własny z 2005 roku przeliczony wskaźnikami elastyczności na rok 2020, **l)** 2020 (WE 2008) – pomiar własny z 2008 roku przeliczony wskaźnikami elastyczności na rok 2020, **m)** 2020 (PR 2005) – prognoza na rok 2020 na podstawie raportu z 2005 roku, **n)** GPR 2020. Liniją czerwoną zaznaczono zakres występowania wskaźnika.



**Rysunek 6.8.** Wykresy  $AR_{HA}$  w odległości 200 metrów od osi drogi dla 60 punktów obliczeniowych, **a)** PW 2005 – pomiar własny 2005 rok, **b)** GPR 2005, **c)** PW 2008 – pomiar własny 2008 rok, **d)** 2008 (WE 2005) – pomiar własny z 2005 roku przeliczony wskaźnikiem elastyczności na rok 2008, **e)** 2010 (WE 2005) – pomiar własny z 2005 roku przeliczony wskaźnikiem elastyczności na rok 2010, **f)** 2010 (WE 2008) – pomiar własny z 2008 roku przeliczony wskaźnikiem elastyczności na rok 2010, **g)** GPR 2010, **h)** 2015 (WE 2005) – pomiar własny z 2005 roku przeliczony wskaźnikiem elastyczności na rok 2015, **i)** 2015 (WE 2008) – pomiar własny z 2008 roku przeliczony wskaźnikiem elastyczności na rok 2015, **j)** GPR 2015, **k)** 2020 (WE 2005) – pomiar własny z 2005 roku przeliczony wskaźnikiem elastyczności na rok 2020, **l)** 2020 (WE 2008) – pomiar własny z 2008 roku przeliczony wskaźnikiem elastyczności na rok 2020, **m)** 2020 (PR 2005) – prognoza na rok 2020 na podstawie raportu z 2005 roku, **n)** GPR 2020. Liniją czerwoną zaznaczono zakres występowania wskaźnika.

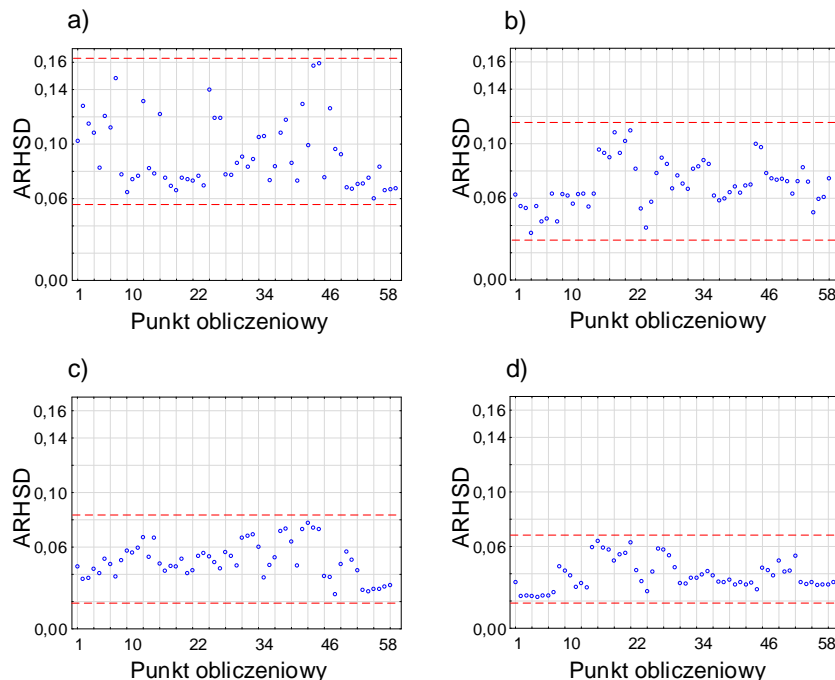




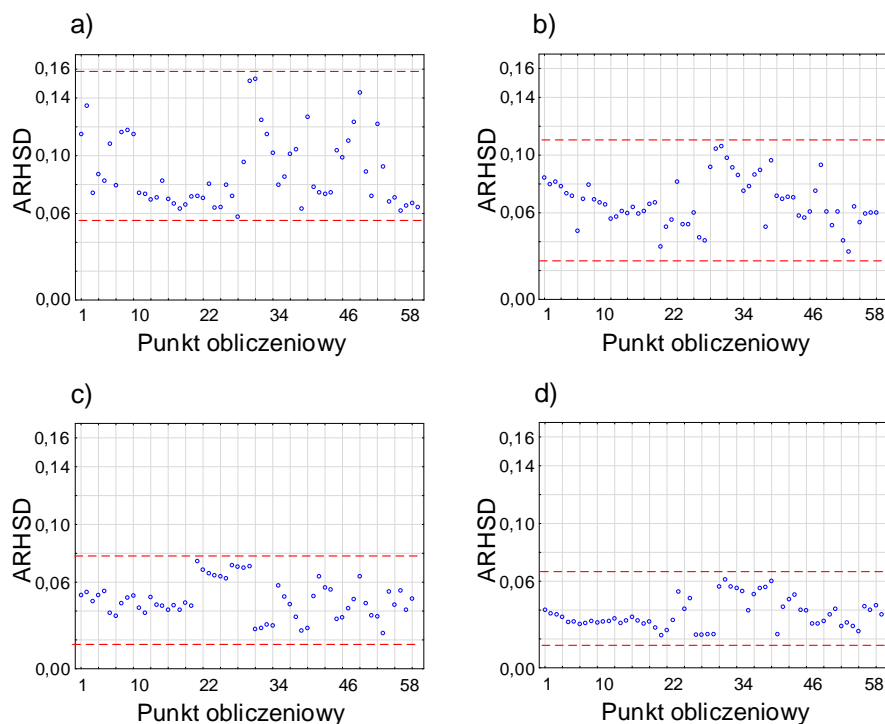
**Rysunek 6.9.** Wykresy  $AR_{HA}$  w odległości 300 metrów od osi drogi dla 60 punktów obliczeniowych, **a)** PW 2005 – pomiar własny 2005 rok, **b)** GPR 2005, **c)** PW 2008 – pomiar własny 2008 rok, **d)** 2008 (WE 2005) – pomiar własny z 2005 roku przeliczony wskaźnikiem elastyczności na rok 2008, **e)** 2010 (WE 2005) – pomiar własny z 2005 roku przeliczony wskaźnikiem elastyczności na rok 2010, **f)** 2010 (WE 2008) – pomiar własny z 2008 roku przeliczony wskaźnikiem elastyczności na rok 2010, **g)** GPR 2010, **h)** 2015 (WE 2005) – pomiar własny z 2005 roku przeliczony wskaźnikiem elastyczności na rok 2015, **i)** 2015 (WE 2008) – pomiar własny z 2008 roku przeliczony wskaźnikiem elastyczności na rok 2015, **j)** GPR 2015, **k)** 2020 (WE 2005) – pomiar własny z 2005 roku przeliczony wskaźnikiem elastyczności na rok 2020, **l)** 2020 (WE 2008) – pomiar własny z 2008 roku przeliczony wskaźnikiem elastyczności na rok 2020, **m)** 2020 (PR 2005) – prognoza na rok 2020 na podstawie raportu z 2005 roku, **n)** GPR 2020. Liniją czerwoną zaznaczono zakres występowania wskaźnika.

Na Rysunkach 6.6 – 6.8 wyraźnie można zauważyć, że wskaźnik znacznej dokuczliwości  $AR_{HA}$  jest różny dla różnych punktów pomiarowych zlokalizowanych równoległe do osi drogi w określonej odległości od pasa drogowego. Ponadto, co jest bardzo istotne wskaźnik ten różni się w zależności od metody szacowania natężenia ruchu. Na wszystkich Rysunkach 6.6 – 6.8 można zauważyć, że wskaźnik szacowania natężenia ruchu metodami l) i n) daje wyniki najwyższe a metodami a) i h) najniższe. Kolejne spostrzeżenie dotyczy wartości wskaźnika  $AR_{HA}$  w funkcji odległości od osi drogi. W odległości 50 metrów wskaźnik ten osiąga wartości bliskie 0,45 (45% populacji zamieszkującej ten obszar narażonych jest na znaczne uciążliwości), natomiast w odległości 300 metrów wskaźnik ten osiąga wartości nie wyższe niż 0,2 (20% populacji zamieszkującej ten obszar narażonych jest na znaczne uciążliwości) w zależności od sposobu szacowania natężenia ruchu.

Podobne analizy wykonano dla wskaźnika znaczących zaburzeń snu (HSD) wzór (2.20). W tym przypadku aby nie powtarzać podobnych wykresów przedstawiono zestawienie w funkcji odległości dla dwóch wybranych metod. Wyniki przedstawiono na Rysunkach 6.10 i 6.11.



**Rysunek 6.10.** Wykresy  $AR_{HSD}$  metodą 2020 (PR 2005) – prognoza na rok 2020 na podstawie raportu z 2005 roku, **a)** w odległości 50 m, **b)** w odległości 100 m, **c)** w odległości 200 m, **d)** w odległości 300 m. Linia czerwoną zaznaczono zakres występowania wskaźnika.



**Rysunek 6.11.** Wykresy  $AR_{HSD}$  metodą GPR 2020, a) w odległości 50 m, b) w odległości 100 m, c) w odległości 200 m, d) w odległości 300 m. Linia czerwona zaznaczono zakres występowania wskaźnika

Na podstawie Rysunków 6.10 i 6.11 można zauważyć, że odległość zabudowy od pasa ruchu znacząco wpływa na ryzyko zaburzenia snu, ale nie eliminuje go w całości. Przykładowo w odległości 300 metrów od źródła hałasu ryzyko zaburzenia snu oscyluje wokół 6% populacji zamieszkującej wskazany teren. Ponadto metoda szacowania natężenia ruchu wpływa na wartość szacowanego wskaźnika  $AR_{HSD}$ .

Przechodząc do konkretnej sytuacji drogowej analizowanej w pracy, wyniki analizy absolutnego ryzyka wystąpienia znacznej uciążliwości  $AR_{HA}$  i znacznych zaburzeń snu  $AR_{HSD}$  oraz liczbę osób dotkniętych ww. szkodliwymi skutkami hałasu drogowego, uzyskane w punktach dodatkowych oraz w odniesieniu do pomiarów własnych, pomiarów GPR jaki i prognoz, ujęto w Tabelach 6.12. – 6.16.

Tabela 6.12. Wyniki oceny ryzyka wystąpienia znacznych uciążliwości oraz znacznych zaburzeń snu w oparciu o dane z 2005 roku

Lp.	Nazwa punktu pomiarowo - obliczeniowego	Odległość punktu pomiarowego od krawędzi drogi [m]	Suma pojazdów	Wartości $L_{DWN}$ , [dB]	Wartości $L_D$ , [dB]	Wartości $L_w$ , [dB]	Wartości $L_N$ , [dB]	Liczba osób zamieszkująca dany budynek	AR <sub>HA</sub> , drogowy	AR <sub>HSD</sub> , drogowy	N <sub>HA</sub> , drogowy	N <sub>HSD</sub> , drogowy
					72%	15%	13%					
<b>2005_PW</b>												
1.	<b>PDH_1_A4</b>	50	21425	55,8	52,0	48,9	48,9	4	0,1153	0,0391	0,4612	0,1563
2.	<b>PDH_2_A4</b>	40	21425	56,7	52,9	49,8	49,8	4	0,1219	0,0419	0,4875	0,1675
3.	<b>PDH_3_A4</b>	60	28088	59,8	56,0	52,8	52,9	4	0,1488	0,0530	0,5952	0,2121
4.	<b>PDH_4_A4</b>	140	28088	57	53,2	50,0	50,1	4	0,1242	0,0428	0,4968	0,1714
<b>2005_GPR</b>												
1.	<b>(PDH_1_A4)</b>	50	40945	59	55,2	52	52,1	4	0,1412	0,0499	0,5649	0,1997
2.	<b>(PDH_2_A4)</b>	40	40945	59,9	56,1	52,9	53,0	4	0,1498	0,0534	0,5991	0,2138
3.	<b>(PDH_3_A4)</b>	60	40945	61,9	58,1	55,0	55,0	4	0,1708	0,0620	0,6830	0,2479
4.	<b>(PDH_4_A4)</b>	140	40945	59,1	55,3	52,1	52,2	4	0,1421	0,0503	0,5685	0,2012

Tabela 6.13. Wyniki oceny ryzyka wystąpienia znacznych uciążliwości oraz znacznych zaburzeń snu w oparciu o dane z 2008 roku

Lp.	Nazwa punktu pomiarowo - obliczeniowego	Odległość punktu pomiarowego od krawędzi drogi [m]	Suma pojazdów	Wartości $L_{DWN}$ , [dB]	Wartości $L_D$ , [dB]	Wartości $L_w$ , [dB]	Wartości $L_N$ , [dB]	Liczba osób zamieszkująca dany budynek	AR <sub>HHA</sub> , drogowy	AR <sub>HSD</sub> , drogowy	N <sub>HHA</sub> , drogowy	N <sub>HSD</sub> , drogowy
					72%	15%	13%					
<b>2008_PW</b>												
1.	(PDH_1_A4)	50	43018	59,4	55,6	52,5	52,6	4	0,1449	0,0519	0,5798	0,2074
2.	(PDH_2_A4)	40	43018	60,3	56,5	53,4	53,5	4	0,1537	0,0555	0,6150	0,2219
3.	(PDH_3_A4)	60	51576	62,9	59,1	56,0	56,1	4	0,1823	0,0671	0,7291	0,2684
4.	(PDH_4_A4)	140	51576	60,1	56,3	53,2	53,2	4	0,1517	0,0542	0,6070	0,2170
<b>2008_WE(2005)</b>												
1.	(PDH_1_A4)	50	24268	56,3	52,5	49,3	49,4	4	0,1189	0,0406	0,4755	0,1624
2.	(PDH_2_A4)	40	24268	57,2	53,4	50,2	50,3	4	0,1258	0,0435	0,5031	0,1740
3.	(PDH_3_A4)	60	31820	60,2	56,5	53,3	53,4	4	0,1527	0,0551	0,6110	0,2203
4.	(PDH_4_A4)	140	31820	57,4	53,6	50,5	50,5	4	0,1274	0,0442	0,5095	0,1767

Tabela 6.14. Wyniki oceny ryzyka wystąpienia znacznych uciążliwości oraz znacznych zaburzeń snu w oparciu o dane z 2010 roku

Lp.	Nazwa punktu pomiarowo - obliczeniowego	Odległość punktu pomiarowego od krawędzi drogi [m]	Suma pojazdów	Wartości $L_{DWN}$ , [dB]	Wartości $L_D$ , [dB]	Wartości $L_w$ , [dB]	Wartości $L_N$ , [dB]	Liczba osób zamieszkująca dany budynek	AR <sub>HA</sub> , drogowy	AR <sub>HSD</sub> , drogowy	N <sub>HA</sub> , drogowy	N <sub>HSD</sub> , drogowy
					72%	15%	13%					
<b>2010_WE(2005)</b>												
1.	(PDH_1_A4)	50	25440	56,4	52,6	49,5	49,6	4	0,1196	0,0412	0,4785	0,1649
2.	(PDH_2_A4)	40	25440	57,3	53,5	50,4	50,5	4	0,1266	0,0442	0,5063	0,1767
3.	(PDH_3_A4)	60	33359	60,5	56,7	53,5	53,6	4	0,1558	0,0559	0,6231	0,2236
4.	(PDH_4_A4)	140	33359	57,6	53,8	50,7	50,8	4	0,1290	0,0452	0,5161	0,1808
<b>2010_WE(2008)</b>												
1.	(PDH_1_A4)	50	45230	59,7	55,8	52,7	52,8	4	0,1478	0,0526	0,5913	0,2106
2.	(PDH_2_A4)	40	45230	60,5	56,7	53,6	53,7	4	0,1558	0,0563	0,6231	0,2253
3.	(PDH_3_A4)	60	54264	63,2	59,4	56,2	56,3	4	0,1859	0,0681	0,7434	0,2723
4.	(PDH_4_A4)	140	54264	60,3	56,5	53,4	53,5	4	0,1537	0,0555	0,6150	0,2219
<b>2010_GPR</b>												
1.	(PDH_1_A4)	50	54615	60,2	56,4	53,2	53,3	4	0,1527	0,0547	0,6110	0,2186
2.	(PDH_2_A4)	40	54615	61	57,2	54,1	54,2	4	0,1610	0,0584	0,6439	0,2338
3.	(PDH_3_A4)	60	54615	63,1	59,3	56,1	56,2	4	0,1847	0,0676	0,7386	0,2704
4.	(PDH_4_A4)	140	54615	60,2	56,4	53,3	53,4	4	0,1527	0,0551	0,6110	0,2203

Tabela 6.15. Wyniki oceny ryzyka wystąpienia znacznych uciążliwości oraz znacznych zaburzeń snu w oparciu o dane z 2015 roku

Lp.	Nazwa punktu pomiarowo - obliczeniowego	Odległość punktu pomiarowego od krawędzi drogi [m]	Suma pojazdów	Wartości $L_{DWN}$ , [dB]	Wartości $L_D$ , [dB]	Wartości $L_w$ , [dB]	Wartości $L_N$ , [dB]	Liczba osób zamieszkująca dany budynek	AR <sub>HA</sub> , drogowy	AR <sub>HSD</sub> , drogowy	N <sub>HA</sub> , drogowy	N <sub>HSD</sub> , drogowy
					72%	15%	13%					
<b>2015_WE(2005)</b>												
1.	(PDH_1_A4)	50	28841	57	53,1	50,0	50,1	4	0,1242	0,0428	0,4968	0,1714
2.	(PDH_2_A4)	40	28841	57,9	54,0	50,9	51,0	4	0,1315	0,0459	0,5261	0,1836
3.	(PDH_3_A4)	60	37825	60,9	57,2	54	54,1	4	0,1599	0,0580	0,6397	0,2320
4.	(PDH_4_A4)	140	37825	58,1	54,4	51,2	51,2	4	0,1332	0,0466	0,5329	0,1864
<b>2015_WE(2008)</b>												
1.	(PDH_1_A4)	50	51683	60,3	56,4	53,3	53,4	4	0,1537	0,0551	0,6150	0,2203
2.	(PDH_2_A4)	40	51683	61,1	57,3	54,2	54,3	4	0,1620	0,0589	0,6481	0,2355
3.	(PDH_3_A4)	60	62102	63,8	60,0	56,8	56,9	4	0,1932	0,0710	0,7729	0,2841
4.	(PDH_4_A4)	140	62102	60,9	57,1	54,0	54,1	4	0,1599	0,0580	0,6397	0,2320
<b>2015_GPR</b>												
1.	(PDH_1_A4)	50	61116	60,5	56,7	53,5	53,6	4	0,1558	0,0559	0,6231	0,2236
2.	(PDH_2_A4)	40	61116	61,3	57,5	54,4	54,5	4	0,1642	0,0598	0,6567	0,2390
3.	(PDH_3_A4)	60	61116	63,4	59,6	56,4	56,5	4	0,1883	0,0691	0,7532	0,2762
4.	(PDH_4_A4)	140	61116	60,5	56,8	53,6	53,7	4	0,1558	0,0563	0,6231	0,2253

Tabela 6.16. Wyniki oceny ryzyka wystąpienia znacznych uciążliwości oraz znacznych zaburzeń snu w oparciu o dane z 2020 roku

Lp.	Nazwa punktu pomiarowo - obliczeniowego	Odległość punktu pomiarowego od krawędzi drogi [m]	Suma pojazdów	Wartości $L_{DWN}$ , [dB]	Wartości $L_D$ , [dB]	Wartości $L_w$ , [dB]	Wartości $L_N$ , [dB]	Liczba osób zamieszkująca dany budynek	AR <sub>HA</sub> , drogowy	AR <sub>HSD</sub> , drogowy	N <sub>HA</sub> , drogowy	N <sub>HSD</sub> , drogowy
					72%	15%	13%					
<b>2020_WE(2005)</b>												
1.	(PDH_1_A4)	50	32455	57,5	53,6	50,5	50,6	4	0,1282	0,0445	0,5128	0,1781
2.	(PDH_2_A4)	40	32455	58,4	54,5	51,4	51,5	4	0,1358	0,0477	0,5433	0,1908
3.	(PDH_3_A4)	60	42568	61,4	57,7	54,5	54,6	4	0,1652	0,0602	0,6610	0,2408
4.	(PDH_4_A4)	140	42568	58,6	54,8	51,7	51,7	4	0,1376	0,0484	0,5504	0,1937
<b>2020_WE(2008)</b>												
1.	(PDH_1_A4)	50	58630	60,8	57,0	53,9	54,0	4	0,1589	0,0576	0,6355	0,2303
2.	(PDH_2_A4)	40	58630	61,7	57,9	54,8	54,9	4	0,1685	0,0615	0,6741	0,2461
3.	(PDH_3_A4)	60	70525	64,3	60,5	57,4	57,5	4	0,1995	0,0741	0,7982	0,2963
4.	(PDH_4_A4)	140	70525	61,5	57,7	54,6	54,6	4	0,1663	0,0602	0,6653	0,2408
<b>2020_GPR</b>												
1.	(PDH_1_A4)	50	69548	61	57,2	54,0	54,1	4	0,1610	0,0580	0,6439	0,2320
2.	(PDH_2_A4)	40	69548	61,8	58,1	54,9	55,0	4	0,1696	0,0620	0,6786	0,2479
3.	(PDH_3_A4)	60	69548	63,9	60,1	56,9	57,0	4	0,1945	0,0715	0,7779	0,2861
4.	(PDH_4_A4)	140	69548	61	57,3	54,1	54,2	4	0,1610	0,0584	0,6439	0,2338
<b>2020_PR_2005</b>												
1.	(PDH_1_A4)	50	76950	61,3	57,5	54,4	54,4	4	0,1642	0,0593	0,6567	0,2373
2.	(PDH_2_A4)	40	76950	62,2	58,4	55,3	55,3	4	0,1741	0,0634	0,6965	0,2534
3.	(PDH_3_A4)	60	83291	64,5	60,7	57,5	57,6	4	0,2021	0,0746	0,8085	0,2984
4.	(PDH_4_A4)	140	83291	61,7	57,9	54,7	54,8	4	0,1685	0,0611	0,6741	0,2443



Analizując zestawione wyniki należy wskazać, że:

1. Największe absolutne ryzyko wystąpienia skutków szkodliwego działania hałasu drogowego mają mieszkańcy dwukondygnacyjnego domu, przy który zlokalizowano punkt pomiarowy oznaczony numerem PDH\_3\_A4, pomimo tego, że punkt ten nie znajduje się najbliżej krawędzi drogi, a 60 metrów od niej. Wynika to jednak z faktu, że punkt PDH\_3\_A4 znajduje się w miejscu na pograniczu cienia akustycznego zastosowanych ekranów akustycznych.
2. Większe różnice pomiędzy wartościami ryzyka pojawienia się skutków szkodliwego działania hałasu występują dla prognoz oszacowanych w oparciu o wyniki pomiarów własnych z 2005 roku (2010\_WE(2005), 2015\_WE(2005), 2020\_WE(2005)) i pomiarów GPR (odpowiednio 2010\_GPR, 2015\_GPR, 2020\_GPR) niż dla prognoz, do których opracowania wykorzystano wyniki pomiarów własnych z 2008 roku (2010\_WE(2008), 2015\_WE(2008), 2020\_WE(2008)).
3. Absolutne ryzyko wystąpienia znaczących uciążliwości  $AR_{HA}$  i tym samym liczba osób narażonych na ten niekorzystny skutek hałasu drogowego  $N_{HA}$  jest około 2,7-2,9 razy większe od absolutnego ryzyka wystąpienia znaczących zaburzeń snu  $AR_{HSD}$  i liczby osób na nie narażonych.

## 7. WNIOSKI

Z pracy można wysnuć następujące wnioski:

1. Zalecane obecnie przez GDDKiA wytyczne służące do opracowywania prognoz natężenia ruchu, oparte o współczynnik elastyczności oraz uwzględniające PKB, dla istniejących odcinków drogowych, w obrębie których nie są podejmowane dodatkowe zadania korelują z pomiarami rzeczywistymi .
2. Opracowanie, w oparciu o aktualnie obowiązujące wytyczne, długoterminowych prognoz natężenia ruchu pojazdów na projektowanych odcinkach dróg i tym samym ocena ryzyka narażenia na hałas drogowy okolicznych ich mieszkańców jest bardzo trudne i zwykle niedoszacowane.

3. Prognozy opracowane w 2002 roku przeszacowały natężenie ruchu pojazdów zarówno na projektowanym odcinku Drogi Ekspresowej S1 jak i istniejącym odcinku Autostrady A4.
4. Wraz ze wzrostem natężenia ruchu pojazdów rośnie liczba osób zagrożonych niekorzystnymi skutkami hałasu drogowego, dlatego niedoszacowana prognoza ruchu będzie korelowała z nieprecyzyjną oceną ryzyka narażenia na hałas drogowy okolicznych jej mieszkańców.
5. Sposób szacowania natężenia ruchu znacząco wpływa na określenie liczby osób narażonych na negatywne skutki zdrowotne wywołane hałasem drogowym.
6. Odległość obszarów zamieszkałych od drogi wpływa na zmniejszenie obszaru negatywnego oddziaływania zdrowotnego hałasu drogowego na ludzi, ale nie eliminuje go całkowicie.

#### **Wniosek globalny**

7. Badania symulacyjne negatywnego oddziaływania hałasu w otoczeniu drogi mogą przyczynić się do wyznaczenia stref, w których zamieszkanie będzie niekorzystne wpływało na zdrowie.

Wniosek 7. może mieć duże znaczenie przy projektowaniu dróg lub projektowaniu zabezpieczeń przeciwhałasowych a także podczas zatwierdzania Miejscowego Planu Zagospodarowania Przestrzennego. Znaczenie tego wniosku może mieć również wpływ na wyznaczanie wszelkich obszarów ograniczonego użytkowania.

## BIBLIOGRAFIA

1. Allen M.T., Austin G.W., Swaleheen M.: Measuring highway impacts on house prices using spatial regression. *J. Sustainable Real Estate*, 7(1), pp. 83-98, 2015.
2. Baaj MH, EI-Fadel M, Shazbak MS.: Modeling noise at elevated highways in urban areas: a practical application. *J Urban Plan Develop* 2001;127:169–80.
3. Babisch W., Swart W., Houthuijs D., Selander J., Bluhm G., Pershagen G., et al.: Exposure modifiers of the relationships of transportation noise with high blood pressure and noise annoyance. *J. Acoust. Soc. Am.*, 132(6), pp. 3788-3808, 2012.
4. Babisch, W.; Houthuijs, D.; Pershagen, G.; Cadum, E.; Katsouyanni, K.; Velonakis, M.; Dudley, M.L.; Marohn, H.D.; Swart, W.; Breugelmans, O.; et al.: HYENA Consortium. Annoyance due to aircraft noise has increased over the years—Results of the HYENA study. *Environ. Int.* 2009, 35, 1169–1176
5. Barron, R.F.: *Industrial Noise Control and Acoustics*. Marcel Dekker Inc, Louisiana, 2003.
6. Batko W., Stępień B.: Application of the bayesian inference for estimation of the long-term noise indicators and their uncertainty. *Acta Physica Polonica A* 2011, 119(6): 916-920;
7. Bauer J.W., Danner W.F., Yaniv S.L.: Annoyance ratings and acceptability judgments of traffic noises. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 1980, 67, S54.
8. Bengang L., et al.: A GIS based road traffic noise prediction model. p. 679–691, 2002.
9. Bistrup, M.L.; Babisch, W.; Stansfeld, S.A.; Sulkowski, W.: PINCHE's policy recommendations on noise: How to prevent noise from adversely affecting children. *Acta Paediatr.* 2006, 95, 31–35.
10. Blume C, Schoch SF, Vienneau D, Rösli M, Kohler M, Moeller A, et al.: Association of transportation noise with sleep during the first year of life: A longitudinal study. *Environ Res* 2022;203:111776.
11. Bohatkiewicz J.: Problemy skutecznej ochrony przed hałasem. *Magazyn Autostrady* 5/2006.
12. Bohatkiewicz J.: Ochrona przed hałasem komunikacyjnym w obszarach miejskich w programach ochrony środowiska przed hałasem. *Budownictwo i Architektura*, 2014, 13, Lublin.

13. Bolt, Beranek & Newman.: Handbook of Acoustic Noise Control. Ohio: Air, 1952.
14. Bravo T.: An analytical study on the amplification of the tyre rooling noise due to the horn effect. *Appl. Acoust.*, 123, pp. 85-92, 2017.
15. Buczek P.: Klimat akustyczny jako kryterium kształtowania dróg i ich otoczenia. Praca doktorska, Kraków, 2019.
16. Cai M., Zhong S., Wang H., Chen Y., Zeng W.: Study of the traffic noise source intensity emission model and the frequency characteristics for a wet asphalt road. *Applied Acoustics*, (2017), 123, pp. 55-63.
17. Can A, Leclercq L, Lelong J, Defrance J.: Accounting for traffic dynamics improves noise assessment: Experimental evidence. *Appl Acoust* 2009;70:821–9.
18. Cantuaria ML, Waldorff FB, Wermuth L, Pedersen ER, Poulsen AH, Thacher JD, et al.: Residential exposure to transportation noise in Denmark and incidence of dementia: national cohort study. *BMJ* 2021:n1954.
19. Cermak G.W.: Choices among traffic sounds with equal  $L_{eq}$  levels: A replication. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 1978, S17.
20. Chodur J., Gaca S.: Pomiar ruchu dla ustalania natężeń średnich i miarodajnych oraz oceny ich przebiegu. Kraków, 1981.
21. Clark, C.; Stansfeld, S.A.: The Effect of Transportation Noise on Health and Cognitive Development: A Review of Recent Evidence. *Int. J. Comp. Psychol.* 2007, 20, 145–158. 7.
22. Dąbrowski P., Świder M.: Ocena sposobu wyznaczania Średnio Dobowego Ruchu w roku na drogach krajowych na podstawie Generalnego Pomiaru Ruchu. Praca magisterska, Politechnika Krakowska, Kraków, 2010 r.
23. De Coensel B, Brown AL, Tomerini D.: A road traffic noise pattern simulation model that includes distributions of vehicle sound power levels. *Appl Acoust* 2016;111:170–8.
24. Del Pizzo A., Teti L., Moro A., Bianco F., Fredianelli L., Licitra G.: Influence of texture on tyre road noise spectra in rubberized pavements. *Applied Acoustics*, 159, 107080, 2020.
25. Dzhambov AM, Lercher P, Markevych I, Browning MHEM, Rüdissler J.: Natural and built environments and blood pressure of Alpine schoolchildren. *Environ Res* 2022;204.

26. Ellebjerg L.: Controlling Traffic Noise through Traffic Management. Results of a literature study in Silence WP H1, Brussels, 2007.
27. Freitas E., Pereira P., de Picado-Santos L., Santos A.: Traffic noise changes due to water on porous and dense asphalt surfaces. *Road Materials and Pavement Design*, 10(3), pp. 587-607, 2009.
28. Gaca S., Suchorzewski W., Tracz M.: *Inżynieria ruchu drogowego. Teoria i praktyka*. WKŁ, 2008.
29. Galloway, W., Clark, W. & Kerrick, J.: *Highway Noise, Measurement, Simulation and Mixed Reaction*, s.l.: NCHRP report 78, 1969.
30. Gardziejczyk W.: *Generowanie hałasu przez samochody osobowe i ciężarowe. Osłony przeciwhałasowe w ruchu drogowym*. Instytut Badawczy Dróg i Mostów. Warszawa. *Studia i materiały*, 2010.
31. Gardziejczyk W.: Wybrane problemy ochrony przed hałasem. *Inżynieria Ekologiczna*, 45/2015.
32. Gardziejczyk W.: „Cicha” nawierzchnia drogowa jako sposób na ograniczenie poziomu hałasu od ruchu samochodowego. *Inżynieria Ekologiczna*, 40/2014.
33. Garg N, Maji S.: A critical review of principal traffic noise models: Strategies and implications. *Environ Impact Assess Rev* 2014;46:68–81.
34. Gierke H.: *Draft Report on Impact characterization of Noise Inducing Implications of Identifying and Achieving Levels of Cumulative Noise Exposure*, Environmental Protection Agency (EPA), Aircraft Air-port Noise Report Study, 1973.
35. Gradkowski K.: Gruntowe ekrany ochrony akustycznej. *Drogownictwo*, 2007, 3.
36. Guarnaccia C. EAgle: Equivalent acoustic level estimator proposal. *Sensors (Switzerland)* 2020;20.
37. Hall F.L., Taylor S.M.: Predicting community response to road traffic noise. *Journal of Sound and Vibration*, 1977, 52(3), pp. 387-399.
38. Halonen JI, Dehbi H-M, Hansell AL, Gulliver J, Fecht D, Blangiardo M, et al.: Associations of night-time road traffic noise with carotid intima-media thickness and blood pressure: The Whitehall II and SABRE study cohorts. *Environ Int* 2017;98:54–61.
39. Halperin D.: Environmental noise and sleep disturbances: A threat to health. *Sleep Science*, 2014, 7(4), pp. 209-212.

40. Harris AR, Cohn FL, Knudson S.: Evaluation of the federal highway administration's traffic noise model. *J Transport Eng* 2000;126(6):513–20.
41. Johnson, D., Saunders, E.: The evaluation of noise from freely flowing road traffic. *Journal of Sound and Vibration* 7 (2), 287–288, 1968.
42. Kephalopoulos S, Paviotti M, Anfosso-Lédée F.: *Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS-EU)*, 2012.
43. Kindt P., Berckmans D., De Conincks F., Sas P., Desmet W.: Experimental analysis of the structure-borne tyre/road noise due to road discontinuities. *Mech. Syst. Sig. Process*, 23(8), pp. 2557-2574, 2009.
44. Kuehnel N., Moeckel R.: Impact of simulation-based traffic noise on rent prices. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 78, 102191, 2020.
45. Kugler, B., Comins, D.E., Galloway, W.J.: *Highway Noise. A Design Guide for PREDICTION and Control*, NCHRP Report, 1976.
46. Lan Z., Ci M.: Dynamic traffic noise maps based on noise monitoring and traffic speed data. *Transportation Research Part D*, 2021, 94, 102796.
47. Langdon F.J.: Noise nuisance caused by road traffic in residential areas: Part I. *Journal of Sound and Vibration*, 1976, 47(2), pp. 243-263.
48. Lee H.W., Cho J.R., Jeong W.B.: Numerical method for simulating tire rolling noise by the concept of periodically exciting contact force. *Int. J. Automot. Technol.*, 18(5), pp. 823-832, 2017.
49. Lercher P., Evans G.W., Meis M. (2003). Ambient noise and cognitive processes among primary schoolchildren. *Environ. Behav.*, 35(6), pp. 725-735
50. Li BG, Tao S.: Progress in road traffic noise prediction model study. *Res Environ Sci* 2002;15:56–9.
51. Liu, C.; Fuertes, E.; Tiesler, C.M.T.; Birk, M.; Babisch, W.; Bauer, C.P.; Koletzko, S.; Heinrich, J.: The association between road traffic noise exposure and blood pressure among children in Germany: The GINIplus and LISApplus studies. *Noise Health* 2013, 15, 165–172.
52. Lu X., Kang J., Zhu P., Cai J., Guo F., Zhang Y.: Influence of urban characteristics on traffic noise. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 75, pp. 136-155, 2019.
53. Luquet P.: Method for the objective description of an acoustic environmental based on short  $L_{eq}$  values. *Applied Acoustics* 1982, 15(2), pp. 147-156.

54. Makarewicz R.: Podstawy teoretyczne akustyki urbanistycznej. PWN Warszawa-Poznań, 1984.
55. Makarewicz R.: Hałas w środowisku. Ośrodek Wydawnictw Naukowych. Poznań 1996
56. Makarewicz R., Gałuszka M.: Road traffic noise prediction based on speed-flow diagram. *Applied Acoustics* (2011), 7, pp. 190-195.
57. Martinez-Vilavella G., Pujol J., Blanco-Hinojo L., Deus J., Rivas I., Persavento C., Sunyer J., Foraster M.: The effects of exposure to road traffic noise at school on central auditory pathway functional connectivity. *Environmental Research*, 2023, 226, 115574.
58. Miedema, H.M.; Vos, H.: Associations between self-reported sleep disturbance and environmental noise based on reanalyses of pooled data from 24 studies. *Behav. Sleep Med.* 2007, 5, 1–20.
59. Murphy E., Douglas O.: Population exposure to road traffic noise: Experimental results from varying exposure estimation approaches. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 58, pp. 70-79, 2018.
60. Murphy E, King E.: Strategic environmental noise mapping: methodical issues concerning the implementation of the UE environmental noise directive and their policy implications. *Environ.Int.*, 36, pp. 290-298, 2010.
61. Muzet A.: Environmental noise, sleep and health. *Sleep Med. Rev.*, 11(2), pp. 135-142, 2007.
62. Nowoświat A., Sorociak W., Żuchowski R.: The impact of the application of thin emulsion mat microsurfacing on the level of noise in the environment. *Construction and Building Materials*, 2020, 263, 120626.
63. Nowoświat A., Bochen J., Dulak L., Żuchowski R.: Investigation studies involving sound absorbing parameters of roadside screen panels subjected to aging in simulated conditions. *Applied Acoustics*, 2016, 111, pp. 8-15.
64. Nowoświat A., Bochen J., Dulak L., Żuchowski R. Study on sound absorption of road acoustic screens under simulated weatheing. *Archives of Acoustics*, 2018, 43(2), pp. 323-337.
65. Nowoświat A., Ślusarek J., Żuchowski R., Pudełko B.: The impact of noise in the environment on the acoustic assessment of green houses. *International Journal of Acoustics and Vibration*, 2018, 23(3), pp. 392-401.

66. Öhrström, E.; Hadzibajramovic, E.; Holmes, M.; Svensson, H.: Effects of road traffic noise on sleep: Studies on children and adults. *J. Environ. Psychol.* 2006, 26, 116–126.
67. Pałęga M. Emisja hałasu drogowego w Polsce – analiza wyników pomiaru. *Bezpieczeństwo i ekologia, Autobusy*, 2018, 12, s. 184-189.
68. Pamanikabud P, Tansatcha M.: Geographical information system for traffic noise analysis and forecasting with the appearance of barriers. *Environ Model Software* 2003;18:959–73.
69. Pamanikabud, P. & Vivitjinda, P.: Noise prediction for highways in Thailand. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, pp. 441-449, 2002.
70. Pamanikabud, P., Tansatcha, M., Brown, A.L.: Development of a highway noise prediction model using an Leq20 s measure of basic vehicular noise. *J. Sound Vib.*, 317–330, 2008.
71. Pascale A, Fernandes P, Guarnaccia C, Coelho MC.: A study on vehicle Noise Emission Modelling: Correlation with air pollutant emissions, impact of kinematic variables and critical hotspots. *Sci Total Environ* 2021;787:147647.
72. Pascale A., Macedo E., Guarnaccia C., Coelho C.: Smart mobility procedure for road traffic noise dynamic estimation by video analysis. *Applied Acoustics*, 2023, 208, 109381.
73. Pedersen M, Halldorsson TI, Olsen SF, Hjortebjerg D, Ketznel M, Grandström C, et al.: Impact of road traffic pollution on pre-eclampsia and pregnancy-induced hypertensive disorders. *Epidemiology* 2017;28(1):99–106.
74. Petošić A., Djurek I., Suhanek M., Grubeša S.: Interlaboratory comparisons' measurement uncertainty in the field of environmental noise. *Measurement* 2019; 148: 106932
75. Pratico F.G.: Roads and loudness: a more comprehensive approach. *Road Mater Pavement Des*, 2(4), pp. 359-377, 2001.
76. Przysucha B., Pawlik P., Stępień B., Surowiec A.: Impact of the noise indicators components correlation ( $L_d$ ,  $L_e$ ,  $L_n$ ) on the uncertainty of the long-term day-evening-night noise indicator  $L_{den}$ . *Measurement* 2021; 179: 109399
77. Quartieri J, Mastorakis NE, Iannone G, Guarnaccia C, Ambrosio SD, Troisi A, et al.: A review of traffic noise predictive noise models. *Recent Adv Appl Theor Mech* 2009:72–80.



- 78.** Ryu H., Park I.K. Chun B.S., Chang S.I.: Spatial statistics analysis of the effects of urban form indicators on road-traffic noise strength of a city in South Korea. *Appl. Acoust.*, 115(1), pp. 93-100, 2017.
- 79.** Salomons E.M., Pont M.B. (2012). Urban traffic noise and relations to urban density, form, and traffic elasticity. *Landscape Urban Plann.*, 108(1), pp. 2-16, 2012.
- 80.** Sandberg U.: Noise emissions of road vehicles effect of regulations Final Report 01-1, 2001.
- 81.** Schultz T.J.: Synthesis of social surveys on noise annoyance. *J. Acoust. Soc. Am.* 1978, 64, pp. 377-405.
- 82.** Seidler A, Wagner M, Schubert M, Dröge P, Römer K, Pons-Kühnemann J, et al.: Aircraft, road and railway traffic noise as risk factors for heart failure and hypertensive heart disease—A case-control study based on secondary data. *Int J Hyg Environ Health* 2016;219(8):749–58.
- 83.** Shokouhian M., Owolabi O., Efe S., Ikiriko S., Tsegaye T.: Development of a highway geometry based noise abatement model. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 2021, 10, 100382.
- 84.** Shukla KA, Jain SS, Parida M.: Performance of FHWA model for predicting traffic noise: a case study of metropolitan city Lucknow (India). *Transport* 2009; 24:234–40.
- 85.** Singh D, Kumari N, Sharma P.: A review of adverse effects of road traffic noise on human health. *Fluct Noise Lett* 2018;17:1–12.
- 86.** Skarlatos D., Drakatos P.: On selecting the minimum observation time for determining the  $L_{eq}$  of random noise with a given level of confidence. *Journal of Sound and Vibration*, 1992, 152(1), pp. 141-148.
- 87.** Slebi-Acevedo C.J., Lastra-González P., Calzada-Pérez M.A., Castro-Fresno D.: Effect of synthetic fibers and hydrated lime in porous asphalt mixture using multi-criteria decision-making techniques. *Materials*, 13(3), 675, 2020.
- 88.** Sobota A., Molecki A.: Dni pomiarowe. Jak dobrze dobrać okres pomiarów dla analiz natężenia ruchu dróg III klasy technicznej w warunkach miejskich. *Autostrady* 6/2008, s. 17-22.
- 89.** Splawińska M.: Charakterystyki zmienności natężeń ruchu i ich wpływ na eksploatację wybranych obiektów drogowych. Praca doktorska Kraków, 2013.

90. Steele C.: A critical review of some traffic noise prediction models. *Appl Acoust* 2001;62(3):271–87.
91. Szymański Z.: Badanie skuteczności ekranowania jako uzupełnienie projektowania różnych typów ekranów akustycznych. *Autostrady*, 2012, 4
92. Śleszyński P., Bednarek-Szczepańska M., Górczyńska M., Korcelli-Olejniczak E.: Komentarz do Ustawy o rewitalizacji z dnia 9 października 2015 r., *Problemy rozwoju Miast* nr 1, 2016.
93. Śleszyński P.: Błędy polskiej polityki przestrzennej i krajobrazowej oraz propozycje ich naprawy. *Problemy Ekologii Krajobrazu*, 2015.
94. Taraldsen G., Berge T., Gaukland F., Lindquist B.H., Johansson H. Uncertainty of decybel levels. *J. Acoust. Soc. Am.* 2015; 138: 264
95. Tracz M. (praca zbiorowa): *Pomiary i badania ruchu drogowego*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa, 1984.
96. Wang DJ, Wang XN, Luo LH.: Study on traffic noise characteristics of large grade interchange. *ICCTP 2009: Critical issues in transportation systems planning, development, and management*, ASCE; 2009. p. 2095–100.
97. Winroth J., Kropp W., Hoever C., Beckenbauer T., Männel M.: Investigating generation mechanisms of tyre/road noise by speed exponent analysis. *Appl. Acoust.*, 115, pp. 101-108, 2017.
98. Zhang L., Ma H.: The effects of environmental noise on children’s cognitive performance and annoyance. *Applied Acoustics*, 2022, 198, 108995.
99. Zhao J., Xiaoning Z., Chen Y.: A novel traffic – noise prediction method for non-straight roads. *Applied Acoustics*, 2012, 73, pp. 276-280

### **Normy i akty normatywne**

100. Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu przestrzennym (Dz.U.2003 Nr 80, poz. 717).
101. Ustawa prawo budowlane z 2010 r. Dz. U. nr 243 poz. 1623 (z późniejszymi zmianami).
102. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska.
103. Ustawa z dnia 21 marca 1985 r. o drogach publicznych wraz z późniejszymi zmianami (Dz.U.s1985 Nr 14 poz. 60).

104. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 czerwca 2007 roku w sprawie ustalania wartości wskaźnika  $L_{DWN}$ .
105. Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 16 września 2021 roku w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji.
106. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 października 2012 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz.U. 2012 nr 0 poz. 1109).
107. 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 (Dz.U. 2011 nr 140 poz. 824).
108. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie
109. Dyrektywa 200/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 25 czerwca 2002 r. odnosząca się do oceny i zarządzania poziomem hałasu w środowisku.
110. Dyrektywa Komisji (UE) 2020/367 z dnia 4 marca 2020 r. zmieniająca załącznik III do dyrektywy 2002/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do ustalenia metod szkodliwych skutków hałasu w środowisku.
111. ISO 9613-2 „Akustyka. *Thumienie dźwięku podczas propagacji w przestrzeni otwartej*”
112. ISO 1996-2:2017, Acoustics – Description, measurement and assesment of environmental noise – Part 2: Determination of sound pressure levels
113. ASJ., 1999. Acoustical Society of Japan Prediction Model 1998 for Road Traffic Noise: Report from the Research Committee of Road Traffic Noise in the Accoustical Society of Japan. 55(4), pp. 281-324.
114. AASHTO Guidelines for Traffic Data Programs, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1992.
115. Federal Highway Administration (FHWA). Traffic Monitoring Guide, 2001.
116. WHO LARES Final Report: Noise Effects and Morbidity. Available online: [http://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0015/105144/WHO\\_Lares.pdf](http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0015/105144/WHO_Lares.pdf) (accessed on 30 June 2016).
117. European Environment Agency. Environmental noise in Europe – 2020, 2020. <https://doi.org/10.2800/686249>

118. Zarządzeniem nr 17 GDDKiA z dnia 11 maja 2009 roku i Zarządzenie nr 58 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 23 listopada 2015 r.

### **Inne źródła**

119. Kokowski Piotr (kierownik zespołu). Obliczanie efektów zdrowotnych. Skrót opracowania pn.: Wytyczne oceny wskaźników zdrowotnych hałasu w środowisku. Katedra Akustyki UAM,
120. Podsumowanie 5-letniego cyklu monitoringu hałasu na terenie województwa śląskiego za lata 2012-2016. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Katowicach, Katowice 2017 r.
121. Dane statystyczne z Banku Danych Lokalnych GUS.
122. Aktualizacja „Wytycznych pomiaru i szacowania średniego dobowego ruchu (SDR) na sieci dróg wojewódzkich” oraz opracowanie i edycja otrzymanych wyników. Etap III. Transprojekt – Warszawa Sp. z o.o., Warszawa 2005.
123. Wytyczne organizacji i przeprowadzania generalnego pomiaru ruchu w 2010 roku na drogach krajowych. GDDKiA, Warszawa 2009.
124. Wytyczne projektowania skrzyżowań drogowych. Część I – skrzyżowania zwykłe i skanalizowane GDDP, Warszawa 2001.
125. <http://drogipubliczne.eu/drogi-publiczne-w-liczbach>
126. <https://www.archiwum.gddkia.gov.pl/pl/a/7886/s1-pyrzowice-lotnisko>
127. <https://www.archiwum.gddkia.gov.pl/pl/a/19980/S-1-Pyrzowice-Podwarpie>
128. Podręcznik dobrych praktyk wykonania opracowań środowiskowych dla dróg krajowych. GDDKiA, Kraków 2008
129. Kenneth D. Polcak. Sound Land Use Planning For Your Community: Model Ordinance Language for Addressing Traffic Noise. 2004
130. Tracz M (kierownik projektu). RID. Zadanie 7. Kształtowanie urbanistyczne układów droga – zabudowa w aspekcie ochrony akustycznej ochrony mieszkańców przed hałasem. Politechnika Krakowska 2018
131. Tracz M., Bohatkiewicz J., Oceny oddziaływania na środowisko inwestycji i istniejących obiektów drogowych. Zasady ochrony środowiska w projektowaniu, budowie i utrzymaniu dróg. Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych. Instytut Badawczy Dróg i Mostów. Warszawa, 1988

- 132.** Tracz M., Bohatkiewicz J., Radosz S., Stręk J. Oceny oddziaływania dróg na środowisko. Część I i II – wydanie drugie rozszerzone i uaktualnione. Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych. Warszawa 1999 r

### **Raporty**

- 133.** Kontrolne pomiary poziomu hałasu na Autostradzie A4 na odcinku węzeł „Sośnica” – węzeł „Batory” w km 315+700 – 331+470 - Biuro Konsultingowe Ochrony Środowiska EKOSYSTEM Śląsk Mysłowice, 2005r.
- 134.** Pomiary hałasu i analiza akustyczna w sąsiedztwie Autostrady A4 na odcinku węzeł „Wirek” – węzeł „Batory” - Biuro Ochrony Środowiska EKOSOUND S.C., 2008r.
- 135.** Raport oddziaływania na środowisko budowy trasy ekspresowej S-1 na odcinku Pyrzowice – Dąbrowa Górnicza – Bielsko Biała – Cieszyn km 10+987 do km 14+000 droga do lotniska. Etap I budowa węzła Podwarpie. Remont drogi krajowej nr 1 – etap uzgodnienia projektu budowlanego, Biuro Konsultingowe Ochrony Środowiska EKOSYSTEM Śląsk Mysłowice, 2002r,
- 136.** Analiza porealizacyjna dla budowy „Drogi Ekspresowej S-1 Pyrzowice – Dąbrowa Górnicza – Bielsko Biała – Cieszyn, droga do lotniska w Katowicach, Pyrzowice Podwarpie km 1+558,35 – 14+000; Etap I – budowa węzła „Podwarpie” km 10+987 – 14+000” - Biuro Konsultingowe Ochrony Środowiska EKOSYSTEM Śląsk Mysłowice, 2008r.
- 137.** Analiza porealizacyjna Drogi Ekspresowej S1 (etap III) – odcinek II węzeł „Lotnisko” – Podwarpie – dobudowa drugiej jezdni km 2+158 – 11+760 - Politechnika Śląska, Zespół Badań Terenowych, 2022r.
- 138.** „Opracowanie dokumentacji projektowej do zadania: Budowa zabezpieczeń przeciwhałasowych wzdłuż Drogi Krajowej nr 1 w Czechowicach – Dziedzicach” - Biuro Ochrony Środowiska EKOSOUND S.C., 2011r.
- 139.** Pomiary hałasu w środowisku i analiza ruchu dla zadania: „Weryfikacja i aktualizacja dokumentacji projektowej oraz budowa zabezpieczeń przeciwhałasowych wzdłuż Drogi Krajowej nr 1 w miejscowości Czechowice – Dziedzice” - Biuro Ochrony Środowiska EKOSOUND S.C., 2018r.
- 140.** Analiza akustyczna dla zadania: „Wykonanie koncepcji ograniczenia hałasu wzdłuż Drogi Krajowej nr 44 w m. Bieruń (rejon ul. Granitowej, Warszawskiej

oraz Mieszka 1) – odcinek 1 i 2” - Biuro Ochrony Środowiska EKOSOUND S.C., 2019r.

- 141.** Pomiary hałasu przed realizacją inwestycji pn.: „Budowa zabezpieczeń przeciwhałasowych wzdłuż DK44 w miejscowości Bieruń (rejon ul. Granitowej, Warszawskiej oraz Mieszka I) – cicha nawierzchnia - EKOSOUND AKUSTYKA, 2023r.

## SPIS TABEL

<i>Tabela 1.1. Dopuszczalne poziomy hałasu w środowisku w odniesieniu do dróg i linii kolejowych, wyrażone wskaźnikami LDWN, LN, Leq, D, LAeq, N zgodnie z aktualnymi przepisami. ....</i>	11
<i>Tabela 1.2. Drogi publiczne ogółem według kategorii dróg i rodzajów nawierzchni. Stan w dniu 31 grudnia 2021 r. [125] .....</i>	12
<i>Tabela 4.1. Minimalne odległości usytuowania obiektów budowlanych od krawędzi jezdni [103].....</i>	45
<i>Tabela 5.1. Charakterystyka wybranego odcinka Autostrady A4 .....</i>	64
<i>Tabela 5.2. Charakterystyka wybranego odcinka Drogi Ekspresowej S1 .....</i>	66
<i>Tabela 5.3. Charakterystyka wybranego odcinka Drogi Krajowej DK1 .....</i>	67
<i>Tabela 5.4. Charakterystyka wybranego odcinka Drogi Krajowej DK44 .....</i>	68
<i>Tabela 5.5. Zestawienie stacji pogodowych stosowanych podczas pomiarów meteorologicznych .....</i>	69
<i>Tabela 5.6. Położenie geograficzne punktu pomiarowego PPH_1_A4.....</i>	72
<i>Tabela 5.7. Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PPH_1_A4.....</i>	72
<i>Tabela 5.8. Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PPH_1_A4.....</i>	74
<i>Tabela 5.9. Położenie geograficzne punktu pomiarowego PPH_2_A4.....</i>	74
<i>Tabela 5.10. Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PPH_2_A4.....</i>	74
<i>Tabela 5.11. Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PPH_2_A4.....</i>	76
<i>Tabela 5.12. Położenie geograficzne punktu pomiarowego PPH_1_S1 .....</i>	76
<i>Tabela 5.13. Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PPH_1_S1 .....</i>	77
<i>Tabela 5.14. Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PPH_1_S1 .....</i>	78
<i>Tabela 5.15. Położenie geograficzne punktu pomiarowego PPH_2_S1 .....</i>	78
<i>Tabela 5.16. Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PPH_2_S1 .....</i>	79
<i>Tabela 5.17. Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PPH_2_S1 .....</i>	80
<i>Tabela 5.18. Położenie geograficzne punktu pomiarowego PPH_2_DK1 .....</i>	81
<i>Tabela 5.19. Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PPH_2_DK1.....</i>	81
<i>Tabela 5.20. Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PPH_1_DK1 .....</i>	83
<i>Tabela 5.21. Położenie geograficzne punktu pomiarowego PPH_3_DK1 .....</i>	83
<i>Tabela 5.22. Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PPH_3_DK1.....</i>	83
<i>Tabela 5.23. Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PPH_3_DK1 .....</i>	85
<i>Tabela 5.24. Położenie geograficzne punktu pomiarowego PPH_4_DK1 .....</i>	85
<i>Tabela 5.25. Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PPH_4_DK1.....</i>	85
<i>Tabela 5.26. Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PPH_4_DK1 .....</i>	87
<i>Tabela 5.27. Położenie geograficzne punktu pomiarowego PPH_1_DK44 .....</i>	87
<i>Tabela 5.28. Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PPH_1_DK44.....</i>	88
<i>Tabela 5.29. Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PPH_1_DK44 .....</i>	89
<i>Tabela 5.30. Położenie geograficzne punktu pomiarowego PPH_2_DK44 .....</i>	89
<i>Tabela 5.31. Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PPH_2_DK44.....</i>	90
<i>Tabela 5.32. Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PPH_2_DK44 .....</i>	91
<i>Tabela 5.33. Zestaw pomiarowy zastosowany podczas pomiarów w 2005 roku na Autostradzie A4.....</i>	92

<b>Tabela 5.34.</b> Zestaw pomiarowy zastosowany podczas pomiarów w 2008 roku na Autostradzie A4.....	92
<b>Tabela 5.35.</b> Zestaw pomiarowy zastosowany podczas pomiarów w 2007 roku na Drodze Ekspresowej S1.....	93
<b>Tabela 5.36.</b> Zestaw pomiarowy zastosowany podczas pomiarów w 2022 roku na Drodze Ekspresowej S1.....	93
<b>Tabela 5.37.</b> Zestaw pomiarowy zastosowany podczas pomiarów w 2011 roku na Drodze Krajowej DK1 .....	94
<b>Tabela 5.38.</b> Zestaw pomiarowy zastosowany podczas pomiarów w 2018 roku na Drodze Krajowej DK1 .....	94
<b>Tabela 5.39.</b> Zestaw pomiarowy zastosowany podczas pomiarów w 2019 roku na Drodze Krajowej DK44 .....	95
<b>Tabela 5.40.</b> Zestaw pomiarowy zastosowany podczas pomiarów w 2022 roku na Drodze Krajowej DK44 .....	95
<b>Tabela 5.41.</b> Wartości współczynnika elastyczności $W_e$ zgodnie z (Załącznik 2 Zasady prognozowania wskaźników wzrostu ruchu wewnętrznego na okres 2008-2040 na sieci drogowej do celów planistyczno-projektowych; <a href="http://www.gddkia.gov.pl">www.gddkia.gov.pl</a> )... 98	98
<b>Tabela 5.42.</b> Wartości współczynnika elastyczności $W_e$ zgodnie z (Załącznik 2 Zasady prognozowania wskaźników wzrostu ruchu wewnętrznego na okres 2008-2040 na sieci drogowej do celów planistyczno-projektowych; <a href="http://www.gddkia.gov.pl">www.gddkia.gov.pl</a> )... 98	98
<b>Tabela 5.43.</b> Ustawienia parametrów obliczeń mapowych w programie SoundPlan 8.2 .....	102
<b>Tabela 6.1.</b> Wyniki pomiarów własnych natężenia ruchu wraz z wartościami równoważnego poziomu dźwięku na odcinku <b>Autostrady A4</b> .....	106
<b>Tabela 6.2.</b> Wyniki pomiarów własnych natężenia ruchu wraz z wartościami równoważnego poziomu dźwięku na odcinku <b>Drogi Ekspresowej S1</b> .....	107
<b>Tabela 6.3.</b> Wyniki pomiarów własnych natężenia ruchu wraz z wartościami równoważnego poziomu dźwięku na odcinku <b>Drogi Krajowej DK1</b> .....	108
<b>Tabela 6.4.</b> Wyniki pomiarów własnych natężenia ruchu wraz z wartościami równoważnego poziomu dźwięku na odcinku <b>Drogi Krajowej DK44</b> .....	109
<b>Tabela 6.5.</b> Zestawienie wyników zmierzonego i obliczonego poziomu dźwięku w dla wszystkich punktów referencyjnych. ....	110
<b>Tabela 6.6.</b> Wyniki oszacowanych prognoz natężenia ruchu na odcinku <b>Autostrady A4</b> .....	111
<b>Tabela 6.7.</b> Wyniki oszacowanych prognoz natężenia ruchu na odcinku <b>Drogi Ekspresowej S1</b> .....	112
<b>Tabela 6.8.</b> Wyniki oszacowanych prognoz natężenia ruchu na odcinku <b>Drogi Krajowej DK1</b> .....	113
<b>Tabela 6.9.</b> Wyniki oszacowanych prognoz natężenia ruchu na odcinku <b>Drogi Krajowej DK44</b> .....	114
<b>Tabela 6.10.</b> Wyniki Generalnego Pomiaru Ruchu na analizowanych odcinkach dróg (* <sup>w 2020 roku pomiar GPR wykonany został na dwóch fragmentach analizowanego odcinka drogi S1: od węzła „Podwarpie” do węzła</sup>	



„Mierzęcice” oraz od węzła „Mierzęcice” do węzła „Lotnisko”, z uwagi na wybudowanie węzła „Mierzęcice”) .....	115
<b>Tabela 6.11.</b> Zestawienie struktury ruchu (uśrednione) z analizowanego odcinka drogi krajowej DK1 z 2011 roku i 2018 roku.....	123
<b>Tabela 6.12.</b> Wyniki oceny ryzyka wystąpienia znacznych uciążliwości oraz znacznych zaburzeń snu w oparciu o dane z 2005 roku.....	132
<b>Tabela 6.13.</b> Wyniki oceny ryzyka wystąpienia znacznych uciążliwości oraz znacznych zaburzeń snu w oparciu o dane z 2008 roku.....	133
<b>Tabela 6.14.</b> Wyniki oceny ryzyka wystąpienia znacznych uciążliwości oraz znacznych zaburzeń snu w oparciu o dane z 2010 roku.....	134
<b>Tabela 6.15.</b> Wyniki oceny ryzyka wystąpienia znacznych uciążliwości oraz znacznych zaburzeń snu w oparciu o dane z 2015 roku.....	135
<b>Tabela 6.16.</b> Wyniki oceny ryzyka wystąpienia znacznych uciążliwości oraz znacznych zaburzeń snu w oparciu o dane z 2020 roku.....	136
<b>Tabela Z.7.1.</b> Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH_1_A4.....	161
<b>Tabela Z.7.2.</b> Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH_1_A4.....	161
<b>Tabela Z.7.3.</b> Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH_1_A4.....	163
<b>Tabela Z.7.4.</b> Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH_2_A4.....	163
<b>Tabela Z.7.5.</b> Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH_2_A4.....	163
<b>Tabela Z.7.6.</b> Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH_2_A4.....	165
<b>Tabela Z.7.7.</b> Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH_3_A4.....	165
<b>Tabela Z.7.8.</b> Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH_3_A4.....	165
<b>Tabela Z.7.9.</b> Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH_3_A4.....	167
<b>Tabela Z.7.10.</b> Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH_4_A4.....	167
<b>Tabela Z.7.11.</b> Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH_4_A4.....	167
<b>Tabela Z.7.12.</b> Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH_4_A4.....	169
<b>Tabela Z.7.13.</b> Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH_0_S1 .....	169
<b>Tabela Z.7.14.</b> Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH_0_S1 .....	169
<b>Tabela Z.7.15.</b> Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH_0_S1 .....	171
<b>Tabela Z.7.16.</b> Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH_1_S1 .....	171
<b>Tabela Z.7.17.</b> Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH_1_S1 .....	171
<b>Tabela Z.7.18.</b> Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH_1_S1 .....	173
<b>Tabela Z.7.19.</b> Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH_2_S1 .....	173
<b>Tabela Z.7.20.</b> Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH_2_S1 .....	173
<b>Tabela Z.7.21.</b> Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH_2_S1 .....	175
<b>Tabela Z.7.22.</b> Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH_3_S1 .....	175
<b>Tabela Z.7.23.</b> Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH_3_S1 .....	175
<b>Tabela Z.7.24.</b> Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH_3_S1 .....	177
<b>Tabela Z.7.25.</b> Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH_4_S1 .....	177
<b>Tabela Z.7.26.</b> Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH_4_S1 .....	177
<b>Tabela Z.7.27.</b> Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH_4_S1 .....	179
<b>Tabela Z.7.28.</b> Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH_5_S1 .....	179
<b>Tabela Z.7.29.</b> Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH_5_S1 .....	179
<b>Tabela Z.7.30.</b> Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH_5_S1 .....	181

<b>Tabela Z.7.31.</b>	<i>Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH_6_S1</i>	181
<b>Tabela Z.7.32.</b>	<i>Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH_6_S1</i>	181
<b>Tabela Z.7.33.</b>	<i>Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH_6_S1</i>	183
<b>Tabela Z.7.34.</b>	<i>Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH_7_S1</i>	183
<b>Tabela Z.7.35.</b>	<i>Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH_7_S1</i>	183
<b>Tabela Z.7.36.</b>	<i>Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH_7_S1</i>	185
<b>Tabela Z.7.37.</b>	<i>Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH_8_S1</i>	185
<b>Tabela Z.7.38.</b>	<i>Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH_8_S1</i>	185
<b>Tabela Z.7.39.</b>	<i>Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH_8_S1</i>	187
<b>Tabela Z.7.40.</b>	<i>Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH_9_S1</i>	187
<b>Tabela Z.7.41.</b>	<i>Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH_9_S1</i>	187
<b>Tabela Z.7.42.</b>	<i>Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH_9_S1</i>	189
<b>Tabela Z.7.43.</b>	<i>Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH_10_S1</i>	189
<b>Tabela Z.7.44.</b>	<i>Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH_10_S1</i>	189
<b>Tabela Z.7.45.</b>	<i>Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH_10_S1</i>	191
<b>Tabela Z.7.46.</b>	<i>Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH_2_DK1</i>	191
<b>Tabela Z.7.47.</b>	<i>Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH_2_DK1</i>	191
<b>Tabela Z.7.48.</b>	<i>Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH_2_DK1</i>	193
<b>Tabela Z.7.49.</b>	<i>Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH_3_DK1</i>	193
<b>Tabela Z.7.50.</b>	<i>Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH_3_DK1</i>	193
<b>Tabela Z.7.51.</b>	<i>Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH_3_DK1</i>	195
<b>Tabela Z.7.52.</b>	<i>Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH_4_DK1</i>	195
<b>Tabela Z.7.53.</b>	<i>Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH_4_DK1</i>	195
<b>Tabela Z.7.54.</b>	<i>Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH_4_DK1</i>	197
<b>Tabela Z.7.55.</b>	<i>Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH_5_DK1</i>	197
<b>Tabela Z.7.56.</b>	<i>Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH_5_DK1</i>	197
<b>Tabela Z.7.57.</b>	<i>Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH_5_DK1</i>	199
<b>Tabela Z.7.58.</b>	<i>Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH_6_DK1</i>	199
<b>Tabela Z.7.59.</b>	<i>Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH_6_DK1</i>	199
<b>Tabela Z.7.60.</b>	<i>Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH_6_DK1</i>	201
<b>Tabela Z.7.61.</b>	<i>Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH_1_DK44</i>	201
<b>Tabela Z.7.62.</b>	<i>Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH_1_DK44</i>	201
<b>Tabela Z.7.63.</b>	<i>Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH_1_DK44</i>	203
<b>Tabela Z.7.64.</b>	<i>Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH_2_DK44</i>	203
<b>Tabela Z.7.65.</b>	<i>Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH_2_DK44</i>	203
<b>Tabela Z.7.66.</b>	<i>Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH_2_DK44</i>	205
<b>Tabela Z.7.67.</b>	<i>Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH_3_DK44</i>	205
<b>Tabela Z.7.68.</b>	<i>Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH_3_DK44</i>	205
<b>Tabela Z.7.69.</b>	<i>Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH_3_DK44</i>	207
<b>Tabela Z.7.70.</b>	<i>Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH_4_DK44</i>	207
<b>Tabela Z.7.71.</b>	<i>Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH_4_DK44</i>	207
<b>Tabela Z.7.72.</b>	<i>Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH_4_DK44</i>	209
<b>Tabela Z.7.73.</b>	<i>Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH_5_DK44</i>	209
<b>Tabela Z.7.74.</b>	<i>Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH_5_DK44</i>	209

<i>Tabela Z.7.75. Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH_5_DK44.....</i>	<i>211</i>
<i>Tabela Z.7.76. Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH_6_DK44.....</i>	<i>211</i>
<i>Tabela Z.7.77. Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH_6_DK44.....</i>	<i>211</i>
<i>Tabela Z.7.78. Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH_6_DK44.....</i>	<i>213</i>
<i>Tabela Z.7.79. Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH_7_DK44.....</i>	<i>213</i>
<i>Tabela Z.7.80. Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH_7_DK44.....</i>	<i>213</i>
<i>Tabela Z.7.81. Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH_7_DK44.....</i>	<i>215</i>

## SPIS RYSUNKÓW

<b>Rysunek 2.1.</b> Zakres natężeń, które ucho ludzkie może odbierać _____	18
<b>Rysunek 2.2.</b> Krzywe izofoniczne (ISI 226:2003) _____	18
<b>Rysunek 2.3.</b> Krzywa częstotliwościowej charakterystyki korekcyjnej A _____	19
<b>Rysunek 2.4.</b> Hałas o stałym w czasie poziomie dźwięku _____	20
<b>Rysunek 2.5.</b> Hałas o zmiennym w czasie poziomie dźwięku _____	20
<b>Rysunek 2.6.</b> Zależność pomiędzy absolutnym ryzykiem wystąpienia znaczącej uciążliwości hałasu a poziomem $L_{DWN}$ (na podstawie [119]) _____	25
<b>Rysunek 2.7.</b> Zależność pomiędzy absolutnym ryzykiem wystąpienia znaczących zaburzeń snu a poziomem $L_N$ (na podstawie [119]) _____	26
<b>Rysunek 2.8.</b> Schemat określania liczby osób dotkniętych znaczącą uciążliwością hałasu drogowego [119] _____	27
<b>Rysunek 2.9.</b> Schemat określania liczby osób dotkniętych znaczącymi zaburzeniami snu spowodowanymi hałasem drogowym [119] _____	27
<b>Rysunek 3.1.</b> Odległość ( $d$ ) między osią pasa a punktem odbioru _____	40
<b>Rysunek 4.1.</b> Typowe przekroje autostrad A [128] _____	49
<b>Rysunek 4.2.</b> Typowe przekroje dróg ekspresowych [128] _____	50
<b>Rysunek 4.3.</b> Typowe przekroje dróg głównych ruchu przyspieszonego GP [128]. ____	51
<b>Rysunek 4.4.</b> Typowe przekroje dróg głównych G [128] _____	52
<b>Rysunek 4.5.</b> Typowe przekroje dróg zbiorczych Z [128] _____	53
<b>Rysunek 4.6.</b> Typowe przekroje dróg lokalnych L [128] _____	53
<b>Rysunek 4.7.</b> Typowe przekroje dróg dojazdowych D [128] _____	54
<b>Rysunek 4.8.</b> Modelowy przykład zabudowy z garażami pełniącymi funkcję ekranującą [129, 130] _____	55
<b>Rysunek 4.9.</b> Strefy buforowe z udziałem zieleni [129] _____	55
<b>Rysunek 4.10.</b> Strefy buforowe a) z wałem ziemnym, b) z ekranem akustycznym [zdjęcia własne] _____	56
<b>Rysunek 4.11.</b> Tradycyjny model ochrony przed hałasem z wydzielonymi strefami [128, 129] _____	57
<b>Rysunek 4.12.</b> Lokalizacja punktów pomiarowych w sytuacji gdy droga przebiega na poziomie terenu _____	58
<b>Rysunek 4.13.</b> Wizualizacja Autostrady A4 i otaczającego ją zagospodarowania [opracowanie własne] _____	62
<b>Rysunek 4.14.</b> Przykładowy model terenu [opracowanie własne] _____	63
<b>Rysunek 5.1.</b> Satelitarne zdjęcie wybranego odcinka Autostrady A4 (www.google.pl/maps) _____	65
<b>Rysunek 5.2.</b> Satelitarne zdjęcie wybranego odcinka Drogi Ekspresowej S1 (www.google.pl/maps) _____	66
<b>Rysunek 5.3.</b> Satelitarne zdjęcie wybranego odcinka Drogi Krajowej DK1 (www.google.pl/maps) _____	67
<b>Rysunek 5.4.</b> Satelitarne zdjęcie wybranego odcinka Drogi Krajowej DK44 (www.google.pl/maps) _____	68

<b>Rysunek 5.5.</b> Schemat postępowania w punktach pomiarowych [opracowanie własne]	69
<b>Rysunek 5.6.</b> Lokalizacja punktu pomiarowego PPH_1_A4 w Rudzie Śląskiej (km 325+460) [www.geoportal.gov.pl]	73
<b>Rysunek 5.7.</b> Punkt pomiarowy PPH_1_A4 [zdjęcie własne]	73
<b>Rysunek 5.8.</b> Lokalizacja punktu pomiarowego PPH_2_A4 w Rudzie Śląskiej (km 327+420) [www.geoportal.gov.pl]	75
<b>Rysunek 5.9.</b> Punkt pomiarowy PPH_2_A4 [zdjęcie własne]	75
<b>Rysunek 5.10.</b> Lokalizacja punktu pomiarowego PPH_1_S1 zlokalizowany w miejscowości Nowa Wieś (km 3+560) [www.geoportal.gov.pl]	77
<b>Rysunek 5.11.</b> Lokalizacja punktu referencyjnego PPH_1_S1 [zdjęcie własne]	78
<b>Rysunek 5.12.</b> Lokalizacja punktu pomiarowego PPH_2_S1 w rejonie Węzła „Podwarpie” (km 11+640) [www.geoportal.gov.pl]	79
<b>Rysunek 5.13.</b> Lokalizacja punktu referencyjnego PPH_2_S1 [zdjęcie własne]	80
<b>Rysunek 5.14.</b> Lokalizacja punktu pomiarowego PPH_2_DK1 w Czechowicach – Dziedzicach (km 592+691) [www.geoportal.gov.pl]	82
<b>Rysunek 5.15.</b> Punkt pomiarowy PPH_2_DK1 [zdjęcie własne]	82
<b>Rysunek 5.16.</b> Lokalizacja punktu pomiarowego PPH_3_DK1 w Czechowicach – Dziedzicach (km 594+713) [www.geoportal.gov.pl]	84
<b>Rysunek 5.17.</b> Punkt pomiarowy PPH_3_DK1 [zdjęcie własne]	84
<b>Rysunek 5.18.</b> Lokalizacja punktu pomiarowego PPH_4_DK1 w Czechowicach - Dziedzicach (km 596+540) [www.geoportal.gov.pl]	86
<b>Rysunek 5.19.</b> Punkt pomiarowy PPH_4_DK1 [zdjęcie własne]	86
<b>Rysunek 5.20.</b> Lokalizacja punktu pomiarowego PPH_1_DK44 w Bieruniu Nowym (km 7+160) [www.geoportal.gov.pl]	88
<b>Rysunek 5.21.</b> Punkt pomiarowy PPH_1_DK44 [zdjęcie własne]	89
<b>Rysunek 5.22.</b> Lokalizacja punktu pomiarowego PPH_2_DK44 w Bieruniu Nowym (km 7+950) [www.geoportal.gov.pl]	90
<b>Rysunek 5.23.</b> Punkt pomiarowy PPH_2_DK44 [zdjęcie własne]	91
<b>Rysunek 5.24.</b> Przykład analizy wyników pomiarowych [opracowanie własne]	96
<b>Rysunek 5.25.</b> Zakres prowadzonych analiz [opracowanie własne]	99
<b>Rysunek 5.26.</b> Schemat postępowania z wynikami pomiarów własnych i dokonanych prognoz [opracowanie własne]	101
<b>Rysunek 5.27.</b> Lokalizacja punktów, w których podejmowano ocenę wpływu hałasu na zdrowie	103
<b>Rysunek 5.28.</b> Lokalizacja punktów symulacyjnych dla oceny wpływu hałasu na zdrowie	103
<b>Rysunek 6.1.</b> Zależności pomiędzy zmierzonym a prognozowanym natężeniem ruchu pojazdów i poziomem hałasu w punktach referencyjnych na Autostradzie A4	117
<b>Rysunek 6.2.</b> Zależności pomiędzy zmierzonym a prognozowanym natężeniem ruchu pojazdów i poziomem hałasu w punktach referencyjnych na Drodze Ekspresowej S1	118

<b>Rysunek 6.3.</b> Zależności pomiędzy zmierzonym a prognozowanym natężeniem ruchu pojazdów i poziomem hałasu w punktach referencyjnych na Drodze Krajowej DK1	119
<b>Rysunek 6.4.</b> Zależności pomiędzy zmierzonym a prognozowanym natężeniem ruchu pojazdów i poziomem hałasu w punktach referencyjnych na Drodze Krajowej DK44	120
<b>Rysunek 6.5.</b> Widok lokalizacji punktów obliczeniowych w odległościach: 50, 100, 200, 300 m od krawędzi jezdni	125
<b>Rysunek 6.6.</b> Wykresy $AR_{HA}$ w odległości 50 metrów od osi drogi dla 60 punktów obliczeniowych,	126
<b>Rysunek 6.7.</b> Wykresy $AR_{HA}$ w odległości 100 metrów od osi drogi dla 60 punktów obliczeniowych,	127
<b>Rysunek 6.8.</b> Wykresy $AR_{HA}$ w odległości 200 metrów od osi drogi dla 60 punktów obliczeniowych,	128
<b>Rysunek 6.9.</b> Wykresy $AR_{HA}$ w odległości 300 metrów od osi drogi dla 60 punktów obliczeniowych,	129
<b>Rysunek 6.10.</b> Wykresy $AR_{HSD}$ metodą 2020 (PR 2005) – prognoza na rok 2020 na podstawie raportu z 2005 roku, <b>a)</b> w odległości 50 m, <b>b)</b> w odległości 100 m, <b>c)</b> w odległości 200 m, <b>d)</b> w odległości 300 m. Linia czerwona zaznaczono zakres występowania wskaźnika.	130
<b>Rysunek 6.11.</b> Wykresy $AR_{HSD}$ metodą GPR 2020, <b>a)</b> w odległości 50 m, <b>b)</b> w odległości 100 m, <b>c)</b> w odległości 200 m, <b>d)</b> w odległości 300 m. Linia czerwona zaznaczono zakres występowania wskaźnika	131
<b>Rysunek Z.7.1.</b> Lokalizacja punktu pomiarowego PDH_1_A4 w Rudzie Śląskiej ul. Nowa 12 (km 325+300) [www.geoportal.gov.pl]	162
<b>Rysunek Z.7.2.</b> Punkt pomiarowy PDH_1_A4 [zdjęcia własne]	162
<b>Rysunek Z.7.3.</b> Lokalizacja punktu pomiarowego PDH_2_A4 w Rudzie Śląskiej ul. Krótka 2 (km 325+335) [www.geoportal.gov.pl]	164
<b>Rysunek Z.7.4.</b> Punkt pomiarowy PDH_2_A4 [zdjęcia własne]	164
<b>Rysunek Z.7.5.</b> Lokalizacja punktu pomiarowego PDH_3_A4 w Rudzie Śląskiej ul. Cegielniana 10 (km 329+337) [www.geoportal.gov.pl]	166
<b>Rysunek Z.7.6.</b> Punkt pomiarowy PDH_3_A4 [zdjęcia własne]	166
<b>Rysunek Z.7.7.</b> Lokalizacja punktu pomiarowego PDH_4_A4 w Rudzie Śląskiej ul. Cegielniana 10 (km 329+337) [www.geoportal.gov.pl]	168
<b>Rysunek Z.7.8.</b> Punkt pomiarowy PDH_4_A4 [zdjęcia własne]	168
<b>Rysunek Z.7.9.</b> Lokalizacja punktu pomiarowego PDH_0_S1 Węzeł „Podwarpie” [www.geoportal.gov.pl]	170
<b>Rysunek Z.7.10.</b> Lokalizacja punktu pomiarowego PDH_0_S1 w rejonie Węzła „Podwarpie”, ul. Marcinków 6 [zdjęcia własne]	170
<b>Rysunek Z.7.11.</b> Lokalizacja punktu pomiarowego PDH_1_S1 Mierzęcice, ul. Wojska Polskiego 43A (km 2+720) [www.geoportal.gov.pl]	172
<b>Rysunek Z.7.12.</b> Lokalizacja punktu pomiarowego PDH_1_S1 [zdjęcia własne]	172
<b>Rysunek Z.7.13.</b> Lokalizacja punktu pomiarowego PDH_2_S1 Mierzęcice, ul. Wojska Polskiego 47 (km 2+860) [www.geoportal.gov.pl]	174

<b>Rysunek Z.7.14.</b> Lokalizacja punktu pomiarowego PDH_2_S1 [zdjęcia własne] ____	174
<b>Rysunek Z.7.15.</b> Lokalizacja punktu pomiarowego PDH_3_S1 Mierzęcice, ul. Wojska Polskiego 52C (km 3+100) [www.geoportal.gov.pl] _____	176
<b>Rysunek Z.7.16.</b> Lokalizacja punktu pomiarowego PDH_3_S1 [zdjęcia własne] ____	176
<b>Rysunek Z.7.17.</b> Lokalizacja punktu pomiarowego PDH_4_S1 Mierzęcice, ul. Wolności 30 (km 6+240) [www.geoportal.gov.pl] _____	178
<b>Rysunek Z.7.18.</b> Lokalizacja punktu referencyjnego PDH_4_S1 [zdjęcia własne] __	178
<b>Rysunek Z.7.19.</b> Lokalizacja punktu pomiarowego PDH_5_S1 Mierzęcice, ul. Głowackiego 4 (km 7+450) [www.geoportal.gov.pl] _____	180
<b>Rysunek Z.7.20.</b> Lokalizacja punktu pomiarowego PDH_5_S1 [zdjęcia własne] ____	180
<b>Rysunek Z.7.21.</b> Lokalizacja punktu pomiarowego PDH_6_S1 Przeczyce, ul. Targowa 113 (km 7+550) [www.geoportal.gov.pl] _____	182
<b>Rysunek Z.7.22.</b> Lokalizacja punktu pomiarowego PDH_6_S1 [zdjęcia własne] ____	182
<b>Rysunek Z.7.23.</b> Lokalizacja punktu pomiarowego PDH_7_S1 Przeczyce, ul. Zielona 9 (km 10+130) [www.geoportal.gov.pl] _____	184
<b>Rysunek Z.7.24.</b> Lokalizacja punktu pomiarowego PDH_7_S1 [zdjęcia własne] ____	184
<b>Rysunek Z.7.25.</b> Lokalizacja punktu pomiarowego PDH_8_S1 Przeczyce, ul. 21 stycznia 24 (km 10+330) [www.geoportal.gov.pl] _____	186
<b>Rysunek Z.7.26.</b> Lokalizacja punktu pomiarowego PDH_8_S1 [zdjęcia własne] ____	186
<b>Rysunek Z.7.27.</b> Lokalizacja punktu pomiarowego PDH_9_S1 w Wojkowicach Kościelnych ul. Zwodzie 64 (km 11+420) [www.geoportal.gov.pl] _____	188
<b>Rysunek Z.7.28.</b> Lokalizacja punktu pomiarowego PDH_9_S1 [zdjęcia własne] ____	188
<b>Rysunek Z.7.29.</b> Lokalizacja punktu pomiarowego PDH_10_S1 w Wojkowicach Kościelnych ul. Przeczycka 45 (km 11+700) [www.geoportal.gov.pl] _____	190
<b>Rysunek Z.7.30.</b> Lokalizacja punktu pomiarowego PDH_10_S1 [zdjęcia własne] __	190
<b>Rysunek Z.7.31.</b> Lokalizacja punktu pomiarowego PDH_2_DK1 w Czechowicach – Dziedzicach ul. Legionów 53 (km 592+008) [www.geoportal.gov.pl] _____	192
<b>Rysunek Z.7.32.</b> Punkt pomiarowy PDH_2_DK1 [zdjęcia własne] _____	192
<b>Rysunek Z.7.33.</b> Lokalizacja punktu pomiarowego PDH_3_DK1 w Czechowicach – Dziedzicach ul. Wodna 1 (km 592+770) [www.geoportal.gov.pl] _____	194
<b>Rysunek Z.7.34.</b> Punkt pomiarowy PDH_3_DK1 [zdjęcia własne] _____	194
<b>Rysunek Z.7.35.</b> Lokalizacja punktu pomiarowego PDH_4_DK1 w Czechowicach – Dziedzicach ul. Stroma 3 (km 594+720) [www.geoportal.gov.pl] _____	196
<b>Rysunek Z.7.36.</b> Punkt pomiarowy PDH_4_DK1 [zdjęcia własne] _____	196
<b>Rysunek Z.7.37.</b> Lokalizacja punktu pomiarowego PDH_5_DK1 w Czechowicach – Dziedzicach ul. Cienista 10 (km 596+545) [www.geoportal.gov.pl] _____	198
<b>Rysunek Z.7.38.</b> Punkt pomiarowy PDH_5_DK1 [zdjęcia własne] _____	198
<b>Rysunek Z.7.39.</b> Lokalizacja punktu pomiarowego PDH_6_DK1 w Czechowicach – Dziedzicach ul. Kręta 69b (km 597+920) [www.geoportal.gov.pl] _____	200
<b>Rysunek Z.7.40.</b> Punkt pomiarowy PDH_6_DK1 [zdjęcia własne] _____	200
<b>Rysunek Z.7.41.</b> Lokalizacja punktu pomiarowego PDH_1_DK44 w Bieruniu Nowym przy ul. Warszawskiej 153 (km 7+140) [www.geoportal.gov.pl] _____	202
<b>Rysunek Z.7.42.</b> Punkt pomiarowy PDH_1_DK44 (ul. Warszawska 153) [zdjęcia własne]	202

<b>Rysunek Z.7.43.</b> Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH_2_DK44 w Bieruniu Nowym przy ul. Warszawskiej 226 (km 7+950) [www.geoportal.gov.pl]	204
<b>Rysunek Z.7.44.</b> Punkt pomiarowy PDH_2_DK44 (ul. Warszawska 226) [zdjęcia własne]	204
<b>Rysunek Z.7.45.</b> Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH_3_DK44 w Bieruniu Nowym przy ul. Warszawskiej 165 (km 7+460) [www.geoportal.gov.pl]	206
<b>Rysunek Z.7.46.</b> Punkt pomiarowy PDH_3_DK44 (ul. Warszawska 165) [zdjęcia własne]	206
<b>Rysunek Z.7.47.</b> Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH_4_DK44 w Bieruniu Nowym przy ul. Warszawskiej 236 (km 8+120) [www.geoportal.gov.pl]	208
<b>Rysunek Z.7.48.</b> Punkt pomiarowy PDH_4_DK44 (ul. Warszawska 236) [zdjęcia własne]	208
<b>Rysunek Z.7.49.</b> Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH_5_DK44 w Bieruniu Nowym przy ul. Warszawskiej 196 (km 7+450) [www.geoportal.gov.pl]	210
<b>Rysunek Z.7.50.</b> Punkt pomiarowy PDH_5_DK44 (ul. Warszawska 196) [zdjęcia własne]	210
<b>Rysunek Z.7.51.</b> Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH_6_DK44 w Bieruniu Nowym przy ul. Warszawskiej 223 (km 8+230) [www.geoportal.gov.pl]	212
<b>Rysunek Z.7.52.</b> Punkt pomiarowy PDH_6_DK44 (ul. Warszawska 223) [zdjęcia własne]	212
<b>Rysunek Z.7.53.</b> Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH_7_DK44 w Bieruniu Nowym przy ul. Warszawskiej 258 (km 8+540) [www.geoportal.gov.pl]	214
<b>Rysunek Z.7.54.</b> Punkt pomiarowy PDH_7_DK44 (ul. Warszawska 258) [zdjęcia własne]	214
<b>Rysunek 7.55.</b> Mapa hałasu odcinka Autostrady A4 równoważnego poziomu dźwięku 2D na wysokości 4m n.p.t. Pora dzienna.	217
<b>Rysunek 7.56.</b> Mapa hałasu odcinka Autostrady A4 równoważnego poziomu dźwięku 2D na wysokości 4m n.p.t. Pora nocna.	218
<b>Rysunek 7.57.</b> Mapa hałasu odcinka Autostrady A4 długookresowego średniego poziomu dźwięku $L_{DWN}$ 2D na wysokości 4m n.p.t.	219
<b>Rysunek 7.58.</b> Mapa hałasu odcinka Autostrady A4 długookresowego średniego poziomu dźwięku $L_N$ 2D na wysokości 4m n.p.t.	220



## ZALĄCZNIK 1. Charakterystyka pomiarowych punktów dodatkowych.

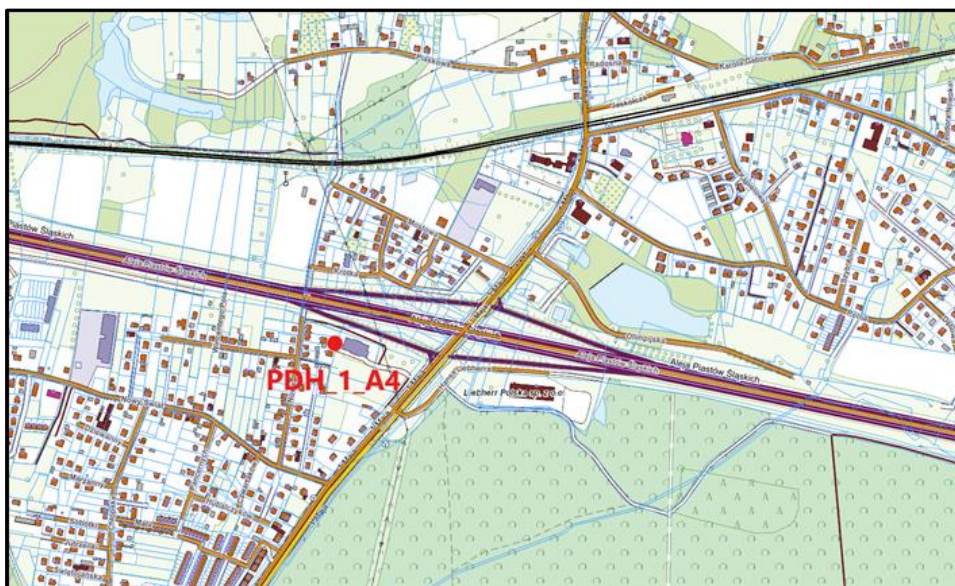
### A.1. Punkt pomiarowy **PDH\_1\_A4** zlokalizowany w Rudzie Śląskiej (km 325+300)

*Tabela Z.7.1. Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH\_1\_A4*

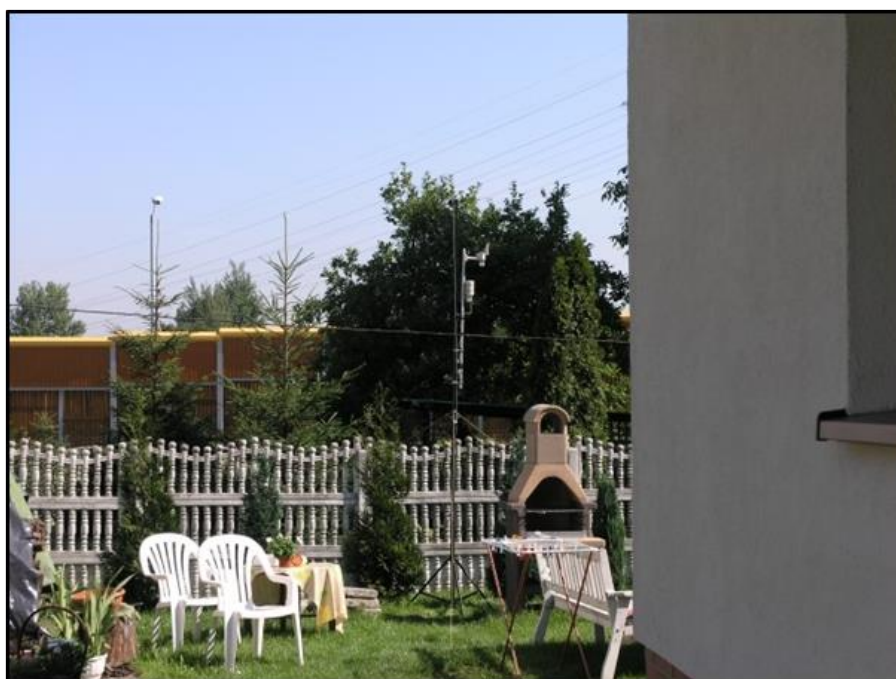
Nazwa punktu pomiarowego	<b>PDH_2_A4</b>
Odległość punktu pomiarowego od źródła hałasu [m]	50,0
Współrzędna geodezyjna E	18° 51' 06,7"
Współrzędna geodezyjna N	50° 15' 19,9"
Względna wysokość punktu pomiarowego – liczona od poziomu jezdni [m]	4,0

*Tabela Z.7.2. Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH\_1\_A4*

Nazwa drogi	A4
Rodzaj drogi	Autostrada
Długość odcinka jednorodnego, przy którym wykonywano pomiary	580 m
Liczba pasów ruchu	6
Szerokość pasa ruchu [m]	3,75
Szerokość pasa dzielącego [m]	4,0
Niweleta drogi (w procentach)	<1 %
Stan jezdni (opisowo)	Bardzo dobry
Położenie (w poziomie terenu, w wykopie, na nasypie, na estakadzie)	Na nasypie



*Rysunek Z.7.1. Lokalizacja punktu pomiarowego PDH\_1\_A4 w Rudzie Śląskiej ul. Nowa 12 (km 325+300) [www.geoportal.gov.pl]*



*Rysunek Z.7.2. Punkt pomiarowy PDH\_1\_A4 [zdjęcia własne]*

**Tabela Z.7.3. Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH\_1\_A4**

Rodzaj zabudowy	po stronie wykonywania pomiarów: Zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna i wielorodzinna
	po przeciwnej stronie: Zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna
Odległość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: 23,0m
	po przeciwnej stronie: 40,0m
Wysokość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: Budynki dwukondygnacyjne 6-8m
	po przeciwnej stronie: Budynki dwukondygnacyjne 6-8m

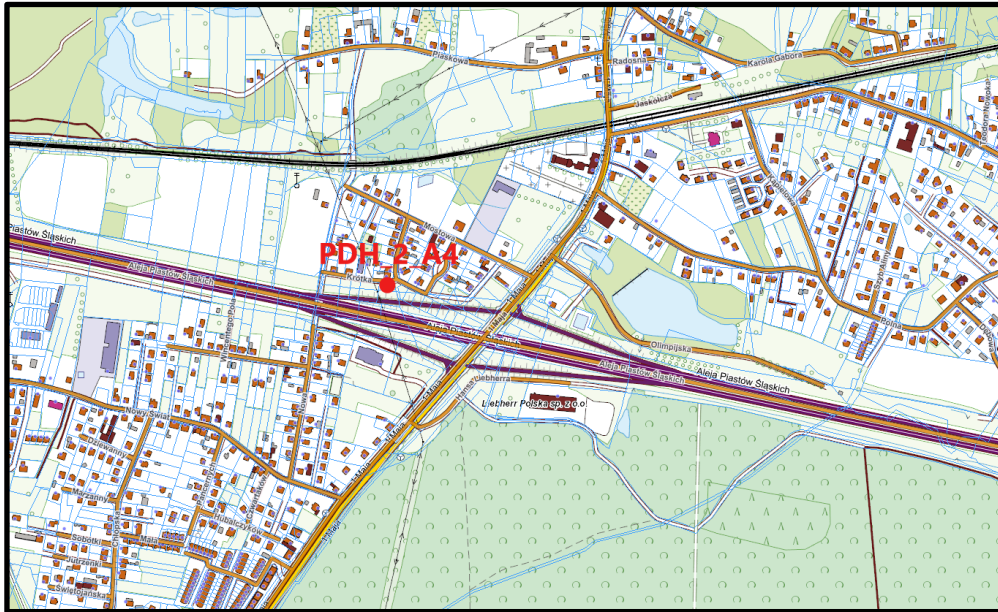
**A.2.** Punkt pomiarowy **PDH\_2\_A4** zlokalizowany w Rudzie Śląskiej (km 325+335)

**Tabela Z.7.4. Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH\_2\_A4**

Nazwa punktu pomiarowego	<b>PDH_2_A4</b>
Odległość punktu pomiarowego od źródła hałasu [m]	40,0
Współrzędna geodezyjna E	18° 51' 10,4"
Współrzędna geodezyjna N	50° 15' 24,5"
Względna wysokość punktu pomiarowego – liczona od poziomu jezdni [m]	4,0

**Tabela Z.7.5. Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH\_2\_A4**

Nazwa drogi	A4
Rodzaj drogi	Autostrada
Długość odcinka jednorodnego, przy którym wykonywano pomiary	580 m
Liczba pasów ruchu	6
Szerokość pasa ruchu [m]	3,75
Szerokość pasa dzielącego [m]	4,0
Niweleta drogi (w procentach)	<1 %
Stan jezdni (opisowo)	Bardzo dobry
Położenie (w poziomie terenu, w wykopie, na nasypie, na estakadzie)	Na nasypie



*Rysunek Z.7.3. Lokalizacja punktu pomiarowego PDH\_2\_A4 w Rudzie Śląskiej ul. Krótka 2 (km 325+335) [www.geoportal.gov.pl]*



*Rysunek Z.7.4. Punkt pomiarowy PDH\_2\_A4 [zdjęcia własne]*

**Tabela Z.7.6. Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH\_2\_A4**

Rodzaj zabudowy	po stronie wykonywania pomiarów: Zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna
	po przeciwnej stronie: Zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna i wielorodzinna
Odległość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: 40,0m
	po przeciwnej stronie: 23,0m
Wysokość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: Budynki dwukondygnacyjne 6-8m
	po przeciwnej stronie: Budynki dwukondygnacyjne 6-8m

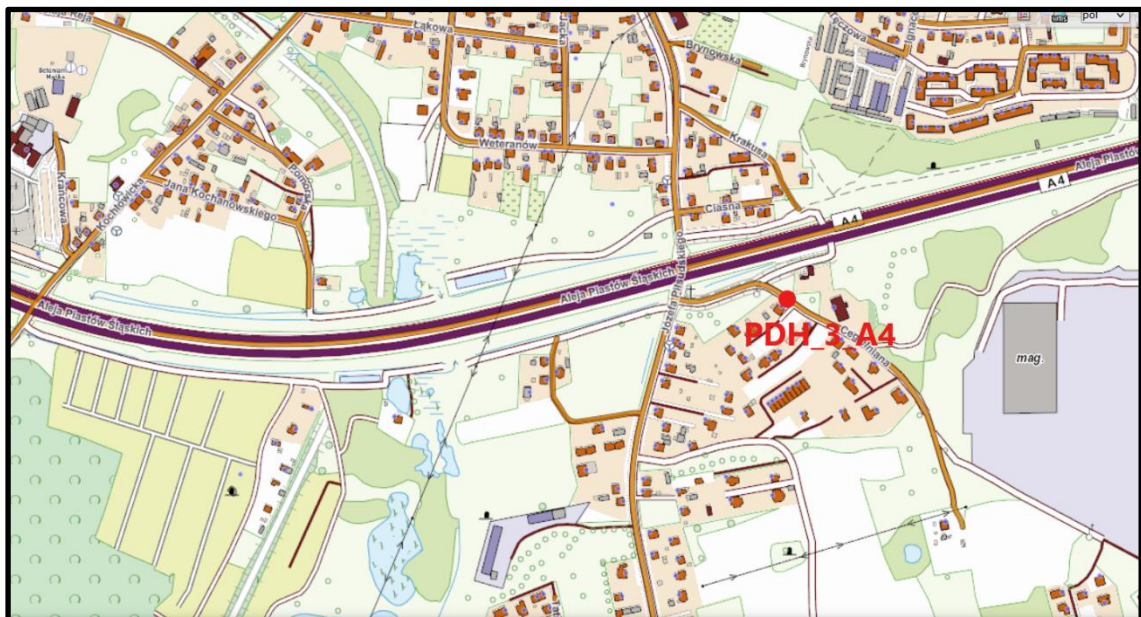
**A.3.** Punkt pomiarowy **PDH\_3\_A4** zlokalizowany w Rudzie Śląskiej (km 329+337)

**Tabela Z.7.7. Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH\_3\_A4**

Nazwa punktu pomiarowego	<b>PDH_3_A4</b>
Odległość punktu pomiarowego od źródła hałasu [m]	60,0
Współrzędna geodezyjna E	18° 54' 21,4"
Współrzędna geodezyjna N	50° 14' 51,8"
Względna wysokość punktu pomiarowego – liczona od poziomu jezdni [m]	4,0

**Tabela Z.7.8. Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH\_3\_A4**

Nazwa drogi	A4
Rodzaj drogi	Autostrada
Długość odcinka jednorodnego, przy którym wykonywano pomiary	5950 m
Liczba pasów ruchu	6
Szerokość pasa ruchu [m]	3,75
Szerokość pasa dzielącego [m]	4,0
Niweleta drogi (w procentach)	<1 %
Stan jezdni (opisowo)	Bardzo dobry
Położenie (w poziomie terenu, w wykopie, na nasypie, na estakadzie)	W poziomie terenu



*Rysunek Z.7.5. Lokalizacja punktu pomiarowego PDH\_3\_A4 w Rudzie Śląskiej ul. Cegielniana 10 (km 329+337) [www.geoportal.gov.pl]*



*Rysunek Z.7.6. Punkt pomiarowy PDH\_3\_A4 [zdjęcia własne]*

**Tabela Z.7.9.** Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH\_3\_A4

Rodzaj zabudowy	po stronie wykonywania pomiarów: Zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna
	po przeciwnej stronie: Zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna
Odległość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: 58,5m
	po przeciwnej stronie: 23,5m
Wysokość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: Budynki dwukondygnacyjne 6-8m
	po przeciwnej stronie: Budynki dwukondygnacyjne 6-8m

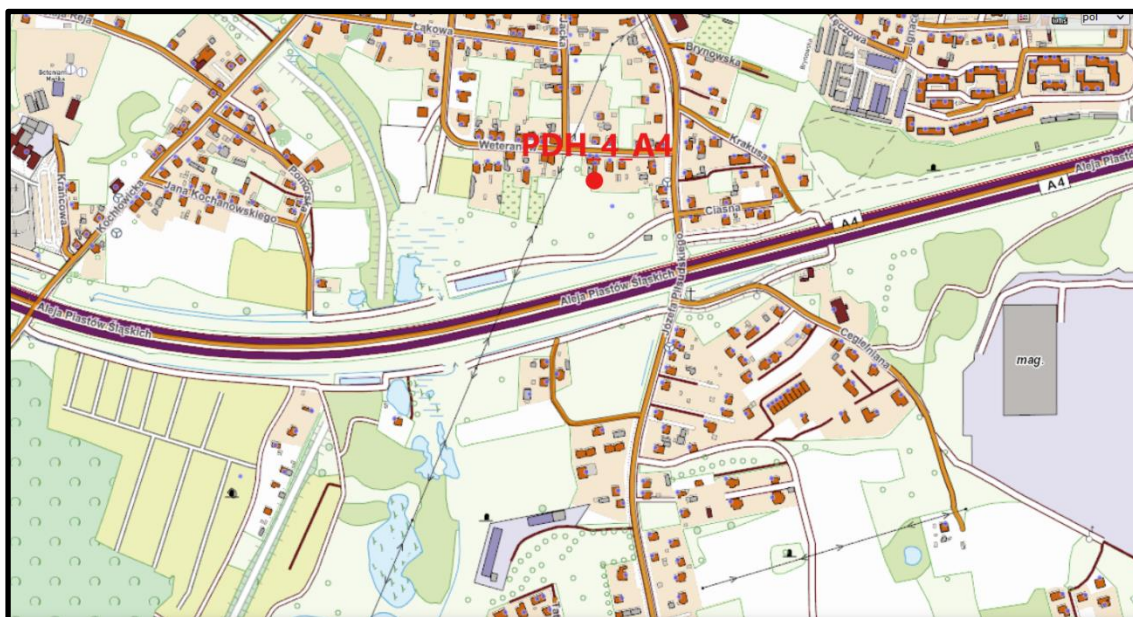
**A.4.** Punkt pomiarowy **PDH\_4\_A4** zlokalizowany w Rudzie Śląskiej (km 329+140)

**Tabela Z.7.10.** Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH\_4\_A4

Nazwa punktu pomiarowego	<b>PDH_4_A4</b>
Odległość punktu pomiarowego od źródła hałasu [m]	140,0
Współrzędna geodezyjna E	18° 54' 08,9"
Współrzędna geodezyjna N	50° 14' 57,7"
Względna wysokość punktu pomiarowego – liczona od poziomu jezdni [m]	4,0

**Tabela Z.7.11.** Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH\_4\_A4

Nazwa drogi	A4
Rodzaj drogi	Autostrada
Długość odcinka jednorodnego, przy którym wykonywano pomiary	5950 m
Liczba pasów ruchu	6
Szerokość pasa ruchu [m]	3,75
Szerokość pasa dzielącego [m]	4,0
Niweleta drogi (w procentach)	<1 %
Stan jezdni (opisowo)	Bardzo dobry
Położenie (w poziomie terenu, w wykopie, na nasypie, na estakadzie)	Na nasypie



*Rysunek Z.7.7. Lokalizacja punktu pomiarowego PDH\_4\_A4 w Rudzie Śląskiej  
ul. Cegielniana 10 (km 329+337) [www.geoportal.gov.pl]*



*Rysunek Z.7.8. Punkt pomiarowy PDH\_4\_A4 [zdjęcia własne]*



**Tabela Z.7.12.** Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH\_4\_A4

Rodzaj zabudowy	po stronie wykonywania pomiarów: Zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna
	po przeciwnej stronie: Zabudowa mieszkaniowo - usługowa
Odległość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: 150,5m
	po przeciwnej stronie: 50,0m
Wysokość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: Budynki dwukondygnacyjne 6-8m
	po przeciwnej stronie: Budynki dwukondygnacyjne 6-8m

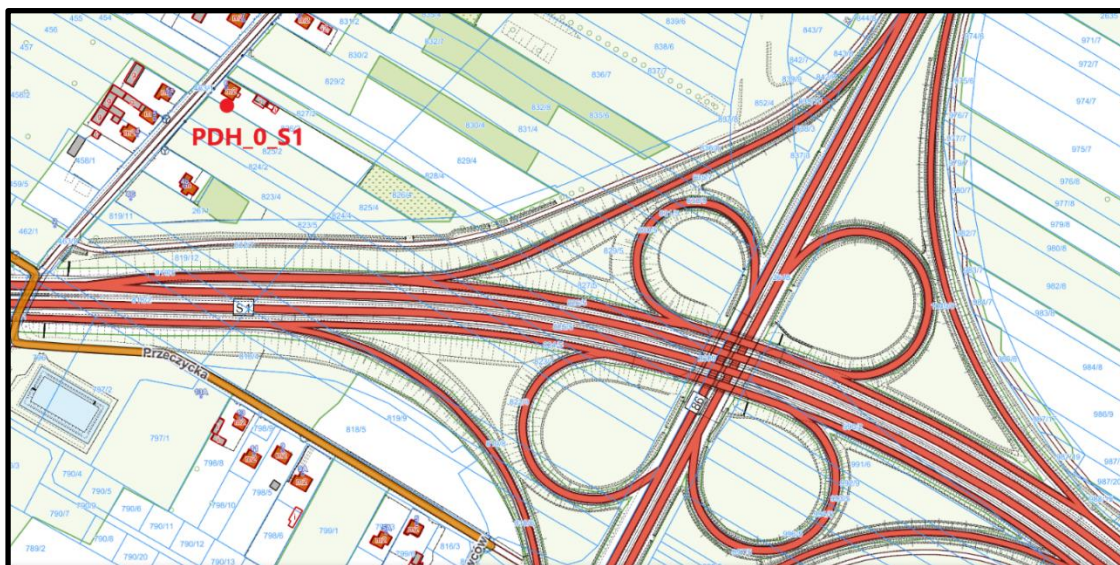
**B.1.** Punkt pomiarowy dodatkowy **PDH\_0\_S1** zlokalizowany przy *ul. Marcinków 6* przy Węźle „Podwarpie”

**Tabela Z.7.13.** Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH\_0\_S1

Nazwa punktu pomiarowego	<b>PDH_0_S1</b>
Odległość punktu pomiarowego od źródła hałasu [m]	około 115 m
Współrzędna geodezyjna E	19° 12' 17,55"
Współrzędna geodezyjna N	50° 25' 17,80"
Względna wysokość punktu pomiarowego – liczona od poziomu jezdni [m]	4,0

**Tabela Z.7.14.** Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH\_0\_S1

Nazwa drogi	S1
Rodzaj drogi	Droga ekspresowa
Długość odcinka jednorodnego, przy którym wykonywano pomiary	400 m
Liczba pasów ruchu	6
Szerokość pasa ruchu [m]	3,75
Szerokość pasa dzielącego [m]	2
Niweleta drogi (w procentach)	<1 %
Stan jezdni (opisowo)	Bardzo dobry
Położenie (w poziomie terenu, w wykopie, na nasypie, na estakadzie)	Na nasypie



*Rysunek Z.7.9. Lokalizacja punktu pomiarowego PDH\_0\_S1 Węzeł „Podwarpie”  
[www.geoportal.gov.pl]*



*Rysunek Z.7.10. Lokalizacja punktu pomiarowego PDH\_0\_S1 w rejonie Węzła „Podwarpie”,  
ul. Marcinków 6 [zdjęcia własne]*

**Tabela Z.7.15.** Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH\_0\_S1

Rodzaj zabudowy	po stronie wykonywania pomiarów: Zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna
	po przeciwnej stronie: Zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna
Odległość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: 110,0 m
	po przeciwnej stronie: 90,0 m
Wysokość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: 9 m
	po przeciwnej stronie: 8 m

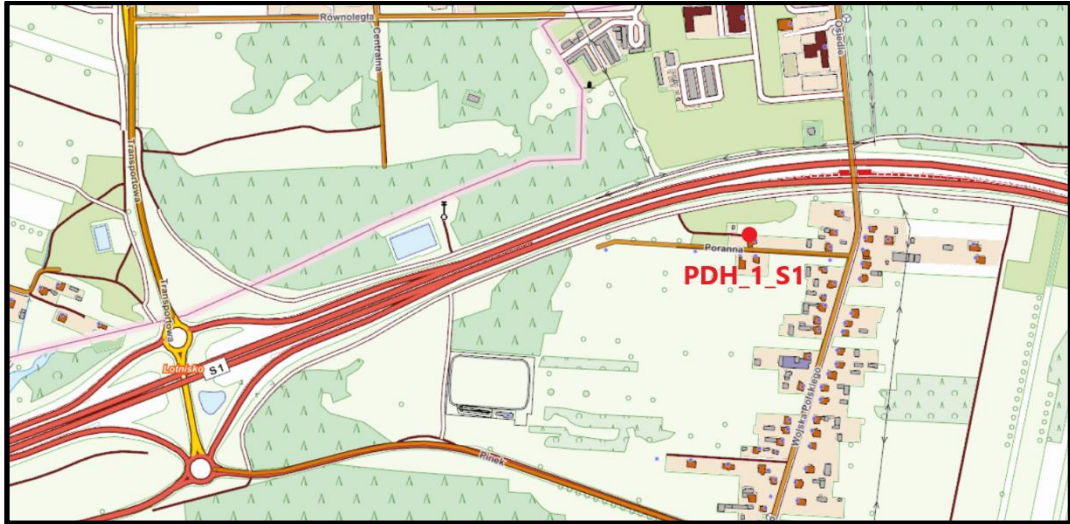
**B.2.** Punkt pomiarowy dodatkowy **PDH\_1\_S1** zlokalizowany w Mierzęcicach ul. Wojska Polskiego 43A (km 2+720)

**Tabela Z.7.16.** Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH\_1\_S1

Nazwa punktu pomiarowego	<b>PDH_1_S1</b>
Odległość punktu pomiarowego od źródła hałasu [m]	75,0 m
Współrzędna geodezyjna E	19°05'35,78"
Współrzędna geodezyjna N	50°27'21,76"
Względna wysokość punktu pomiarowego – liczona od poziomu jezdni [m]	5,0

**Tabela Z.7.17.** Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH\_1\_S1

Nazwa drogi	S1
Rodzaj drogi	Droga ekspresowa
Długość odcinka jednorodnego, przy którym wykonywano pomiary	3000 m
Liczba pasów ruchu	4
Szerokość pasa ruchu [m]	3,5
Szerokość pasa dzielącego [m]	5,5
Niweleta drogi (w procentach)	<1 %
Stan jezdni (opisowo)	Bardzo dobry
Położenie (w poziomie terenu, w wykopie, na nasypie, na estakadzie)	Na nasypie



*Rysunek Z.7.11. Lokalizacja punktu pomiarowego PDH\_1\_S1 Mierzęcice, ul. Wojska Polskiego 43A (km 2+720) [www.geoportal.gov.pl]*



*Rysunek Z.7.12. Lokalizacja punktu pomiarowego PDH\_1\_S1 [zdjęcia własne]*

**Tabela Z.7.18.** Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH\_1\_S1

Rodzaj zabudowy	po stronie wykonywania pomiarów: Zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna
	po przeciwnej stronie: Zabudowa wielorodzinna
Odległość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: 50,0 m
	po przeciwnej stronie: 245,0 m
Wysokość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: I-II kondygnacje ok. 5,5 - 7,5 m
	po przeciwnej stronie: V kondygnacji ok. 15 m

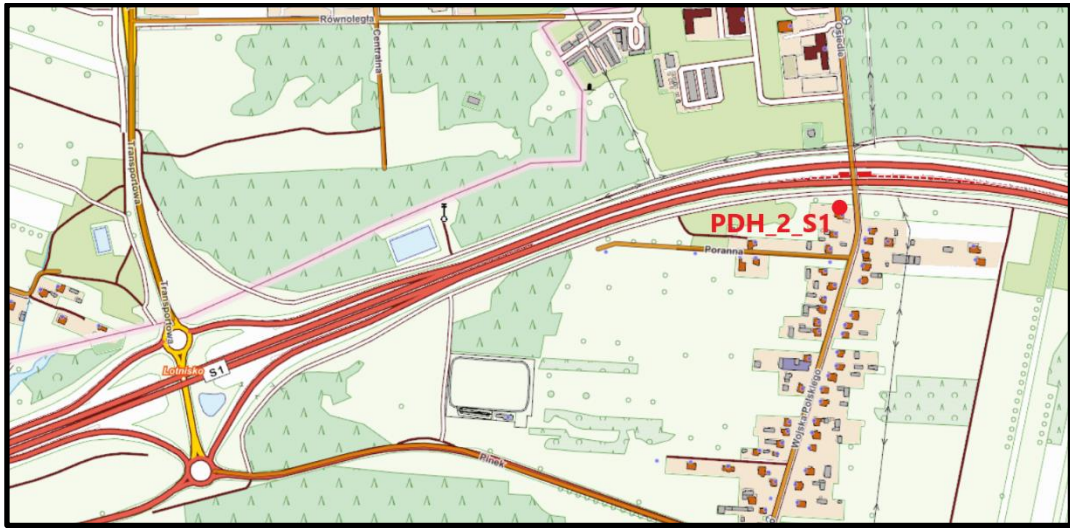
**B.3.** Punkt pomiarowy dodatkowy **PDH\_2\_S1** zlokalizowany w Mierzęcicach ul. Wojska Polskiego 47 (km 2+860)

**Tabela Z.7.19.** Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH\_2\_S1

Nazwa punktu pomiarowego	<b>PDH_2_S1</b>
Odległość punktu pomiarowego od źródła hałasu [m]	45,0 m
Współrzędna geodezyjna E	19°05'42,47"
Współrzędna geodezyjna N	50°27'23,16"
Względna wysokość punktu pomiarowego – liczona od poziomu jezdni [m]	5,0

**Tabela Z.7.20.** Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH\_2\_S1

Nazwa drogi	S1
Rodzaj drogi	Droga ekspresowa
Długość odcinka jednorodnego, przy którym wykonywano pomiary	3000 m
Liczba pasów ruchu	4
Szerokość pasa ruchu [m]	3,5
Szerokość pasa dzielącego [m]	5,5
Niweleta drogi (w procentach)	<1 %
Stan jezdni (opisowo)	Bardzo dobry
Położenie (w poziomie terenu, w wykopie, na nasypie, na estakadzie)	Na nasypie



*Rysunek Z.7.13. Lokalizacja punktu pomiarowego PDH\_2\_S1 Mierzęcice, ul. Wojska Polskiego 47 (km 2+860) [www.geoportal.gov.pl]*



*Rysunek Z.7.14. Lokalizacja punktu pomiarowego PDH\_2\_S1 [zdjęcia własne]*

**Tabela Z.7.21.** Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH\_2\_S1

Rodzaj zabudowy	po stronie wykonywania pomiarów: Zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna
	po przeciwnej stronie: Zabudowa wielorodzinna
Odległość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: 50,0 m
	po przeciwnej stronie: 245,0 m
Wysokość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: I-II kondygnacje ok. 5,5 - 7,5 m
	po przeciwnej stronie: V kondygnacji ok. 15 m

**B.4.** Punkt pomiarowy dodatkowy **PDH\_3\_S1** zlokalizowany w Mierzęcicach ul. Wojska Polskiego 52C (km 3+100)

**Tabela Z.7.22.** Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH\_3\_S1

Nazwa punktu pomiarowego	<b>PDH_3_S1</b>
Odległość punktu pomiarowego od źródła hałasu [m]	88,0 m
Współrzędna geodezyjna E	19°05'53,65"
Współrzędna geodezyjna N	50°27'21,44"
Względna wysokość punktu pomiarowego – liczona od poziomu jezdni [m]	4,0

**Tabela Z.7.23.** Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH\_3\_S1

Nazwa drogi	S1
Rodzaj drogi	Droga ekspresowa
Długość odcinka jednorodnego, przy którym wykonywano pomiary	3000 m
Liczba pasów ruchu	4
Szerokość pasa ruchu [m]	3,5
Szerokość pasa dzielącego [m]	5,5
Niweleta drogi (w procentach)	<1 %
Stan jezdni (opisowo)	Bardzo dobry
Położenie (w poziomie terenu, w wykopie, na nasypie, na estakadzie)	Na nasypie



*Rysunek Z.7.15. Lokalizacja punktu pomiarowego PDH\_3\_S1 Mierzęcice, ul. Wojska Polskiego 52C (km 3+100) [www.geoportal.gov.pl]*



*Rysunek Z.7.16. Lokalizacja punktu pomiarowego PDH\_3\_S1 [zdjęcia własne]*



**Tabela Z.7.24.** Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH\_3\_S1

Rodzaj zabudowy	po stronie wykonywania pomiarów: Zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna
	po przeciwnej stronie: Zabudowa wielorodzinna
Odległość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: 50,0 m
	po przeciwnej stronie: 245,0 m
Wysokość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: I-II kondygnacje ok. 5,5 - 7,5 m
	po przeciwnej stronie: V kondygnacji ok. 15 m

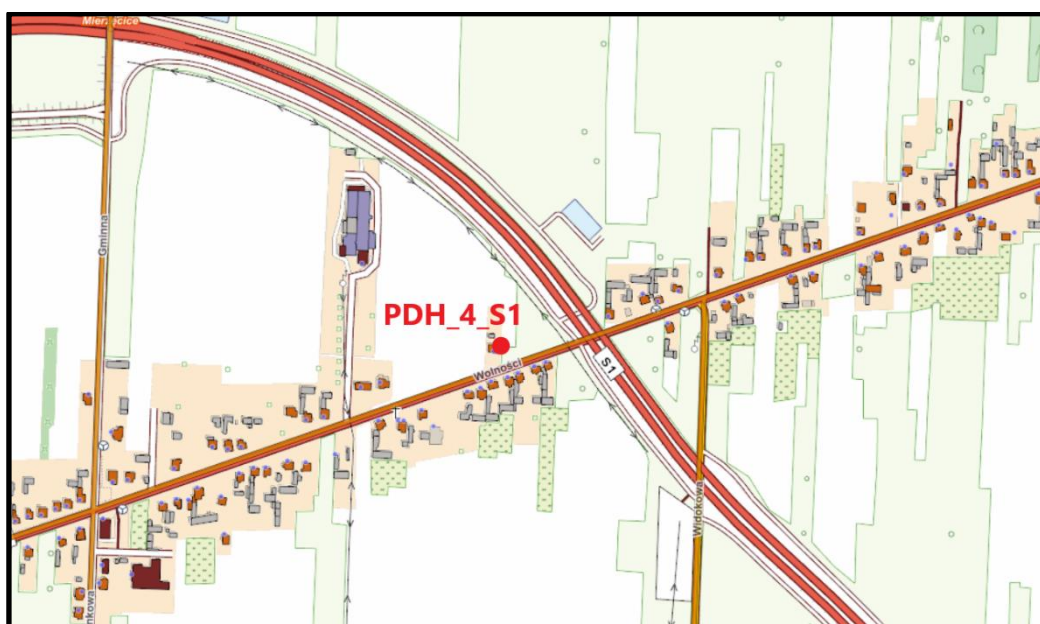
**B.5.** Punkt pomiarowy dodatkowy **PDH\_4\_S1** zlokalizowany w Mierzęcicach ul. Wolności 30 (km 6+240)

**Tabela Z.7.25.** Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH\_4\_S1

Nazwa punktu pomiarowego	<b>PDH_4_S1</b>
Odległość punktu pomiarowego od źródła hałasu [m]	95,0 m
Współrzędna geodezyjna E	19°08'10,29"
Współrzędna geodezyjna N	50°26'47,85"
Względna wysokość punktu pomiarowego – liczona od poziomu jezdni [m]	4,0

**Tabela Z.7.26.** Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH\_4\_S1

Nazwa drogi	S1
Rodzaj drogi	Droga ekspresowa
Długość odcinka jednorodnego, przy którym wykonywano pomiary	7000 m
Liczba pasów ruchu	4
Szerokość pasa ruchu [m]	3,5
Szerokość pasa dzielącego [m]	5,5
Niweleta drogi (w procentach)	<1 %
Stan jezdni (opisowo)	Bardzo dobry
Położenie (w poziomie terenu, w wykopie, na nasypie, na estakadzie)	Na nasypie



*Rysunek Z.7.17. Lokalizacja punktu pomiarowego PDH\_4\_S1 Mierzęcice, ul. Wolności 30 (km 6+240) [www.geoportal.gov.pl]*



*Rysunek Z.7.18. Lokalizacja punktu referencyjnego PDH\_4\_S1 [zdjęcia własne]*

**Tabela Z.7.27.** Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH\_4\_S1

Rodzaj zabudowy	po stronie wykonywania pomiarów: Zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna
	po przeciwnej stronie: Zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna
Odległość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: 55,0 m
	po przeciwnej stronie: 15,0 m
Wysokość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: I-II kondygnacje ok. 5,5 - 7,5 m
	po przeciwnej stronie: I-II kondygnacje ok. 5,5 - 7,5 m

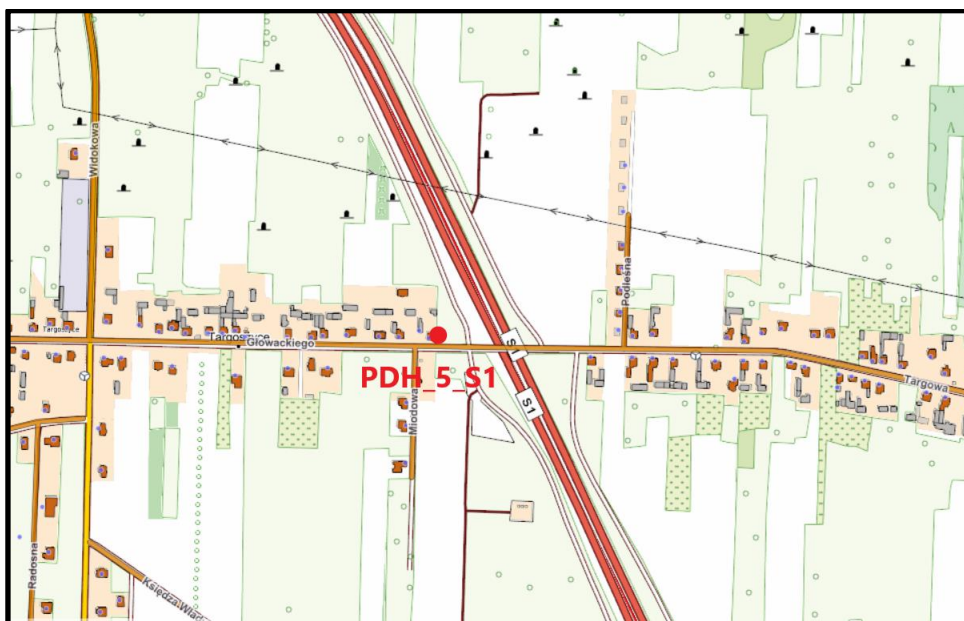
**B.6.** Punkt pomiarowy dodatkowy **PDH\_5\_S1** zlokalizowany w Mierzęcicach ul. Głowackiego 4 (km 7+450)

**Tabela Z.7.28.** Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH\_5\_S1

Nazwa punktu pomiarowego	<b>PDH_5_S1</b>
Odległość punktu pomiarowego od źródła hałasu [m]	70,0 m
Współrzędna geodezyjna E	19°08'46,28"
Współrzędna geodezyjna N	50°26'17,21"
Względna wysokość punktu pomiarowego – liczona od poziomu jezdni [m]	4,0

**Tabela Z.7.29.** Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH\_5\_S1

Nazwa drogi	S1
Rodzaj drogi	Droga ekspresowa
Długość odcinka jednorodnego, przy którym wykonywano pomiary	7000 m
Liczba pasów ruchu	4
Szerokość pasa ruchu [m]	3,5
Szerokość pasa dzielącego [m]	5,5
Niweleta drogi (w procentach)	<1 %
Stan jezdni (opisowo)	Bardzo dobry
Położenie (w poziomie terenu, w wykopie, na nasypie, na estakadzie)	W wykopie



*Rysunek Z.7.19. Lokalizacja punktu pomiarowego PDH\_5\_S1 Mierzęcice, ul. Głowackiego 4 (km 7+450) [www.geoportal.gov.pl]*



*Rysunek Z.7.20. Lokalizacja punktu pomiarowego PDH\_5\_S1 [zdjęcia własne]*

**Tabela Z.7.30.** Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH\_5\_S1

Rodzaj zabudowy	po stronie wykonywania pomiarów: Zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna
	po przeciwnej stronie: Zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna
Odległość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: 70,0 m
	po przeciwnej stronie: 75,0 m
Wysokość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: I-II kondygnacje ok. 5,5 - 7,5 m
	po przeciwnej stronie: I-II kondygnacje ok. 5,5 - 7,5 m

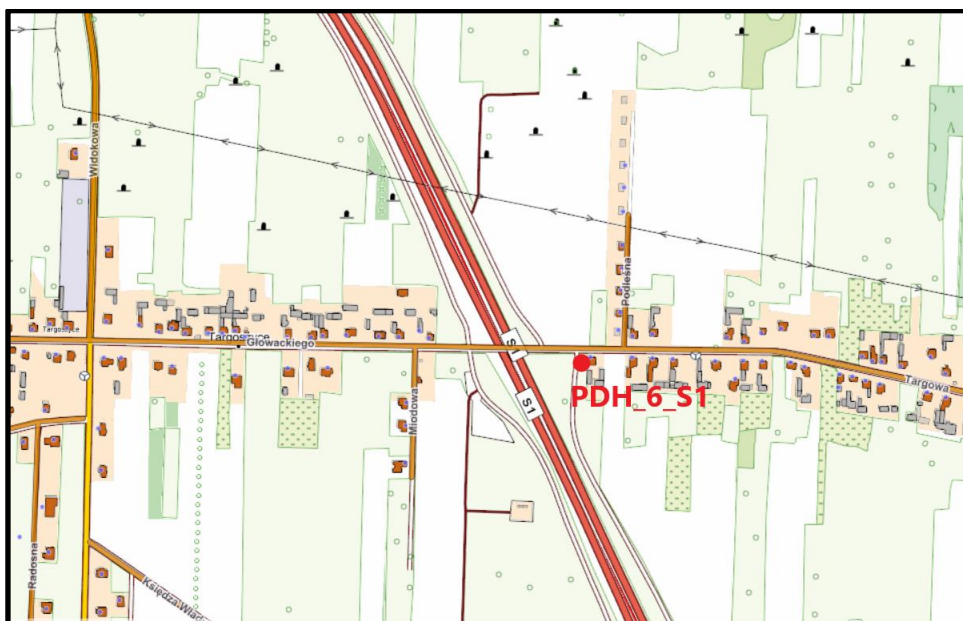
**B.7.** Punkt pomiarowy dodatkowy **PDH\_6\_S1** zlokalizowany w Przeczycach ul. Targowa 113 (km 7+550)

**Tabela Z.7.31.** Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH\_6\_S1

Nazwa punktu pomiarowego	<b>PDH_6_S1</b>
Odległość punktu pomiarowego od źródła hałasu [m]	75,0 m
Współrzędna geodezyjna E	19°08'56,46"
Współrzędna geodezyjna N	50°26'15,66"
Względna wysokość punktu pomiarowego – liczona od poziomu jezdni [m]	4,0

**Tabela Z.7.32.** Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH\_6\_S1

Nazwa drogi	S1
Rodzaj drogi	Droga ekspresowa
Długość odcinka jednorodnego, przy którym wykonywano pomiary	7000 m
Liczba pasów ruchu	4
Szerokość pasa ruchu [m]	3,5
Szerokość pasa dzielącego [m]	5,5
Niweleta drogi (w procentach)	<1 %
Stan jezdni (opisowo)	Bardzo dobry
Położenie (w poziomie terenu, w wykopie, na nasypie, na estakadzie)	W wykopie



*Rysunek Z.7.21. Lokalizacja punktu pomiarowego PDH\_6\_S1 Przeczyce, ul. Targowa 113 (km 7+550) [www.geoportal.gov.pl]*



*Rysunek Z.7.22. Lokalizacja punktu pomiarowego PDH\_6\_S1 [zdjęcia własne]*

**Tabela Z.7.33.** Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH\_6\_S1

Rodzaj zabudowy	po stronie wykonywania pomiarów: Zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna
	po przeciwnej stronie: Zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna
Odległość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: 75,0 m
	po przeciwnej stronie: 70,0 m
Wysokość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: I-II kondygnacje ok. 5,5 - 7,5 m
	po przeciwnej stronie: I-II kondygnacje ok. 5,5 - 7,5 m

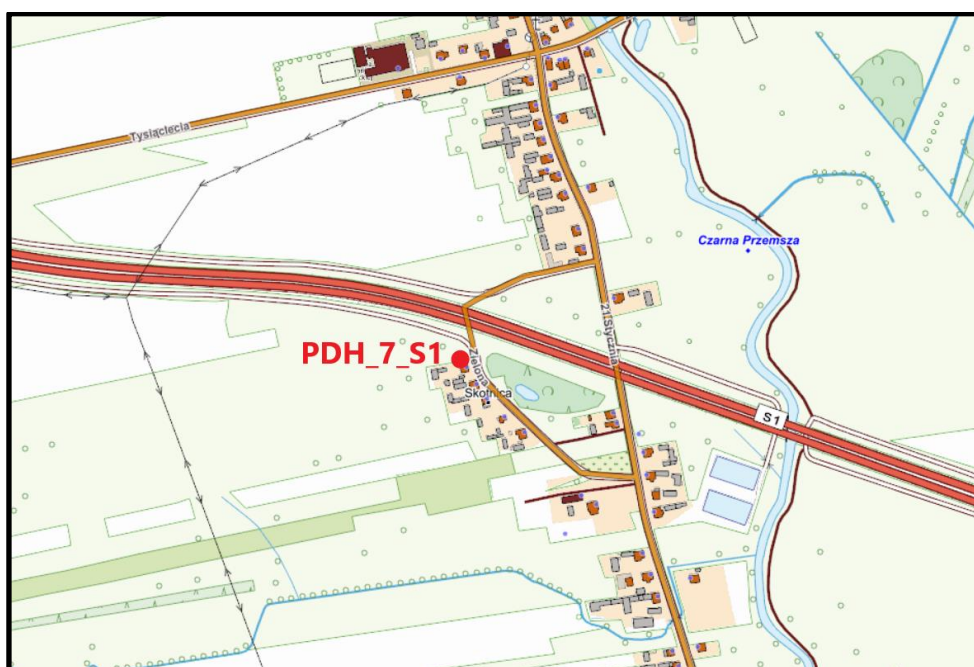
**B.8.** Punkt pomiarowy dodatkowy **PDH\_7\_S1** zlokalizowany w Przeczycach ul. Zielona 9 (km 10+130)

**Tabela Z.7.34.** Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH\_7\_S1

Nazwa punktu pomiarowego	<b>PDH_7_S1</b>
Odległość punktu pomiarowego od źródła hałasu [m]	45,0 m
Współrzędna geodezyjna E	19°10'29,39"
Współrzędna geodezyjna N	50°25'26,11"
Względna wysokość punktu pomiarowego – liczona od poziomu jezdni [m]	6,0

**Tabela Z.7.35.** Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH\_7\_S1

Nazwa drogi	S1
Rodzaj drogi	Droga ekspresowa
Długość odcinka jednorodnego, przy którym wykonywano pomiary	7000 m
Liczba pasów ruchu	4
Szerokość pasa ruchu [m]	3,5
Szerokość pasa dzielącego [m]	5,5
Niweleta drogi (w procentach)	<1 %
Stan jezdni (opisowo)	Bardzo dobry
Położenie (w poziomie terenu, w wykopie, na nasypie, na estakadzie)	Na nasypie



*Rysunek Z.7.23. Lokalizacja punktu pomiarowego PDH\_7\_S1 Przeczyce, ul. Zielona 9 (km 10+130) [www.geoportal.gov.pl]*



*Rysunek Z.7.24. Lokalizacja punktu pomiarowego PDH\_7\_S1 [zdjęcia własne]*



**Tabela Z.7.36.** Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH\_7\_S1

Rodzaj zabudowy	po stronie wykonywania pomiarów: Zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna
	po przeciwnej stronie: Zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna
Odległość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: 40,0 m
	po przeciwnej stronie: 65,0 m
Wysokość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: I-II kondygnacje ok. 5,5 - 7,5 m
	po przeciwnej stronie: I-II kondygnacje ok. 5,5 - 7,5 m

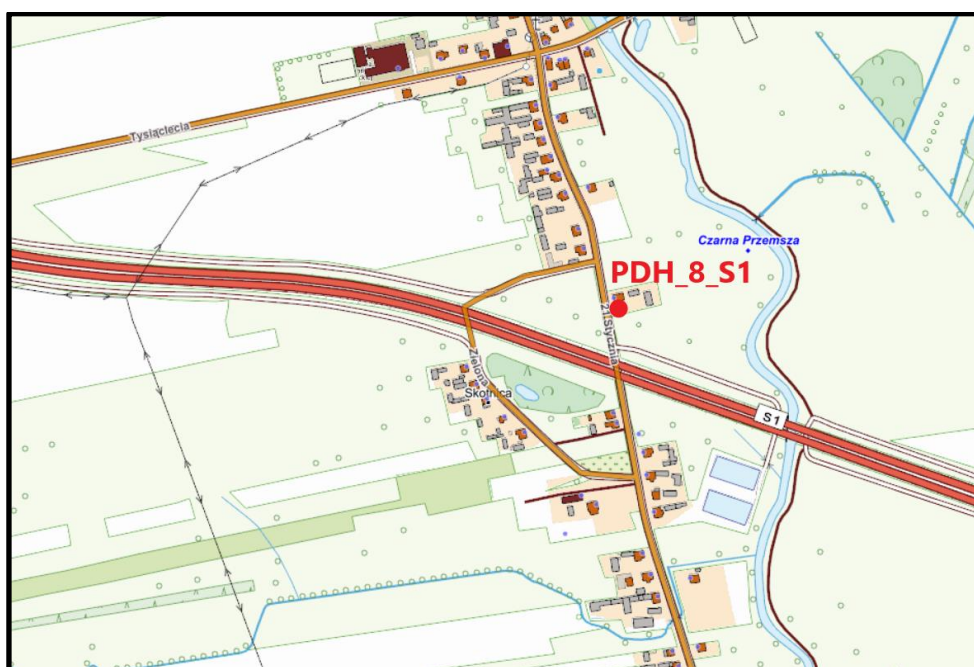
**B.9.** Punkt pomiarowy dodatkowy **PDH\_8\_S1** zlokalizowany w Przecyzcach ul. 21 stycznia 24 (km 10+330)

**Tabela Z.7.37.** Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH\_8\_S1

Nazwa punktu pomiarowego	<b>PDH_8_S1</b>
Odległość punktu pomiarowego od źródła hałasu [m]	75,0 m
Współrzędna geodezyjna E	19°10'37,64"
Współrzędna geodezyjna N	50°25'33,28"
Względna wysokość punktu pomiarowego – liczona od poziomu jezdni [m]	5,0

**Tabela Z.7.38.** Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH\_8\_S1

Nazwa drogi	S1
Rodzaj drogi	Droga ekspresowa
Długość odcinka jednorodnego, przy którym wykonywano pomiary	7000 m
Liczba pasów ruchu	4
Szerokość pasa ruchu [m]	3,5
Szerokość pasa dzielącego [m]	5,5
Niweleta drogi (w procentach)	<1 %
Stan jezdni (opisowo)	Bardzo dobry
Położenie (w poziomie terenu, w wykopie, na nasypie, na estakadzie)	Na nasypie



*Rysunek Z.7.25. Lokalizacja punktu pomiarowego PDH\_8\_S1 Przeczyce, ul. 21 stycznia 24 (km 10+330) [www.geoportal.gov.pl]*



*Rysunek Z.7.26. Lokalizacja punktu pomiarowego PDH\_8\_S1 [zdjęcia własne]*

**Tabela Z.7.39.** Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH\_8\_S1

Rodzaj zabudowy	po stronie wykonywania pomiarów: Zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna
	po przeciwnej stronie: Zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna
Odległość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: 65,0 m
	po przeciwnej stronie: 40,0 m
Wysokość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: I-II kondygnacje ok. 5,5 - 7,5 m
	po przeciwnej stronie: I-II kondygnacje ok. 5,5 - 7,5 m

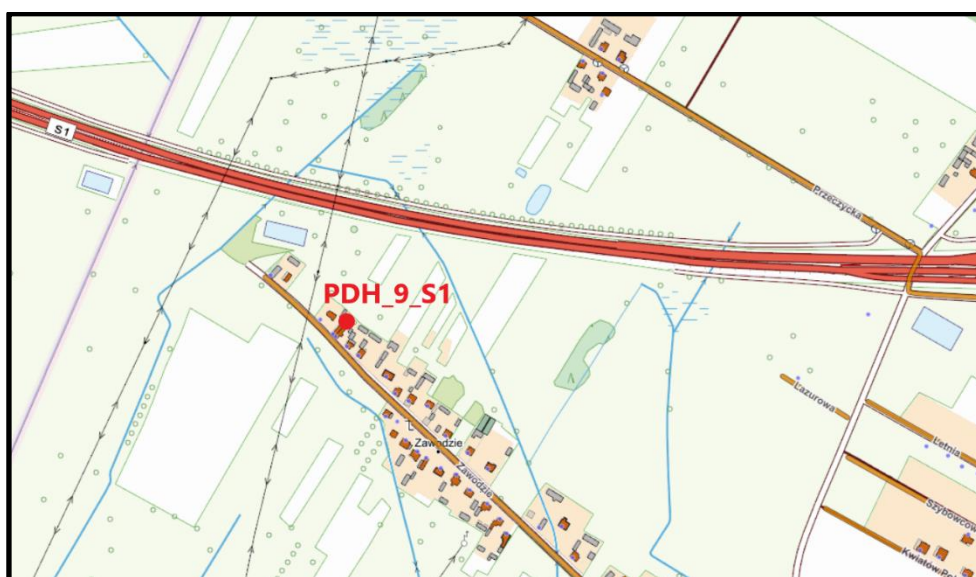
**B.10.** Punkt pomiarowy dodatkowy **PDH\_9\_S1** zlokalizowany w Wojkowicach Kościelnych ul. Zwodzie 64 (km 11+420)

**Tabela Z.7.40.** Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH\_9\_S1

Nazwa punktu pomiarowego	<b>PDH_9_S1</b>
Odległość punktu pomiarowego od źródła hałasu [m]	135,0 m
Współrzędna geodezyjna E	19°11'28,10"
Współrzędna geodezyjna N	50°25'10,89"
Względna wysokość punktu pomiarowego – liczona od poziomu jezdni [m]	4,0

**Tabela Z.7.41.** Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH\_9\_S1

Nazwa drogi	S1
Rodzaj drogi	Droga ekspresowa
Długość odcinka jednorodnego, przy którym wykonywano pomiary	7000 m
Liczba pasów ruchu	4
Szerokość pasa ruchu [m]	3,5
Szerokość pasa dzielącego [m]	5,5
Niweleta drogi (w procentach)	<1 %
Stan jezdni (opisowo)	Bardzo dobry
Położenie (w poziomie terenu, w wykopie, na nasypie, na estakadzie)	Na nasypie



*Rysunek Z.7.27. Lokalizacja punktu pomiarowego PDH\_9\_S1 w Wojkowicach Kościelnych ul. Zwodzie 64 (km 11+420) [www.geoportal.gov.pl]*



*Rysunek Z.7.28. Lokalizacja punktu pomiarowego PDH\_9\_S1 [zdjęcia własne]*

**Tabela Z.7.42.** Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH\_9\_S1

Rodzaj zabudowy	po stronie wykonywania pomiarów: Zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna
	po przeciwnej stronie: Zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna
Odległość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: 95,0 m
	po przeciwnej stronie: 220,0 m
Wysokość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: I-II kondygnacje ok. 5,5 - 7,5 m
	po przeciwnej stronie: I-II kondygnacje ok. 5,5 - 7,5 m

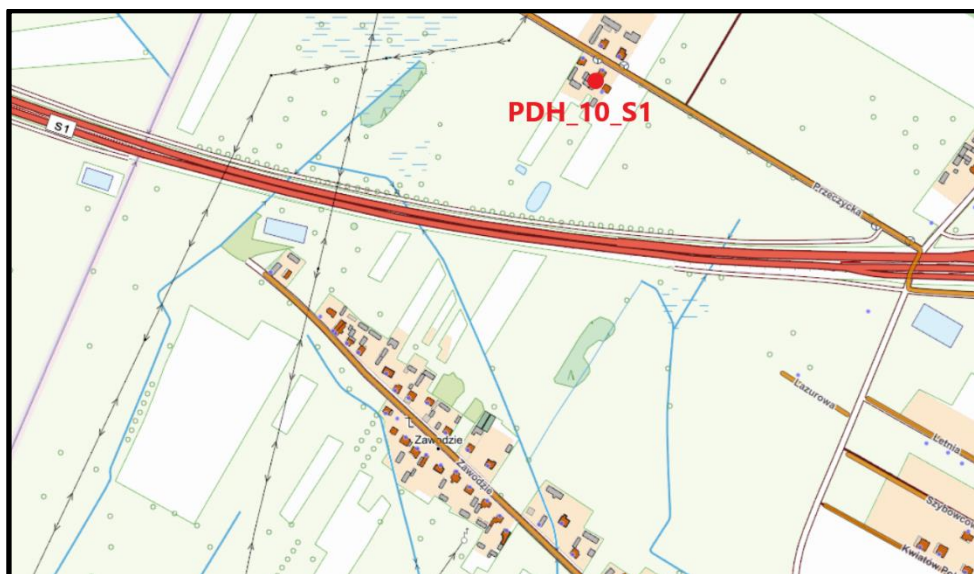
**B.11.** Punkt pomiarowy dodatkowy **PDH\_10\_S1** zlokalizowany w Wojkowicach Kościelnych ul. Przeczycka 45 (km 11+700)

**Tabela Z.7.43.** Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH\_10\_S1

Nazwa punktu pomiarowego	<b>PDH_10_S1</b>
Odległość punktu pomiarowego od źródła hałasu [m]	200,0 m
Współrzędna geodezyjna E	19°11'46,54"
Współrzędna geodezyjna N	50°25'20,48"
Względna wysokość punktu pomiarowego – liczona od poziomu jezdni [m]	4,0

**Tabela Z.7.44.** Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH\_10\_S1

Nazwa drogi	S1
Rodzaj drogi	Droga ekspresowa
Długość odcinka jednorodnego, przy którym wykonywano pomiary	7000 m
Liczba pasów ruchu	4
Szerokość pasa ruchu [m]	3,5
Szerokość pasa dzielącego [m]	5,5
Niweleta drogi (w procentach)	<1 %
Stan jezdni (opisowo)	Bardzo dobry
Położenie (w poziomie terenu, w wykopie, na nasypie, na estakadzie)	Na nasypie



*Rysunek Z.7.29. Lokalizacja punktu pomiarowego PDH\_10\_S1 w Wojkowicach Kościelnych ul. Przeczycka 45 (km 11+700) [www.geoportal.gov.pl]*



*Rysunek Z.7.30. Lokalizacja punktu pomiarowego PDH\_10\_S1 [zdjęcia własne]*

**Tabela Z.7.45. Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH\_10\_S1**

Rodzaj zabudowy	po stronie wykonywania pomiarów: Zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna
	po przeciwnej stronie: Zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna
Odległość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: 220,0 m
	po przeciwnej stronie: 95,0 m
Wysokość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: I-II kondygnacje ok. 5,5 - 7,5 m
	po przeciwnej stronie: I-II kondygnacje ok. 5,5 - 7,5 m

**C.1. Punkt pomiarowy PDH\_2\_DK1** zlokalizowany w Czechowicach – Dziejach (km 592+008)

**Tabela Z.7.46. Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH\_2\_DK1**

Nazwa punktu pomiarowego	<b>PDH_2_DK1</b>
Odległość punktu pomiarowego od źródła hałasu [m]	59,0
Współrzędna geodezyjna E	18° 59' 17,74"
Współrzędna geodezyjna N	49° 55' 09,02"
Względna wysokość punktu pomiarowego – liczona od poziomu jezdni [m]	4,0

**Tabela Z.7.47. Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH\_2\_DK1**

Nazwa drogi	DK1
Rodzaj drogi	Droga Krajowa
Długość odcinka jednorodnego, przy którym wykonywano pomiary	1100 m
Liczba pasów ruchu	5
Szerokość pasa ruchu [m]	3,5
Szerokość pasa dzielącego [m]	2,0
Niweleta drogi (w procentach)	<1 %
Stan jezdni (opisowo)	Bardzo dobry
Położenie (w poziomie terenu, w wykopie, na nasypie, na estakadzie)	W poziomie terenu





**Tabela Z.7.48.** Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH\_2\_DK1

Rodzaj zabudowy	po stronie wykonywania pomiarów: Zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna
	po przeciwnej stronie: Cmentarz
Odległość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: 36,0m
	po przeciwnej stronie: BRAK
Wysokość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: Budynki I-II kondygnacyjne 7-9m
	po przeciwnej stronie: BRAK

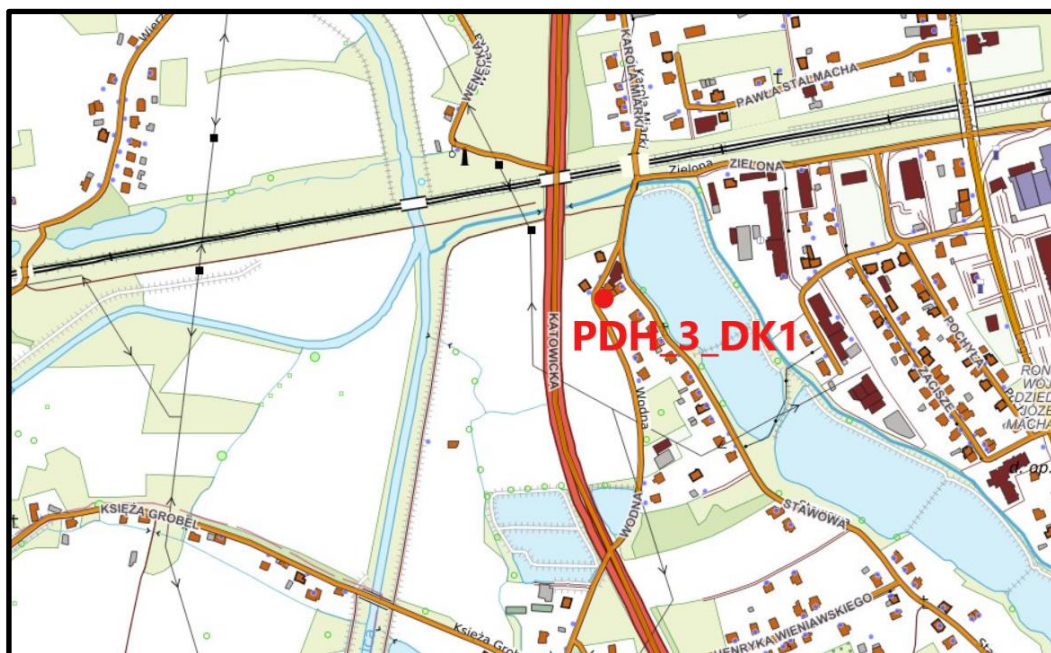
**C.2.** Punkt pomiarowy **PDH\_3\_DK1** zlokalizowany w Czechowicach – Dziedzicach (km 592+770)

**Tabela Z.7.49.** Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH\_3\_DK1

Nazwa punktu pomiarowego	<b>PDH_3_DK1</b>
Odległość punktu pomiarowego od źródła hałasu [m]	55,0
Współrzędna geodezyjna E	18° 59' 22,24"
Współrzędna geodezyjna N	49° 54' 43,36"
Względna wysokość punktu pomiarowego – liczona od poziomu jezdni [m]	4,0

**Tabela Z.7.50.** Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH\_3\_DK1

Nazwa drogi	DK1
Rodzaj drogi	Droga Krajowa
Długość odcinka jednorodnego, przy którym wykonywano pomiary	1900 m
Liczba pasów ruchu	4
Szerokość pasa ruchu [m]	3,5
Szerokość pasa dzielącego [m]	4,0
Niweleta drogi (w procentach)	<1 %
Stan jezdni (opisowo)	Bardzo dobry
Położenie (w poziomie terenu, w wykopie, na nasypie, na estakadzie)	W poziomie terenu



*Rysunek Z.7.33. Lokalizacja punktu pomiarowego PDH\_3\_DK1 w Czechowicach – Dziedzicach ul. Wodna 1 (km 592+770) [www.geoportal.gov.pl]*



*Rysunek Z.7.34. Punkt pomiarowy PDH\_3\_DK1 [zdjęcia własne]*

**Tabela Z.7.51. Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH\_3\_DK1**

Rodzaj zabudowy	po stronie wykonywania pomiarów: Zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna
	po przeciwnej stronie: BRAK
Odległość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: 20,0m
	po przeciwnej stronie: BRAK
Wysokość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: Budynki I-II kondygnacyjne 7-9m
	po przeciwnej stronie: BRAK

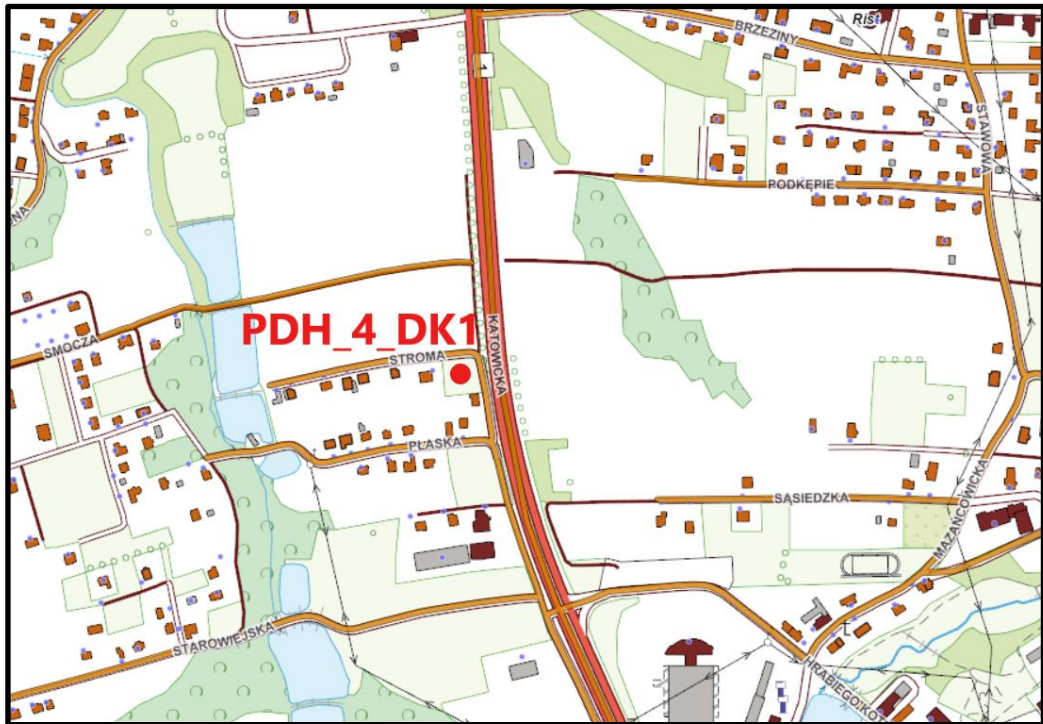
**C.3. Punkt pomiarowy PDH\_4\_DK1** zlokalizowany w Czechowicach – Dziedzicach (km 594+720)

**Tabela Z.7.52. Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH\_4\_DK1**

Nazwa punktu pomiarowego	<b>PDH_4_DK1</b>
Odległość punktu pomiarowego od źródła hałasu [m]	53,0
Współrzędna geodezyjna E	18° 59' 30,1"
Współrzędna geodezyjna N	49° 53' 41,02"
Względna wysokość punktu pomiarowego – liczona od poziomu jezdni [m]	4,0

**Tabela Z.7.53. Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH\_4\_DK1**

Nazwa drogi	DK1
Rodzaj drogi	Droga Krajowa
Długość odcinka jednorodnego, przy którym wykonywano pomiary	1000 m
Liczba pasów ruchu	4
Szerokość pasa ruchu [m]	3,5
Szerokość pasa dzielącego [m]	4,0
Niweleta drogi (w procentach)	<1 %
Stan jezdni (opisowo)	Bardzo dobry
Położenie (w poziomie terenu, w wykopie, na nasypie, na estakadzie)	W poziomie terenu



*Rysunek Z.7.35. Lokalizacja punktu pomiarowego PDH\_4\_DK1 w Czechowicach – Dziedzicach ul. Stroma 3 (km 594+720) [www.geoportal.gov.pl]*



*Rysunek Z.7.36. Punkt pomiarowy PDH\_4\_DK1 [zdjęcia własne]*

**Tabela Z.7.54. Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH\_4\_DK1**

Rodzaj zabudowy	po stronie wykonywania pomiarów: Zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna, usługowa
	po przeciwnej stronie: Zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna, usługowa
Odległość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: 16,0m
	po przeciwnej stronie: 124,0m
Wysokość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: Budynki I-II kondygnacyjne 7-9m
	po przeciwnej stronie: Budynki I-II kondygnacyjne 7-9m

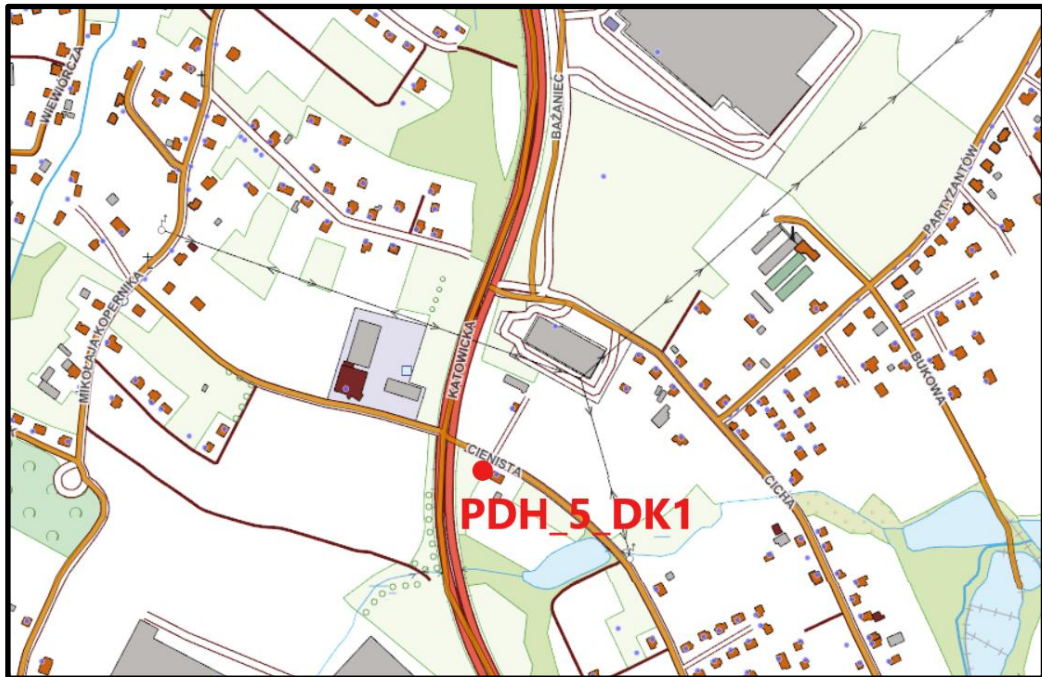
**C.4. Punkt pomiarowy PDH\_5\_DK1** zlokalizowany w Czechowicach – Dziejach (km 596+545)

**Tabela Z.7.55. Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH\_5\_DK1**

Nazwa punktu pomiarowego	<b>PDH_10_DK1</b>
Odległość punktu pomiarowego od źródła hałasu [m]	10,0
Współrzędna geodezyjna E	18° 59' 54,28"
Współrzędna geodezyjna N	49° 52' 45,51"
Względna wysokość punktu pomiarowego – liczona od poziomu jezdni [m]	4,0

**Tabela Z.7.56. Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH\_5\_DK1**

Nazwa drogi	DK1
Rodzaj drogi	Droga Krajowa
Długość odcinka jednorodnego, przy którym wykonywano pomiary	2570 m
Liczba pasów ruchu	4
Szerokość pasa ruchu [m]	3,5
Szerokość pasa dzielącego [m]	4,0
Niweleta drogi (w procentach)	<1 %
Stan jezdni (opisowo)	Bardzo dobry
Położenie (w poziomie terenu, w wykopie, na nasypie, na estakadzie)	W poziomie terenu



*Rysunek Z.7.37. Lokalizacja punktu pomiarowego PDH\_5\_DK1 w Czechowicach – Dziedzicach ul. Cienista 10 (km 596+545) [www.geoportal.gov.pl]*



*Rysunek Z.7.38. Punkt pomiarowy PDH\_5\_DK1 [zdjęcia własne]*

**Tabela Z.7.57. Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH\_5\_DK1**

Rodzaj zabudowy	po stronie wykonywania pomiarów: Zabudowa zagrodowa
	po przeciwnej stronie: Zabudowa usługowa
Odległość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: 43,0m
	po przeciwnej stronie: 91,0m
Wysokość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: Budynki I-II kondygnacyjne 7-9m
	po przeciwnej stronie: Budynki I-II kondygnacyjne 7-9m

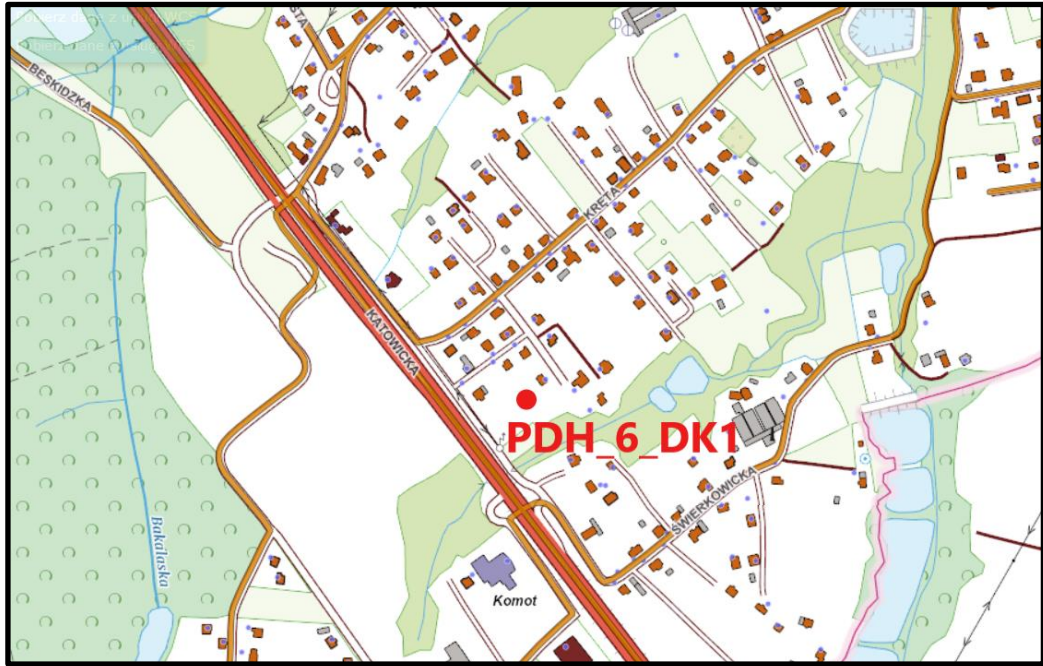
**C.5. Punkt pomiarowy PDH\_6\_DK1** zlokalizowany w Czechowicach – Dziejach (km 597+920)

**Tabela Z.7.58. Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH\_6\_DK1**

Nazwa punktu pomiarowego	<b>PDH_6_DK1</b>
Odległość punktu pomiarowego od źródła hałasu [m]	62,0
Współrzędna geodezyjna E	19° 00' 31,06"
Współrzędna geodezyjna N	49° 52' 10,19"
Względna wysokość punktu pomiarowego – liczona od poziomu jezdni [m]	4,0

**Tabela Z.7.59. Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH\_6\_DK1**

Nazwa drogi	DK1
Rodzaj drogi	Droga Krajowa
Długość odcinka jednorodnego, przy którym wykonywano pomiary	455 m
Liczba pasów ruchu	4
Szerokość pasa ruchu [m]	3,5
Szerokość pasa dzielącego [m]	4,0
Niweleta drogi (w procentach)	<1 %
Stan jezdni (opisowo)	Bardzo dobry
Położenie (w poziomie terenu, w wykopie, na nasypie, na estakadzie)	W poziomie terenu



*Rysunek Z.7.39. Lokalizacja punktu pomiarowego PDH\_6\_DK1 w Czechowicach – Dziedzicach ul. Kręta 69b (km 597+920) [www.geoportal.gov.pl]*



*Rysunek Z.7.40. Punkt pomiarowy PDH\_6\_DK1 [zdjęcia własne]*



**Tabela Z.7.60.** Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH\_6\_DK1

Rodzaj zabudowy	po stronie wykonywania pomiarów: Zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna
	po przeciwnej stronie: Zabudowa mieszkaniowa jednorodzinna, usługowa
Odległość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: 28,0m
	po przeciwnej stronie: 33,0m
Wysokość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: Budynki I-II kondygnacyjne 7-9m
	po przeciwnej stronie: Budynki I-II kondygnacyjne 7-9m

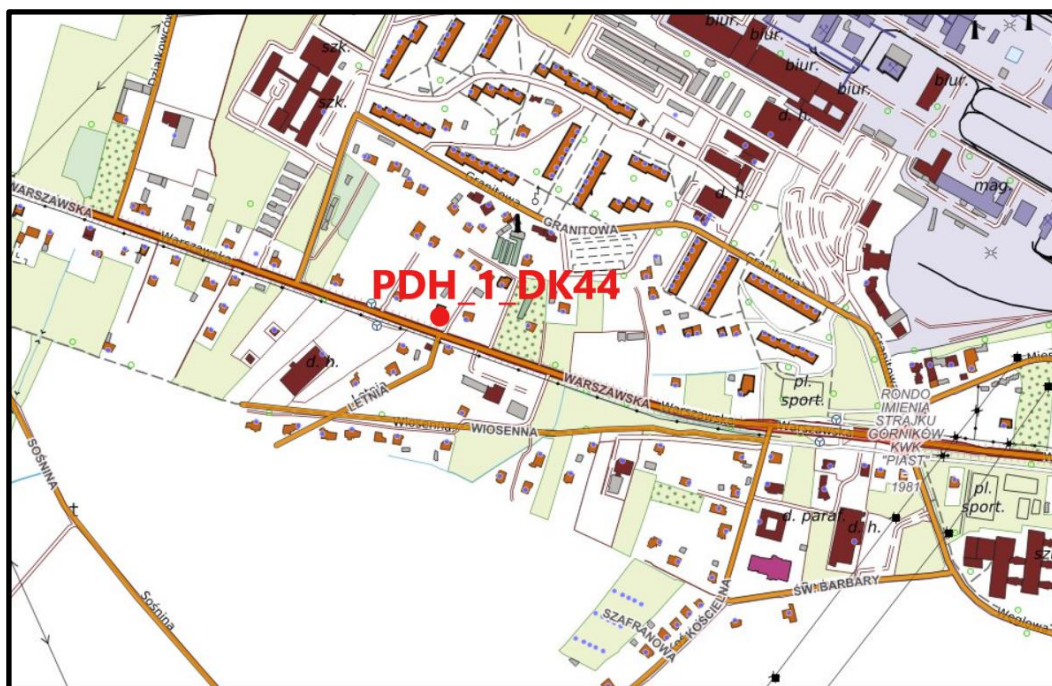
**D.1.** Punkt pomiarowego **PDH\_1\_DK44** zlokalizowany w Bieruniu Nowym (ul. Warszawska 153)

**Tabela Z.7.61.** Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH\_1\_DK44

Nazwa punktu pomiarowego	<b>PDH_1_DK44</b>
Odległość punktu pomiarowego od źródła hałasu [m]	14,0
Współrzędna geodezyjna E	19° 09' 22,4"
Współrzędna geodezyjna N	50° 04' 49,8"
Względna wysokość punktu pomiarowego – liczona od poziomu jezdni [m]	6,0

**Tabela Z.7.62.** Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH\_1\_DK44

Nazwa drogi	DK44
Rodzaj drogi	Droga Krajowa
Długość odcinka jednorodnego, przy którym wykonywano pomiary	800,0 m
Liczba pasów ruchu	2
Szerokość pasa ruchu [m]	3,5
Szerokość pasa dzielącego [m]	-
Niweleta drogi (w procentach)	<1 %
Stan jezdni (opisowo)	Bardzo dobry
Położenie (w poziomie terenu, w wykopie, na nasypie, na estakadzie)	Na nasypie



*Rysunek Z.7.41. Lokalizacja punktu pomiarowego PDH\_1\_DK44 w Bierunium Nowym przy ul. Warszawskiej 153 (km 7+140) [www.geoportal.gov.pl]*



*Rysunek Z.7.42. Punkt pomiarowy PDH\_1\_DK44 (ul. Warszawska 153) [zdjęcia własne]*

**Tabela Z.7.63.** Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH\_1\_DK44

Rodzaj zabudowy	po stronie wykonywania pomiarów: Zabudowa usługowa, mieszkaniowa jednorodzinna i wielorodzinna
	po przeciwnej stronie: Zabudowa usługowa i mieszkaniowa jednorodzinna
Odległość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: 16-26,0 m
	po przeciwnej stronie: 8-30,0 m
Wysokość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: Budynki I-III kondygnacyjne 7-15m
	po przeciwnej stronie: Budynki I-II kondygnacyjne 7-9m

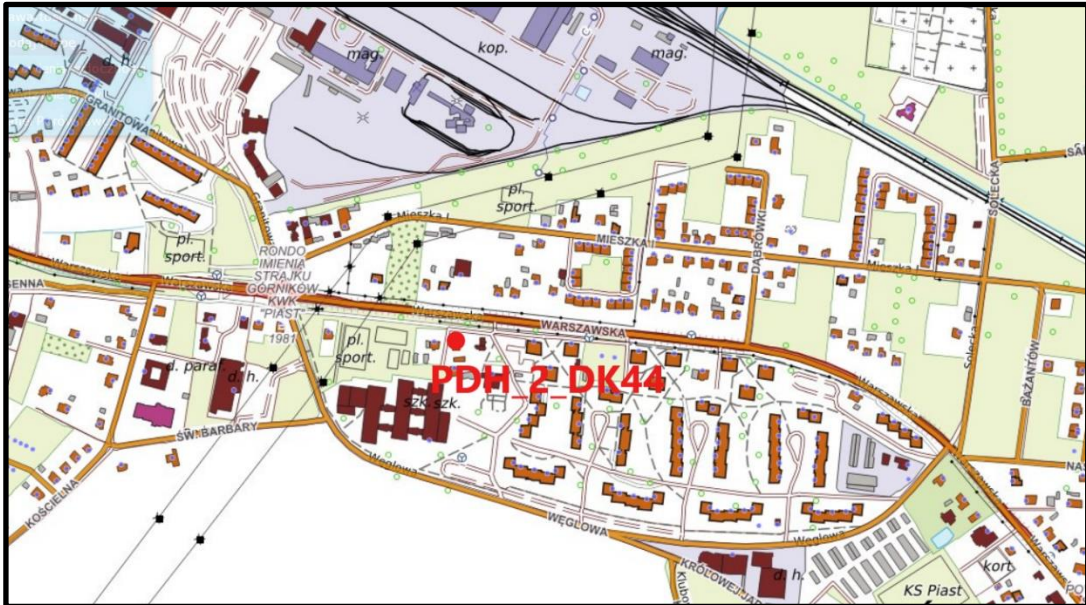
**D.2.** Punkt pomiarowy **PDH\_2\_DK44** zlokalizowany w Bieruniu Nowym  
(ul. Warszawska 226)

**Tabela Z.7.64.** Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH\_2\_DK44

Nazwa punktu pomiarowego	<b>PDH 2 DK44</b>
Odległość punktu pomiarowego od źródła hałasu [m]	27
Współrzędna geodezyjna E	19° 10' 01,7"
Współrzędna geodezyjna N	50° 04' 43,2"
Względna wysokość punktu pomiarowego – liczona od poziomu jezdni [m]	6,0

**Tabela Z.7.65.** Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH\_2\_DK44

Nazwa drogi	DK44
Rodzaj drogi	Droga Krajowa
Długość odcinka jednorodnego, przy którym wykonywano pomiary	900 m
Liczba pasów ruchu	2
Szerokość pasa ruchu [m]	3,5
Szerokość pasa dzielącego [m]	-
Niweleta drogi (w procentach)	<1 %
Stan jezdni (opisowo)	Bardzo dobry
Położenie (w poziomie terenu, w wykopie, na nasypie, na estakadzie)	W poziomie terenu



*Rysunek Z.7.43. Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH\_2\_DK44 w Bieruniu Nowym przy ul. Warszawskiej 226 (km 7+950) [www.geoportal.gov.pl]*



*Rysunek Z.7.44. Punkt pomiarowy PDH\_2\_DK44 (ul. Warszawska 226) [zdjęcia własne]*

**Tabela Z.7.66.** Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH\_2\_DK44

Rodzaj zabudowy	po stronie wykonywania pomiarów: Zabudowa usługowa, mieszkaniowa jednorodzinna i wielorodzinna
	po przeciwnej stronie: Zabudowa usługowa i mieszkaniowa jednorodzinna
Odległość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: 20-60,0 m
	po przeciwnej stronie: 5-20,0 m
Wysokość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: Budynki I-II kondygnacyjne 7-9m
	po przeciwnej stronie: Budynki I-IV kondygnacyjne 7-15m

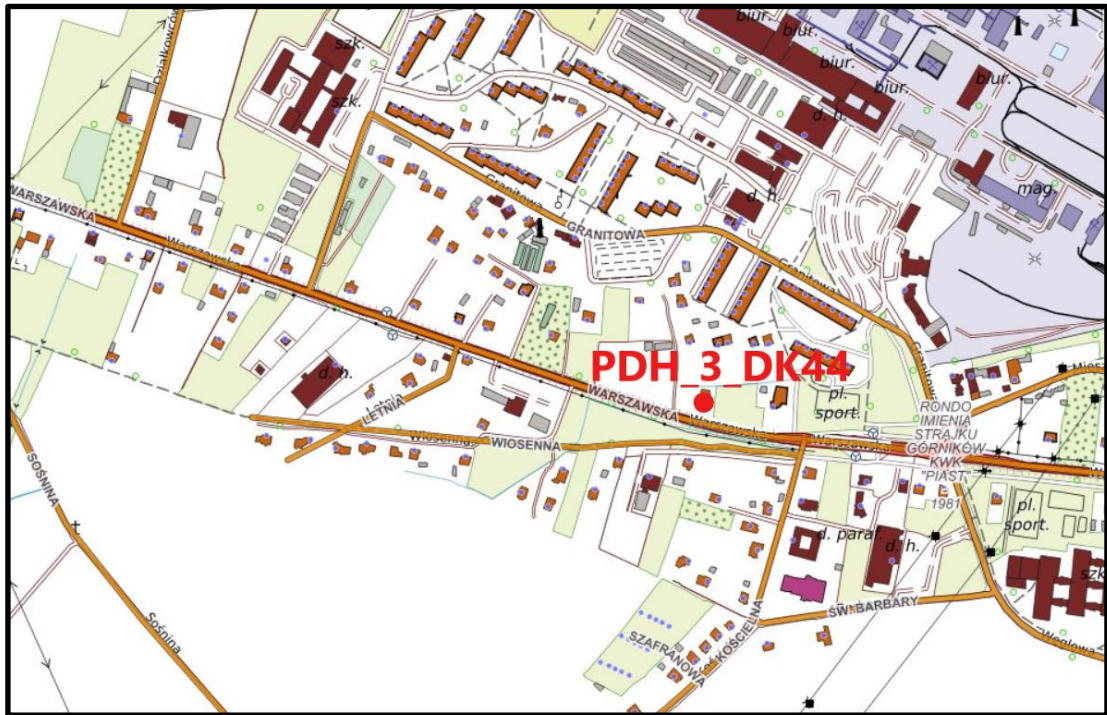
**D.3.** Punkt pomiarowy **PDH\_3\_DK44** zlokalizowany w Bieruniu Nowym  
(ul. Warszawska 165)

**Tabela Z.7.67.** Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH\_3\_DK44

Nazwa punktu pomiarowego	<b>PDH 3 DK44</b>
Odległość punktu pomiarowego od źródła hałasu [m]	20
Współrzędna geodezyjna E	19° 09' 36,7"
Współrzędna geodezyjna N	50° 04' 46,9"
Względna wysokość punktu pomiarowego – liczona od poziomu jezdni [m]	4,0

**Tabela Z.7.68.** Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH\_3\_DK44

Nazwa drogi	DK44
Rodzaj drogi	Droga Krajowa
Długość odcinka jednorodnego, przy którym wykonywano pomiary	800 m
Liczba pasów ruchu	2
Szerokość pasa ruchu [m]	3,5
Szerokość pasa dzielącego [m]	-
Niweleta drogi (w procentach)	<1 %
Stan jezdni (opisowo)	Bardzo dobry
Położenie (w poziomie terenu, w wykopie, na nasypie, na estakadzie)	W poziomie terenu



*Rysunek Z.7.45. Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH\_3\_DK44 w Bieruniu Nowym przy ul. Warszawskiej 165 (km 7+460) [www.geoportal.gov.pl]*



*Rysunek Z.7.46. Punkt pomiarowy PDH\_3\_DK44 (ul. Warszawska 165) [zdjęcia własne]*

**Tabela Z.7.69.** Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH\_3\_DK44

Rodzaj zabudowy	po stronie wykonywania pomiarów: Zabudowa usługowa, mieszkaniowa jednorodzinna
	po przeciwnej stronie: Zabudowa usługowa i mieszkaniowa jednorodzinna
Odległość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: 20-70,0 m
	po przeciwnej stronie: 8,5-90,0 m
Wysokość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: Budynki I-II kondygnacyjne 7-9m
	po przeciwnej stronie: Budynki I-II kondygnacyjne 7-15m

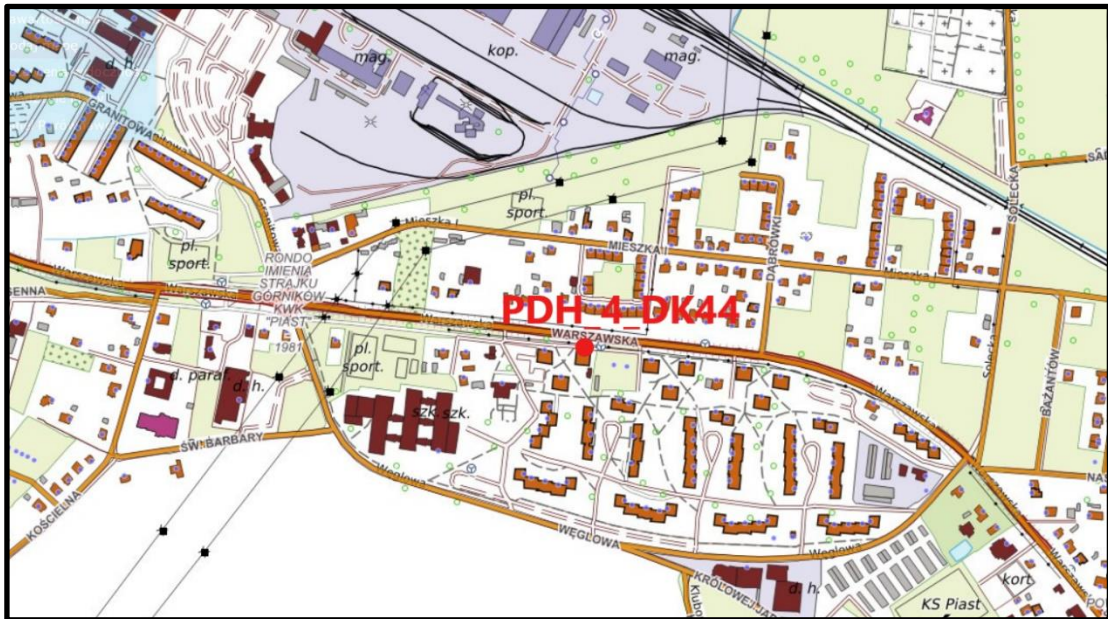
**D.4.** Punkt pomiarowy **PDH\_4\_DK44** zlokalizowany w Bieruniu Nowym (ul. Warszawska 236)

**Tabela Z.7.70.** Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH\_4\_DK44

Nazwa punktu pomiarowego	<b>PDH_4_DK44</b>
Odległość punktu pomiarowego od źródła hałasu [m]	12
Współrzędna geodezyjna E	19° 10' 09,5"
Współrzędna geodezyjna N	50° 04' 42,9"
Względna wysokość punktu pomiarowego – liczona od poziomu jezdni [m]	15,0

**Tabela Z.7.71.** Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH\_4\_DK44

Nazwa drogi	DK44
Rodzaj drogi	Droga Krajowa
Długość odcinka jednorodnego, przy którym wykonywano pomiary	900 m
Liczba pasów ruchu	2
Szerokość pasa ruchu [m]	3,5
Szerokość pasa dzielącego [m]	-
Niweleta drogi (w procentach)	<1 %
Stan jezdni (opisowo)	Bardzo dobry
Położenie (w poziomie terenu, w wykopie, na nasypie, na estakadzie)	W poziomie terenu



*Rysunek Z.7.47. Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH\_4\_DK44 w Bieruniu Nowym przy ul. Warszawskiej 236 (km 8+120) [www.geoportal.gov.pl]*



*Rysunek Z.7.48. Punkt pomiarowy PDH\_4\_DK44 (ul. Warszawska 236) [zdjęcia własne]*



**Tabela Z.7.72.** Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH\_4\_DK44

Rodzaj zabudowy	po stronie wykonywania pomiarów: Zabudowa usługowa, mieszkaniowa jednorodzinna i wielorodzinna
	po przeciwnej stronie: Zabudowa usługowa i mieszkaniowa jednorodzinna
Odległość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: 6-85,0 m
	po przeciwnej stronie: 25,5-90,0 m
Wysokość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: Budynki I-V kondygnacyjne 7-15m
	po przeciwnej stronie: Budynki I-II kondygnacyjne 7-15m

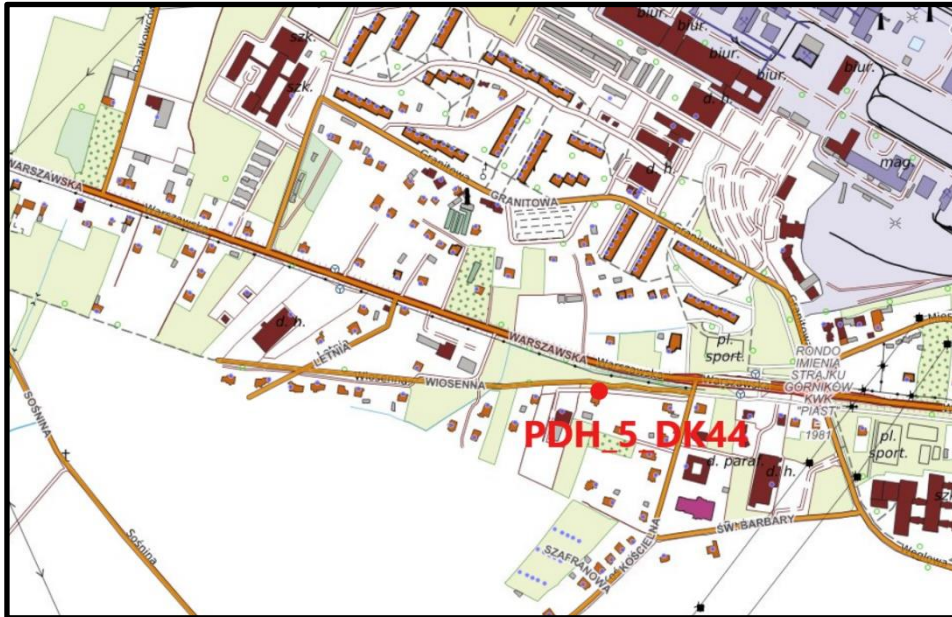
**D.5.** Punkt pomiarowy **PDH\_5\_DK44** zlokalizowany w Bieruniu Nowym  
(ul. Warszawska 196)

**Tabela Z.7.73.** Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH\_5\_DK44

Nazwa punktu pomiarowego	<b>PDH_5_DK44</b>
Odległość punktu pomiarowego od źródła hałasu [m]	36
Współrzędna geodezyjna E	19° 09' 36,0"
Współrzędna geodezyjna N	50° 04' 44,8"
Względna wysokość punktu pomiarowego – liczona od poziomu jezdni [m]	2,5

**Tabela Z.7.74.** Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH\_5\_DK44

Nazwa drogi	DK44
Rodzaj drogi	Droga Krajowa
Długość odcinka jednorodnego, przy którym wykonywano pomiary	800 m
Liczba pasów ruchu	2
Szerokość pasa ruchu [m]	3,5
Szerokość pasa dzielącego [m]	-
Niweleta drogi (w procentach)	<1 %
Stan jezdni (opisowo)	Bardzo dobry
Położenie (w poziomie terenu, w wykopie, na nasypie, na estakadzie)	Na nasypie



*Rysunek Z.7.49. Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH\_5\_DK44 w Bieruniu Nowym przy ul. Warszawskiej 196 (km 7+450) [www.geoportal.gov.pl]*



*Rysunek Z.7.50. Punkt pomiaru PDH\_5\_DK44 (ul. Warszawska 196) [zdjęcia własne]*

**Tabela Z.7.75.** Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH\_5\_DK44

Rodzaj zabudowy	po stronie wykonywania pomiarów: Zabudowa usługowa, mieszkaniowa jednorodzinna
	po przeciwnej stronie: Zabudowa usługowa i mieszkaniowa jednorodzinna
Odległość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: 20-70,0 m
	po przeciwnej stronie: 85,5-90,0 m
Wysokość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: Budynki I-II kondygnacyjne 7-9m
	po przeciwnej stronie: Budynki I-II kondygnacyjne 7-9m

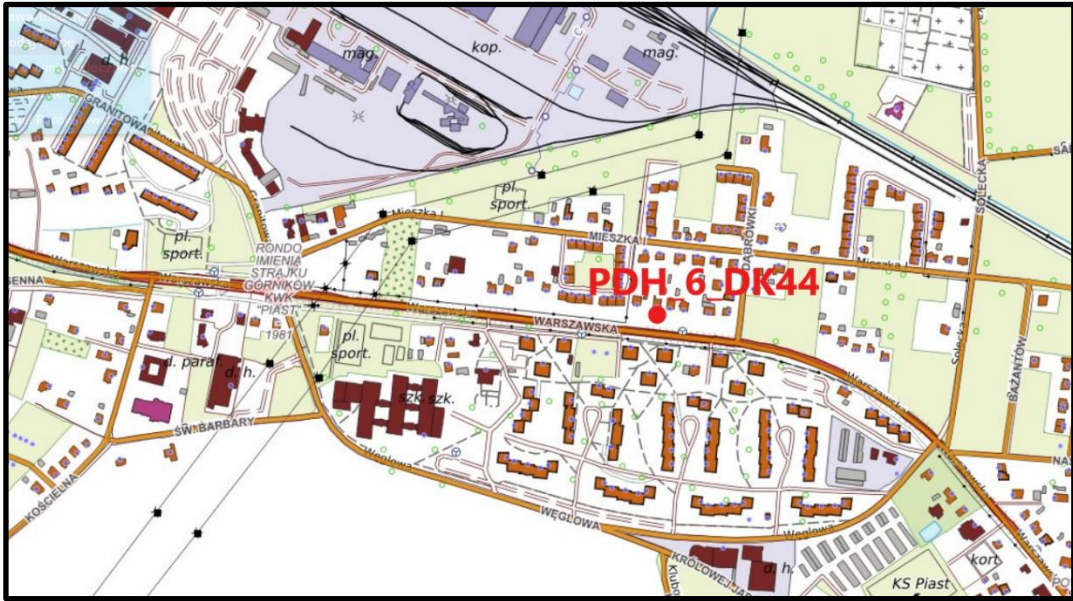
**D.6.** Punkt pomiarowy **PDH\_6\_DK44** zlokalizowany w Bieruniu Nowym (ul. Warszawska 223)

**Tabela Z.7.76.** Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH\_6\_DK44

Nazwa punktu pomiarowego	<b>PDH_6_DK44</b>
Odległość punktu pomiarowego od źródła hałasu [m]	28
Współrzędna geodezyjna E	19° 09' 15,0"
Współrzędna geodezyjna N	50° 04' 44,2"
Względna wysokość punktu pomiarowego – liczona od poziomu jezdni [m]	6,0

**Tabela Z.7.77.** Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH\_6\_DK44

Nazwa drogi	DK44
Rodzaj drogi	Droga Krajowa
Długość odcinka jednorodnego, przy którym wykonywano pomiary	900 m
Liczba pasów ruchu	2
Szerokość pasa ruchu [m]	3,5
Szerokość pasa dzielącego [m]	-
Niweleta drogi (w procentach)	<1 %
Stan jezdni (opisowo)	Bardzo dobry
Położenie (w poziomie terenu, w wykopie, na nasypie, na estakadzie)	W poziomie terenu



*Rysunek Z.7.51. Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH\_6\_DK44 w Bieruniu Nowym przy ul. Warszawskiej 223 (km 8+230) [www.geoportal.gov.pl]*



*Rysunek Z.7.52. Punkt pomiaru PDH\_6\_DK44 (ul. Warszawska 223) [zdjęcia własne]*

**Tabela Z.7.78.** Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH\_6\_DK44

Rodzaj zabudowy	po stronie wykonywania pomiarów: Zabudowa usługowa, mieszkaniowa jednorodzinna
	po przeciwnej stronie: Zabudowa usługowa i mieszkaniowa jednorodzinna i wielorodzinna
Odległość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: 25,5-90,0 m
	po przeciwnej stronie: 6,0-85,0 m
Wysokość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: Budynki I-II kondygnacyjne 7-9m
	po przeciwnej stronie: Budynki I-V kondygnacyjne 7-15m

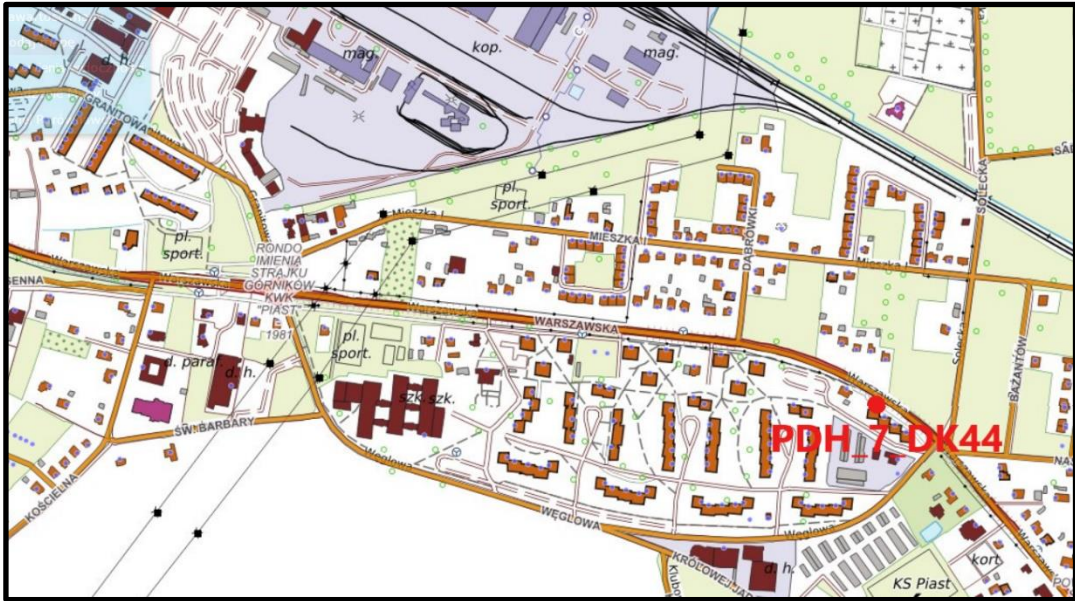
**D.7.** Punkt pomiarowy **PDH\_7\_DK44** zlokalizowany w Bieruniu Nowym (ul. Warszawska 258)

**Tabela Z.7.79.** Położenie geograficzne punktu pomiarowego PDH\_7\_DK44

Nazwa punktu pomiarowego	<b>PDH_6_DK44</b>
Odległość punktu pomiarowego od źródła hałasu [m]	10
Współrzędna geodezyjna E	19° 10' 28,8"
Współrzędna geodezyjna N	50° 04' 40,3"
Względna wysokość punktu pomiarowego – liczona od poziomu jezdni [m]	15,0

**Tabela Z.7.80.** Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH\_7\_DK44

Nazwa drogi	DK44
Rodzaj drogi	Droga Krajowa
Długość odcinka jednorodnego, przy którym wykonywano pomiary	900 m
Liczba pasów ruchu	2
Szerokość pasa ruchu [m]	3,5
Szerokość pasa dzielącego [m]	-
Niweleta drogi (w procentach)	<1 %
Stan jezdni (opisowo)	Bardzo dobry
Położenie (w poziomie terenu, w wykopie, na nasypie, na estakadzie)	W poziomie terenu



*Rysunek Z.7.53. Charakterystyka drogi w punkcie pomiarowym PDH\_7\_DK44 w Bieruniu Nowym przy ul. Warszawskiej 258 (km 8+540) [www.geoportal.gov.pl]*



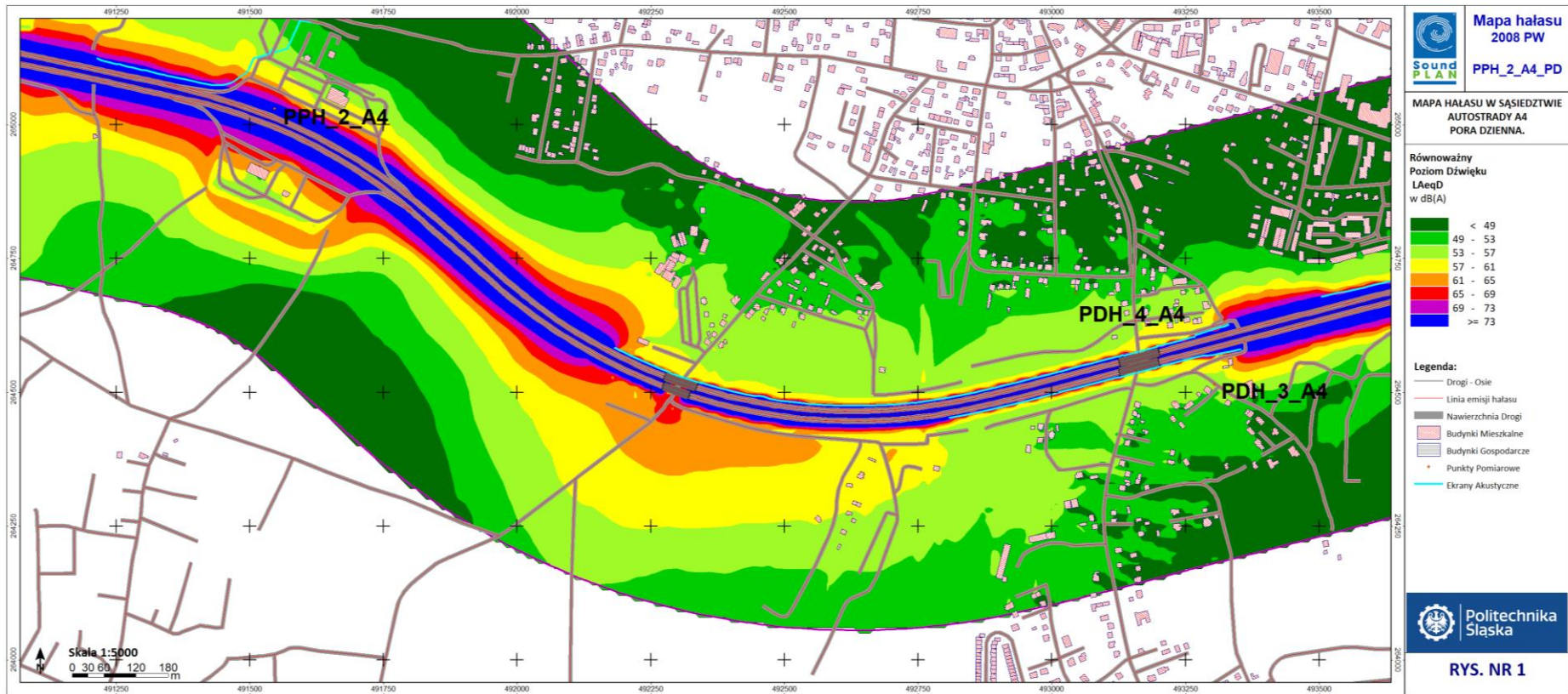
*Rysunek Z.7.54. Punkt pomiarowy PDH\_7\_DK44 (ul. Warszawska 258) [zdjęcia własne]*

**Tabela Z.7.81.** Charakterystyka otoczenia źródła hałasu w PDH\_7\_DK44

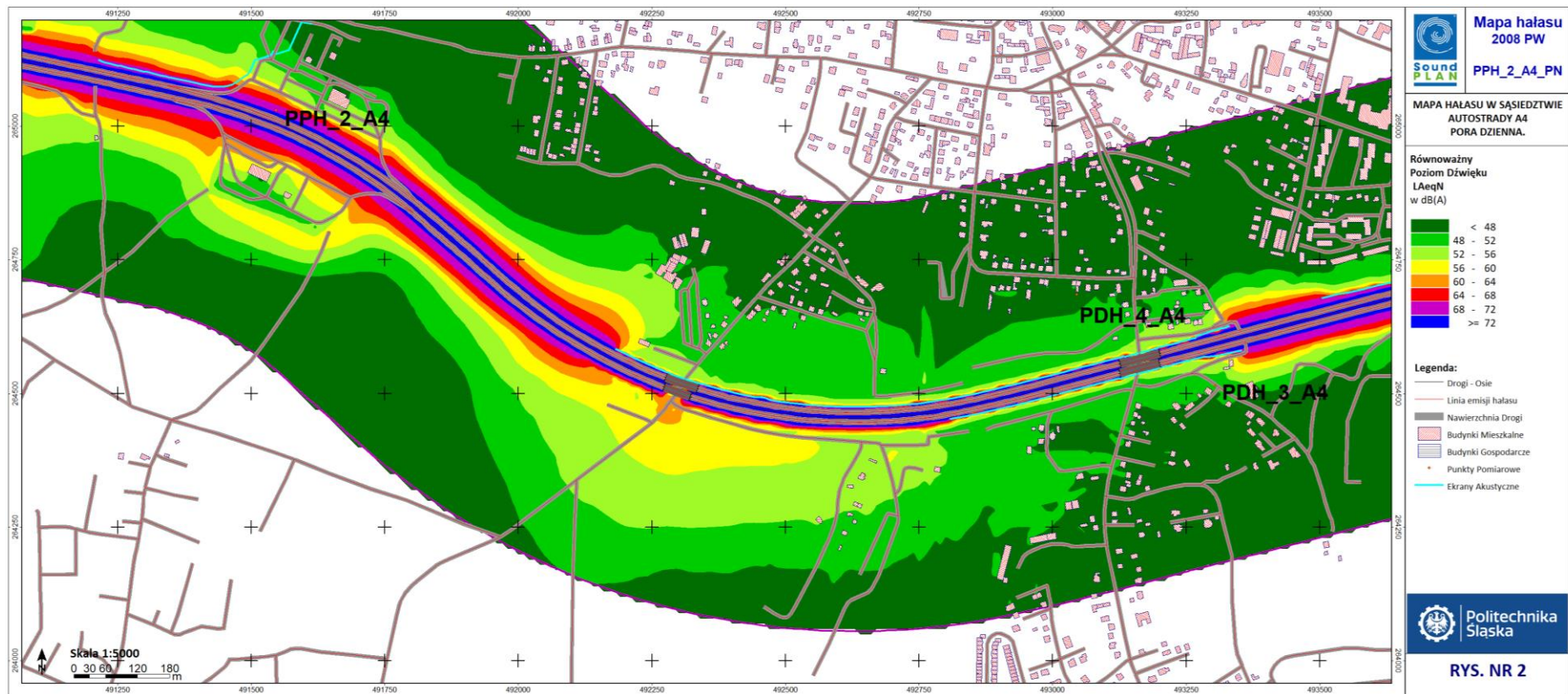
Rodzaj zabudowy	po stronie wykonywania pomiarów: Zabudowa usługowa, mieszkaniowa jednorodzinna i wielorodzinna
	po przeciwnej stronie: Zabudowa usługowa i mieszkaniowa jednorodzinna
Odległość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: 6,0-85,0 m
	po przeciwnej stronie: 25,5-90,0 m
Wysokość pierwszej linii zabudowy od drogi	po stronie wykonywania pomiarów: Budynki I-V kondygnacyjne 7-15m
	po przeciwnej stronie: Budynki I-II kondygnacyjne 7-9m

## **ZALĄCZNIK 2.** Przykładowe mapy hałasu wybranego odcinka

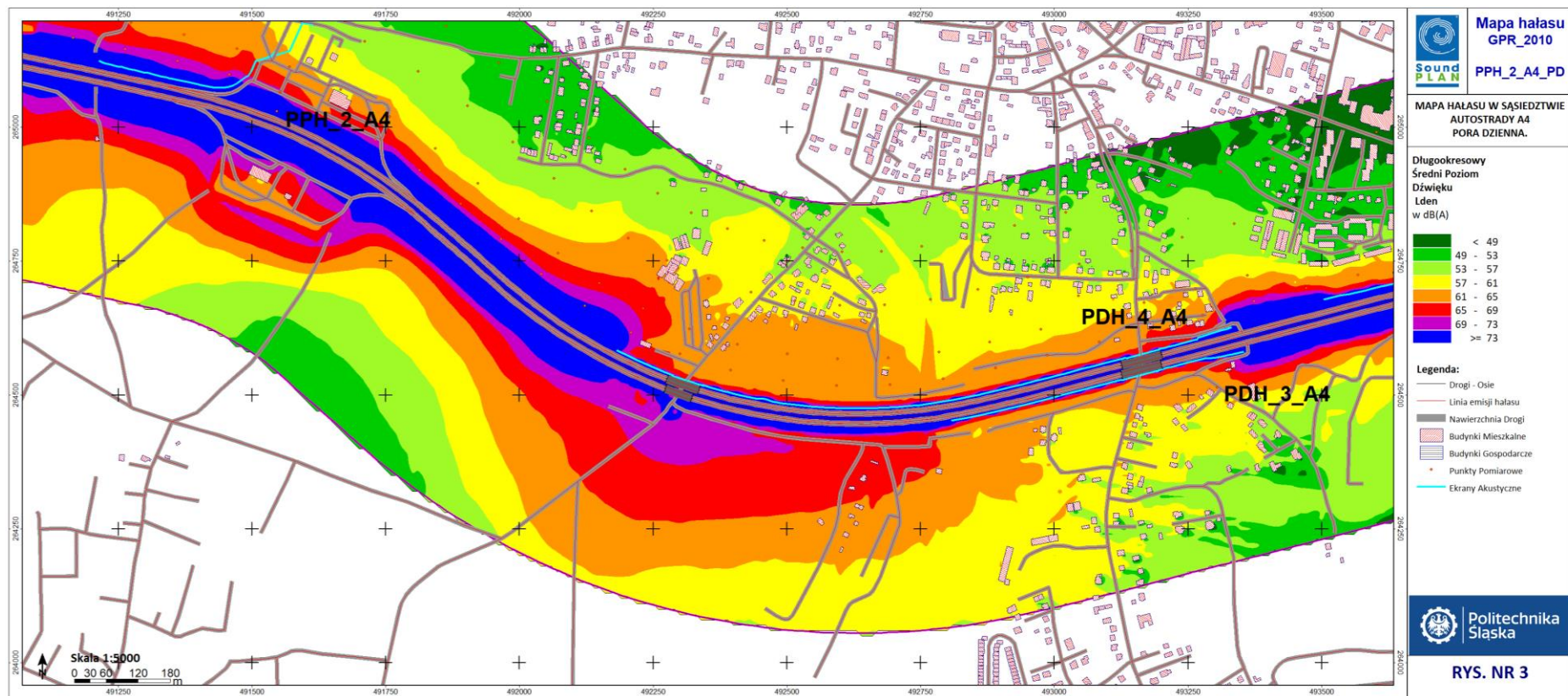




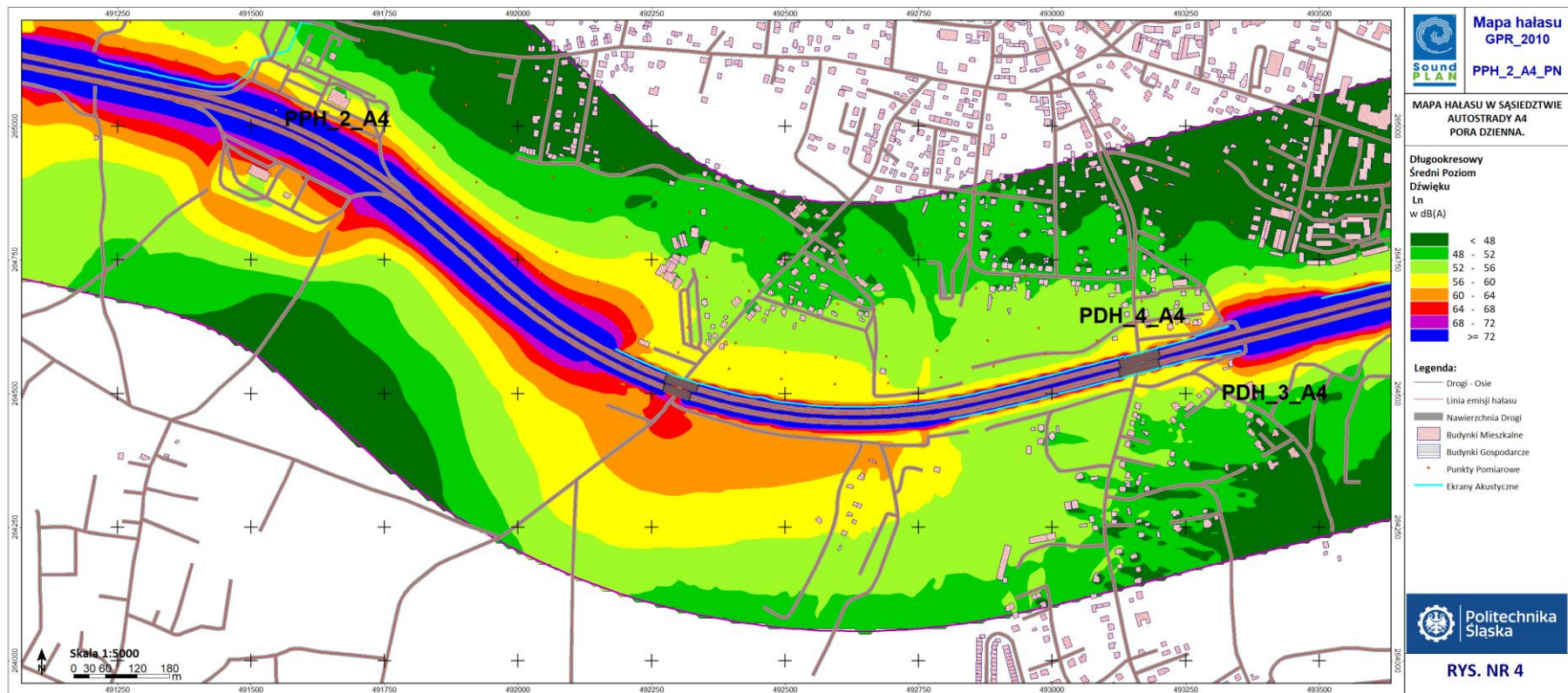
*Rysunek 7.55. Mapa hałasu odcinka Autostrady A4 równoważnego poziomu dźwięku 2D na wysokości 4m n.p.t. Pora dzienna.*



*Rysunek 7.56. Mapa hałasu odcinka Autostrady A4 równoważnego poziomu dźwięku 2D na wysokości 4m n.p.t. Pora nocna.*



Rysunek 7.57. Mapa hałasu odcinka Autostrady A4 długookresowego średniego poziomu dźwięku  $L_{DWN} 2D$  na wysokości 4m n.p.t.



Rysunek 7.58. Mapa hałasu odcinka Autostrady A4 długookresowego średniego poziomu dźwięku  $L_n$  2D na wysokości 4m n.p.t.



**Generalna Dyrekcja  
Dróg Krajowych i Autostrad  
Oddział w Katowicach**

Katowice, 09-05-2023 r.

O/KA.I-2.534.4.3.2023.OL

**Dr hab. inż. Artur Nowoświat, prof. PŚ  
Kierownik Katedry Procesów Budowlanych  
i Fizyki Budowli  
Politechnika Śląska Wydział Budownictwa  
ul. Akademicka 5  
44 – 100 Gliwice**

Dot. pisma znak RB3.060.1.2023 z dnia 27.04.2023 dot. możliwości wykorzystania danych pomiarowych (pomiarzy hałasu, pomiarzy natężenia ruchu, pomiarzy prędkości) realizowanych w ramach procedury OOS, analiz porealizacyjnych, przeglądów ekologicznych, map akustycznych i analiz akustycznych.

Odpowiadając na pismo j.w. Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad Oddział w Katowicach, informuje, że wyraża zgodę na wykorzystanie ww. danych pomiarowych wykonanych przez firmy Ekosystem Śląsk i Ekosound S.C. (Sosnowiec), Ekosound Sp. z o.o. (Kraków), na drogach krajowych, ekspresowych i autostradach w województwie śląskim, w ramach realizacji pracy doktorskiej pt. „Kształtowanie poziomu hałasu komunikacyjnego w funkcji rozkładu natężenia ruchu przy istniejącym i projektowanym układzie dróg krajowych” Pana mgr inż. Bartłomieja Pudelko.

Dokument podpisany elektronicznie

*Z poważaniem*  
Zbigniew Szweda  
Z-ca Dyrektora Oddziału  
ds. Inwestycji

Generalna Dyrekcja  
Dróg Krajowych i Autostrad  
Oddział w Katowicach

ul. Myśliwska 5  
40-017 Katowice  
tel. +48 32 258 62 81 do 5  
fax +48 32 259 87 10

www.gddkia.gov.pl  
e-mail: kat\_sekretariat@gddkia.gov.pl



Politechnika  
Śląska



UCZELNIA  
BADAWCZA

Wydział Budownictwa  
Katedra Procesów Budowlanych i Fizyki Budowli

mgr inż. Bartłomiej Pudelko  
Specjalista inż. - techn.  
RB - 1 Laboratorium Budownictwa  
e-mail: bartlomiej.pudelko@polsl.pl

Gliwice, 21.12.2022 r.

**Szanowny Panie,**

W związku z realizacją pracy doktorskiej pod kierownictwem dr hab. inż. Artura Nowoświata, prof. PŚ pt: „Kształtowanie poziomu hałasu komunikacyjnego w funkcji rozkładu natężenia ruchu przy istniejącym i projektowanym układzie dróg krajowych”

Zwracam się z uprzejmą prośbą o nieodpłatne udostępnienie jednej licencji SoundPlan na potrzeby realizacji obliczeń i analiz hałasu drogowego związanego z tymże doktoratem.

Z wyrazami szacunku

Kierownik  
Katedry Procesów Budowlanych i Fizyki Budowli  
dr hab. inż. Artur Nowoświat, prof. PŚ



HR EXCELLENCE IN RESEARCH

Politechnika Śląska  
Wydział Budownictwa  
Katedra Procesów Budowlanych i Fizyki Budowli  
ul. Akademicka 5, pok. 304, 44-100 Gliwice  
+48 32 237 15 67  
RB3@polsl.pl

NIP 631 020 07 36  
ING Bank Śląski S.A. o/Gliwice 60 1050 1230 1000 0002 0211 3068



1