



**Projekt realizowany w ramach Wspólnego Przedsięwzięcia RID,
finansowany ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju
oraz Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad**

**Wynik z osiągniętego etapu/etapów prac nad Projektem będącym
przedmiotem umowy pn:**

Ochrona przed hałasem drogowym

Zadanie 6. Opracowanie sposobów i zasad ustalania miarodajnych wartości parametrów ruchu oraz wybór metod pomiarowych do analiz hałasu

Akronim Projektu: OT1-1D/PK-PW-PWR-IBDiM-PL

Numer umowy: DZP/RID-I-76/15/NCBR/2016

Lider i Współwykonawcy: PK, PW, PWR, IBDiM, PL

Kierownik Projektu: prof. dr hab. inż. Marian Tracz

Lider i Współwykonawcy Zad. 6: Politechnika Krakowska, Politechnika
Lubelska

Kierownik Zad. 6: prof. dr hab. inż. Marian Tracz

Data rozpoczęcia Zad. 6: 01.01.2016

Data zakończenia Zad. 6: 30.11.2017

Zadanie 6:

Opracowanie sposobów i zasad ustalania miarodajnych wartości parametrów ruchu oraz wybór metod pomiarowych do analiz hałasu. [PK, PL]

Zespół badawczy:

Politechnika Krakowska
Instytut Inżynierii Drogowej, Kolejowej i Transportu
prof. dr hab. inż. Marian Tracz
prof. Dr hab.. inż. Stanisław Gaca
dr inż. Krystian Woźniak
dr inż. Malwina Spławińska
mgr inż. Piotr Buczek
mgr inż. Agnieszka Michalik

Politechnika Lubelska
dr inż. Janusz Bohatkiewicz

Spis treści :

| | |
|---|------------|
| 1. Wprowadzenie | 3 |
| 2. Przygotowanie danych do analiz. Zbudowanie bazy danych o parametrach ruchu do szacowania charakterystyk ruchu pojazdów w zakresie ich zmienności z uwagi na oceny hałasu drogowego..... | 3 |
| 3. Analiza funkcyjnych zależności emitowanego hałasu od cech ruchu | 18 |
| 3.1. Analizy wpływu danych ruchowych na prognozę zagrożenia hałasem drogowym..... | 19 |
| 3.2. Baza danych..... | 20 |
| 3.3. Określenie okresów o najmniejszej zmienności ruchu w roku i dobie | 22 |
| 3.4. Określenie okresów o największych natężeniach ruchu w roku | 26 |
| 3.5. Wpływ terminu wykonywania pomiarów wyrywkowych na poziom dźwięku | 27 |
| 3.6. Wpływ długości pomiarów wyrywkowych na poziom dźwięku | 32 |
| 3.7. Podsumowanie..... | 32 |
| 4. Analiza wpływu proponowanego sposobu ustalania miarodajnego ruchu na wielkość prognozowanego hałasu – porównanie do podejścia obecnie stosowanego. | 34 |
| 5. Propozycja sposobu rozkładu ruchu (miarodajnego ustalonego w ww. punkcie) na normatywne okresy analiz wskazanych w przepisach (dzień noc dla Leq oraz dzień, noc wieczór dla Ldwn): | 39 |
| 5.1. Analiza zmienności dobowej natężeń..... | 40 |
| 5.2. Modele ustalania natężeń miarodajnych do obliczeń akustycznych | 47 |
| 5.3. Analiza ustalania prędkości | 51 |
| 5.4. Przyjęte wartości prędkości średniej do obliczeń emisji hałasu | 57 |
| 6. Analiza sposobu prowadzenia pomiarów hałasu w otoczeniu drogi w nawiązaniu do obowiązującego rozporządzenia | 59 |
| 7. Analiza czasu i okresu wykonywania pomiaru hałasu drogowego i określenie uwarunkowań stosowania pomiarów wyrywkowych..... | 64 |
| 7.1. Metoda pomiaru i obliczenia | 64 |
| 7.2. Analiza wybranych poligonów..... | 66 |
| 7.3. Podsumowanie | 120 |
| 8. Uwagi do procedur pomiarowych GPR i GPH | 121 |
| 9. Literatura | 122 |

Załącznik: Instrukcja wykonywania pomiarów równoważnego poziomu dźwięku przy drogach krajowych – przedmiot umowy wyłączony do odrębnego opracowania

1. Wprowadzenie

W obecnej sytuacji istnieje problem odpowiedniego doboru miarodajnych natężeń ruchu przy projektowaniu zabezpieczeń akustycznych oraz przy wykonywaniu analiz porealizacyjnych. Bierze się pod uwagę zapisy dotyczące dopuszczalnych poziomów hałasu, które stwierdzają, że poziom dopuszczalny powinien być dotrzymany odpowiednio dla okresu 16-godzinnego w dzień i 8-godzinnego w nocy bez żadnych wyjątków. Wykonywane projekty zabezpieczeń akustycznych opierają się na prognozach ruchu wykonanych dla SDR. Pomiary akustyczne wykonywane są w praktyce przy aktualnym, często przypadkowym, natężeniu ruchu związanym z dniem pomiaru. W związku z powyższym istnieje ryzyko, że pomiar wykonany będzie w okresie dużych różnic w natężeniu ruchu (zarówno znacząco większych od SDR jak i mniejszych) co z kolei przekłada się na inny poziom hałasu u źródła (moc akustyczną). Termin i pora wykonywania pomiarów doraźnych może powodować zawyżenie lub zaniżenie pomiarowych wartości. Pewne wahania poziomów hałasu może również powodować tan sieci drogowej, który podlega ciągłym zmianom związanym z jej rozwojem i budową nowych odcinków dróg. Z uwagi na brak ustalonej formalnie, jak również zwyczajowo, procedury doboru natężenia ruchu (również prędkości, udziału pojazdów ciężkich) podjęto próbę opracowania algorytmu doboru odpowiedniego natężenia ruchu do analiz hałasu.

2. Przygotowanie danych do analiz. Zbudowanie bazy danych o parametrach ruchu do szacowania charakterystyk ruchu pojazdów w zakresie ich zmienności z uwagi na oceny hałasu drogowego

Budowa baz danych została zrealizowana w roku 2016, materiały zostały przekazane w ramach raportu okresowego. Poniżej opisane zostały struktury plików bazodanowych, podzielonych ze względu na źródło dostępnych danych ruchowych.

Bazy danych

Używane skróty

SCPR - Stacja Ciągłych Pomiarów Ruchu

GR – SCPR wyposażone w urządzenie Golden River

SICK – bramownice ETC viaTOLL

SDRR - Średni dobowy ruch w roku

D_1 – pora dzienna w godzinach 6:00 – 22:00

D_2 – pora dzienna w godzinach 6:00 – 18:00

W – wieczór w godzinach 18:00 – 22:00

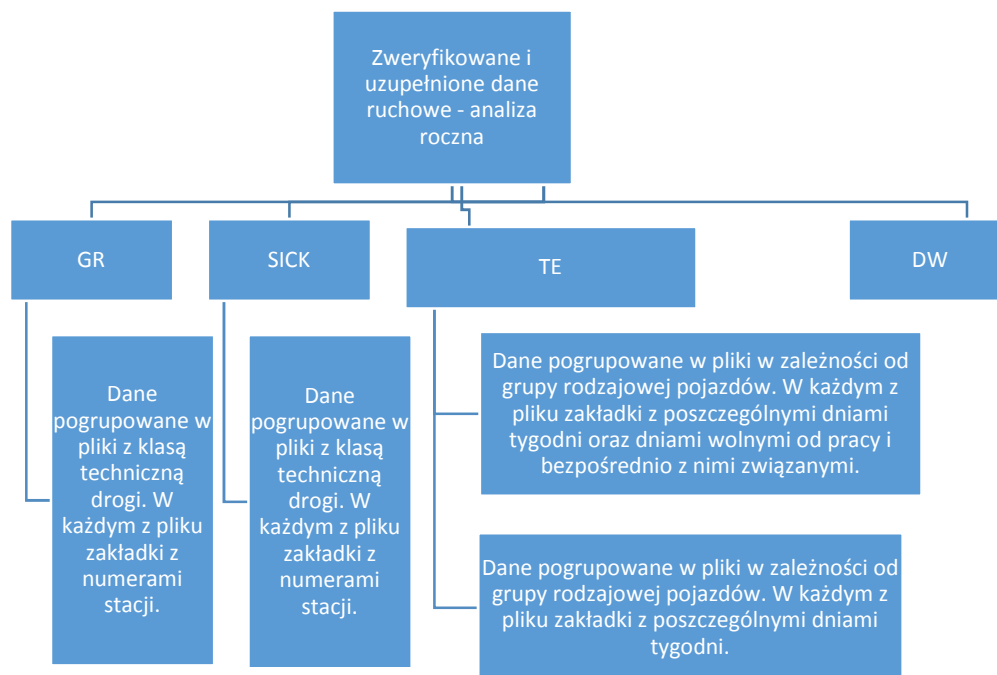
N – pora nocna w godzinach 22:00 – 6:00

u_c – udział pojazdów ciężkich [%]

Q – natężenie ruchu w przekroju drogi [P/h]

Q_{10} – natężenie ruchu w przekroju drogi [P/10 minut]

Stworzona baza danych zawiera odcinki dróg charakteryzujące się różnymi cechami, zarówno geometrycznymi (elementy przekroju drogi, rodzaj pobocza) jak i związanymi z powiązaniem przestrzennym (oddziaływanie sąsiednich miast, sposób zagospodarowania otoczenia) – zgodnie z tabelą 1 i 2 (1 oznacza że analizowana cecha dotyczy danego przypadku, 0 że nie dotyczy). Lokalizacja wszystkich stanowisk dostępna jest na oficjalnej stronie GDDKiA (<https://www.gddkia.gov.pl/pl/2876/Stacje-Ciaglych-Pomiarow-Ruchu>).



Rys.1. Schemat struktury katalogowej pliku z przekazanymi danymi

Tab. 1. Charakterystyka stanowisk pomiarowych SICK i GR

| Lp. | NR STACJI | ELEMENTY PRZEKROJU DROGI | | | RODZAJ POBOCZA | ODDZIAŁYWANIE MIAST | | | | OTOCZENIE zabudowa |
|-----|-----------|--------------------------|---------------------|-------------|----------------|---------------------|-------------------|-----------------------------|-----------|-----------------------|
| | | chodnik | wyspy kanałi zujące | oświetlenie | | tak | obszar podmiejski | przejście przez miejscowość | obwodnica | |
| 1 | 20002 | 0 | 0 | 1 | gruntowe | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 20040 | 0 | 0 | 0 | gruntowe | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 20041 | 0 | 0 | 0 | utwardzone | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 20043 | 0 | 0 | 0 | żwirowe | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 04003 | 0 | 0 | 1 | utwardzone | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 6 | 04004 | 0 | 1 | 0 | utwardzone | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 04076 | 0 | 0 | 0 | żwirowe | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 22005 | 0 | 0 | 0 | utwardzone | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 22006 | 1 | 1 | 1 | utwardzone | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 22028 | 1 | 0 | 1 | brak | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 11 | 22029 | 0 | 0 | 1 | żwirowe | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 12 | 26009 | 0 | 0 | 0 | utwardzone | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 13 | 26055 | 0 | 1 | 0 | utwardzone | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Lp. | NR STACJI | chodnik | wyspy kanałi zujące | oświetlenie | rodzaj pobocza | oddziaływanie miast | obszar podmiejski | przejście przez miejscowość | obwodnica | zabudowa |

| | | | | | | | | | | |
|------------|------------------|----------------|------------------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|---|-----------------------|-----------------|
| 14 | 26056 | 0 | 0 | 0 | utwardzone | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 26087 | 0 | 0 | 0 | utwardzone | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | 12011 | BRAK DANYCH | | | | | | | | |
| 17 | 12013 | 1 | 0 | 1 | brak | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 18 | 06014 | 1 | 0 | 1 | utwardzone | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 19 | 06034 | 0 | 0 | 0 | utwardzone | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | 06060 | 0 | 0 | 0 | gruntowe | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | 06062 | 0 | 0 | 0 | utwardzone | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 22 | 06063 | 0 | 0 | 0 | utwardzone | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23 | 06090 | BRAK DANYCH | | | | | | | | |
| 24 | 28020 | 0 | 0 | 0 | utwardzone | | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 25 | 28089 | 0 | 0 | 0 | utwardzone | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 26 | 30021 | 1 | 1 | 0/1 | utwardzone | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 27 | 30027 | 0 | 0 | 0 | utwardzone | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 28 | 30036 | 0 | 0 | 1 | utwardzone | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 29 | 30037 | 1 | 0 | 1 | brak | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 30 | 30038 | 0 | 0 | 1 | utwardzone | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 31 | 30082 | 0 | 0 | 0 | utwardzone | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 32 | 18018 | 0 | 1 | 0 | utwardzone | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 33 | 18019 | 0 | 0 | 0 | utwardzone | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 34 | 14010 | 0 | 0 | 0 | żwirowe | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 35 | 14012 | 1 | 1 | 0 | utwardzone | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 36 | 14016 | 0 | 0 | 0 | utwardzone | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 37 | 14023 | 0 | 0 | 0 | utwardzone | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 38 | 14030 | 0 | 0 | 0 | żwirowe / utwardzone | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 39 | 14031 | 0 | 0 | 0 | utwardzone | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 40 | 02026 | 0 | 0 | 0 | utwardzone | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 41 | 08088 | 0 | 0 | 0 | utwardzone | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Lp. | NR STACJI | chodnik | wyspy kanali zujące | oświet lenie | rodzaj pobocza | oddziały wanie miast | obszar podmiejs ki | przejście przez miejsowość | obwo dnica | zabudowa |

| | | | | | | | | | | |
|----|-------|-------------|---|---|------------|---|---|---|---|---|
| 42 | 04613 | 0 | 1 | 0 | utwardzone | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 43 | 22611 | 0 | 0 | 1 | utwardzone | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 44 | 22614 | 1 | 0 | 1 | brak | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 45 | 24605 | 0 | 0 | 1 | utwardzone | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 46 | 24609 | 0 | 0 | 0 | utwardzone | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 47 | 24608 | 0 | 0 | 0 | utwardzone | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 48 | 26615 | 0 | 0 | 0 | utwardzone | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 49 | 12602 | 0 | 0 | 1 | utwardzone | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 50 | 10617 | 0 | 0 | 0 | utwardzone | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 51 | 10629 | BRAK DANYCH | | | | | | | | |
| 52 | 10618 | 0 | 0 | 0 | utwardzone | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 53 | 28619 | 0 | 0 | 0 | utwardzone | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 54 | 30606 | 0 | 0 | 0 | utwardzone | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 55 | 30607 | 1 | 0 | 0 | brak | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 56 | 30620 | 0 | 1 | 0 | brak | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 57 | 18621 | 0 | 0 | 0 | utwardzone | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 58 | 32603 | 0 | 0 | 1 | utwardzone | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 59 | 32610 | 0 | 0 | 0 | utwardzone | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 60 | 14623 | 0 | 0 | 0 | utwardzone | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 61 | 14625 | 0 | 0 | 0 | utwardzone | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 62 | 14612 | 0 | 0 | 0 | utwardzone | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 63 | 14624 | 0 | 0 | 0 | utwardzone | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 64 | 14622 | 0 | 0 | 0 | utwardzone | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 65 | 02601 | 0 | 0 | 0 | brak | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 66 | 02626 | 0 | 0 | 0 | brak | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 67 | 02627 | 0 | 0 | 1 | utwardzone | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 68 | 08604 | 0 | 0 | 0 | utwardzone | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 69 | 08628 | 0 | 1 | 0 | utwardzone | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |

0 – cecha nie występuje na odcinku, 1 – cecha występuje na odcinku,

Dane zarządzane przez GDDKiA

Analizie poddano dane pochodzące ze stacji pomiaru ciągłego zarządzanych przez GDDKiA (Golden River, RPP5, PAT, Sick_ bramownice ETC viaTOLL) z roku 2015. Zakres zbieranych danych obejmuje rejestrację liczby pojazdów dla każdego z kierunków w interwałach jedno godzinnych odpowiednio:

- stacje Golden River (GR) – w 14 zakresach prędkości (pierwszy zakres od 0 – 29 km/h, następnie 12 zakresów do 149 km/h o szerokości 10 km/h i ostatni zakres od 150 km/h wzwyż), w sześciu kategoriach pojazdów (motocykle i skutery; samochody osobowe i lekkie samochody ciężarowe; samochody osobowe z przyczepami; samochody ciężarowe bez przyczep; duże samochody dostawcze oraz małe autobusy; samochody ciężarowe z przyczepami oraz ciągniki siodłowe z naczepami; autobusy);
- RPP – 5 – w trzech kategoriach pojazdów (pojazdy o długości do 6,5 m; pojazdy o długości od 6,5 m do 11,0 m; pojazdy o długości powyżej 11,0 m);
- PAT – w 15 zakresach prędkości (pierwszy zakres od 0 – 20 km/h, następnie 13 zakresów do 150 km/h o szerokości 10 km/h i ostatni zakres od 150 km/h wzwyż), w dwóch kategoriach pojazdów (lekkie; ciężkie);
- Sick_ bramownice ETC viaTOLL (SICK) - w ośmiu kategoriach pojazdów (motocykle; samochody osobowe; samochody osobowe z przyczepami; samochody dostawcze; samochody ciężarowe; samochody ciężarowe z przyczepami; ciągniki siodłowe z naczepami; autobusy);

Do analiz wyselekcjonowane stacje posiadające na poziomie miesiąca minimum siedem dni pomiarowych przy zastrzeżeniu, że reprezentowany musi być każdy z dnia tygodnia. Analizy prowadzono odrębnie w grupie dróg klasy technicznej A (autostrady), S (drogi ekspresowe) oraz GP (główne ruchu przyspieszonego). Ostatecznie wykorzystano dane z 29 stacji SICK (5 – A; 13- S; 10 – GP) oraz 41 stacji GR, zgodnie z tabelą 2 (w tabeli umieszczono wskaźnik kompletności C, który mówi o liczbie dostępnych danych w stosunku do oczekiwanej wielkości zgodnie ze wzorem 1). Ze względu na duże braki w danych ze stacji RPP5 i PAT, nie uzyskano wiarygodnych danych. Analizy prowadzono w **przekroju drogi** w odniesieniu do **ogółu pojazdów i pojazdów ciężkich** (samochody ciężarowe bez przyczep; duże samochody dostawcze oraz małe autobusy; samochody ciężarowe z przyczepami oraz ciągniki siodłowe z naczepami; autobusy) w czterech okresach w ciągu doby (w godzinach 6:00-18:00; 18:00-22:00; 6:00-22:00; 22:00-6:00).

$$C = \left(\frac{n_d}{n_o} \right) \times 100 [\%] \quad (1)$$

gdzie: n_d – dostępna liczba dni pomiarowych z prawidłowymi danymi, n_o – oczekiwana liczba dni pomiarowych (w 2010 roku 365).

Tab. 2. Lokalizacja oraz charakterystyka danych ruchowych stanowisk pomiarowych SICK i GR

| L.p. | NR STACJI | Nr DK | typ licznika | Miejscowość | SDRR [P/d] | u _c [%] | Przekrój | Wskaźnik C [%] | Klasa drogi |
|------|-----------|-------|--------------|-----------------|------------|--------------------|----------|----------------|-------------|
| 1 | 20002 | 8 | GR | Kumiała | | | 1x2 | | GP |
| 2 | 20040 | 61 | GR | Szczuczyn | | | 1x2 | | GP |
| 3 | 20041 | 8 | GR | Czerwonka | | | 1x2 | | GP |
| 4 | 20043 | 19 | GR | Horodnianka | | | 1x2 | | GP |
| 5 | 04003 | 91e | GR | Kowal | | | 1x2 | | GP |
| 6 | 04004 | 5 | GR | Gruczno | | | 1x2 | | GP |
| 7 | 04076 | 5 | GR | Wąsosz | | | 1x2 | | GP |
| 8 | 22005 | 91 | GR | Miłobądz | | | 1x2 | | GP |
| 9 | 22006 | 7 | GR | Kazimierzowo | | | 1x2 | | GP |
| 10 | 22028 | 6 | GR | Kębłowo | | | 1x2 | | GP |
| 11 | 22029 | 20 | GR | Miszewo | | | 1x2 | | GP |
| 12 | 26009 | S7l | GR | Podchojny | | | 2x2 | | S |
| 13 | 26055 | 73 | GR | Zwierzyniec | | | 1x2 | | GP |
| 14 | 26056 | 74 | GR | Rozgół | | | 1x2 | | GP |
| 15 | 26087 | S7f | GR | Ostojów | | | 2x2 | | S |
| 16 | 12011 | 94g | GR | Jasień | | | 1x2 | | GP |
| 17 | 12013 | 52 | GR | Kęty | | | 1x2 | | GP |
| 18 | 06014 | 2 | GR | Sławacinek | | | 1x2 | | GP |
| 19 | 06034 | 12 | GR | Adolfin | | | 1x2 | | GP |
| 20 | 06060 | 17 | GR | Łabunie | | | 1x2 | | GP |
| 21 | 06062 | S19c | GR | Wola Skromowska | | | 1x2 | | S |
| 22 | 06063 | 12h | GR | Pająków | | | 1x2 | | GP |
| 23 | 06090 | 74f | GR | Frampol | | | 1x2 | | GP |
| 24 | 28020 | 16c | GR | Rzeck | | | 1x2 | | GP |
| 25 | 28089 | S7j | GR | Pawłowo | | | 2x2 | | S |
| 26 | 30021 | 92 | GR | Bolewicko | | | 1x2 | | GP |
| 27 | 30027 | A2 | GR | Sługocin | | | 2x2 | | A |
| 28 | 30036 | A2 | GR | Krzesiny | | | 2x2 | | A |
| 29 | 30037 | 92 | GR | Strzałkowo | | | 1x2 | | GP |
| 30 | 30038 | A2 | GR | Kuny | | | 2x2 | | A |
| 31 | 30082 | 11 | GR | Garbatka | | | 1x2 | | GP |
| 32 | 18018 | 4 | GR | Krasne | | | 1x4 | | GP |
| 33 | 18019 | 9 | GR | Baryczka | | | 1x2 | | GP |
| 34 | 14010 | 9 | GR | Krzyżanowice | | | 1x2 | | GP |
| 35 | 14012 | 2 | GR | Bojmie | | | 1x2 | | GP |
| 36 | 14016 | 10 | GR | Gumowo | | | 1x2 | | GP |

| | | | | | | | | | |
|----|-------|-----|------|-----------------------|--------|------|---------|------|----|
| 37 | 14023 | 7 | GR | Łomna | | | 2x2 | | GP |
| 38 | 14030 | 8 | GR | Nadarzyn | | | 2x2 | | GP |
| 39 | 14031 | 17 | GR | Anielinek | | | 1x2 | | GP |
| 40 | 02026 | 3 | GR | Lubin | | | 2x2 | | GP |
| 41 | 08088 | S3a | GR | Marwice | | | 2x2 | | S |
| 42 | 04613 | 91 | SICK | Chełmno | 8235 | 19,2 | 1x2 | 98,4 | GP |
| 43 | 22611 | S6 | SICK | Gdańsk Osowa | 71499 | 7,5 | 2x2 | 99,5 | S |
| 44 | 22614 | 91 | SICK | Tczew | 10489 | 7,5 | 2x2 | 98,6 | GP |
| 45 | 24605 | 81 | SICK | Łaziska Górne | 22832 | 5,4 | 2x2 | 99,2 | GP |
| 46 | 24609 | 94b | SICK | Sławków | 25261 | 11,5 | 2x2 | 99,5 | GP |
| 47 | 24608 | S1 | SICK | Łączka | 16696 | 19,6 | 2x2 | 98,6 | S |
| 48 | 26615 | S7k | SICK | Kostomłoty I | 15422 | 21,2 | 2x2 | 93,4 | S |
| 49 | 12602 | A4 | SICK | Kraków Południe | 50319* | 14,6 | 2x2 | 99,5 | A |
| 50 | 10617 | 92a | SICK | Krośniewice | 4718 | 29,0 | 2x2 | 99,2 | GP |
| 51 | 10629 | S8 | SICK | Pawlikowice | 10638 | 28,5 | 2x2 | 98,4 | S |
| 52 | 10618 | S8 | SICK | Jakubów | 29137 | 24,3 | 2x2 | 98,6 | S |
| 53 | 28619 | S7j | SICK | Witramowo | 13491 | 19,0 | 2x2 | 98,4 | S |
| 54 | 30606 | 92 | SICK | Sady / Baranowo | 31529 | 16,3 | 2x2 | 98,6 | GP |
| 55 | 30607 | 92 | SICK | Paczkowo | 25813 | 8,4 | 2x2 | 99,2 | GP |
| 56 | 30620 | 92 | SICK | Kolonia Golina | 13162 | 3,4 | 1x2 | 96,7 | GP |
| 57 | 18621 | 94 | SICK | Jarosław obwodnica | 8317 | 11,4 | 1x2 | 97,0 | GP |
| 58 | 32603 | A6 | SICK | Szczecin Żydowice | 15486 | 16,4 | 2x2 | 99,2 | A |
| 59 | 32610 | S3a | SICK | Siemczyn / Sitno | 13242 | 14,7 | 2x2 | 97,5 | S |
| 60 | 14623 | S7 | SICK | Długowola | 31088 | 14,0 | 2x2 | 99,2 | S |
| 61 | 14625 | S8 | SICK | Lucynów | 31109 | 14,0 | 2x2 | 97,5 | S |
| 62 | 14612 | S7 | SICK | Kazuń Nowy / Łomna | 32527 | 5,9 | 2x2 | 96,7 | S |
| 63 | 14624 | S8 | SICK | Radziejowice | 23560 | 16,5 | 2x2 | 98,6 | S |
| 64 | 14622 | A2a | SICK | Mińsk Mazowiecki | 12986 | 16,1 | 2x2 | 98,6 | A |
| 65 | 02601 | A4 | SICK | Jadwisin | 28987 | 27,3 | 2x2 | 99,5 | A |
| 66 | 02626 | A4 | SICK | Kąty Wrocławskie | 49011 | 20,4 | 2x2 | 97,3 | A |
| 67 | 02627 | S8e | SICK | Pawłowice Dąbrowa | 24899 | 19,0 | 2x2 | 97,5 | S |
| 68 | 08604 | 18 | SICK | Łłowa | 8908 | 32,7 | 2x2 | 95,6 | GP |
| 69 | 08628 | S3 | SICK | Zielona Góra | 20665 | 15,0 | 1X2/2x2 | 99,5 | S |

*zaniżona wartość ze względu na nie uwzględnienie w pomiarach pasa włączenia na jednym z kierunków ruchu

Analizy polegały na wyznaczeniu:

- średniej wartości natężeń godzinowych z wyróżnionych okresów doby (D_1 , D_2 , W , N);
- średni udział pojazdów ciężkich z wyróżnionych okresów doby (D_1 , D_2 , W , N).

Wyniki prac zapisano w formie plików bazodanowych programu Excel (puste komórki oznaczają brak wiarygodnych danych, brak pomiaru od godziny 18:00 30.12), których zawartość i strukturę opisano w poniższych tabelach.

Tabela 3. Pliki Excel z wynikowymi danymi

| Pliki Excel dla wszystkich stacji | |
|--|--------------|
| nazwa | Typ licznika |
| SICK_2015_A.xlsx; SICK_2015_S.xlsx; SICK_2015_GP.xlsx | SICK |
| GR_2015_A.xlsx | GR |

Tabela 4. Opis pól nagłówka w poszczególnych zakładkach pliku XXX.xlsx, odpowiadającym kolejnym stacją GR

| kolumna | Nazwa pola | Opis |
|---------|------------------|--|
| A | Data | (rrrr-mm-dd) |
| B | Q [P/h] | Średnia wartość natężeń godzinowych w godzinach 6:00 – 18:00 w odniesieniu do ogółu pojazdów |
| C | Q [p. ciężkie/h] | Średnia wartość natężeń godzinowych w godzinach 6:00 – 18:00 w odniesieniu do pojazdów ciężkich |
| D | u_c [%] | Średni udział pojazdów ciężkich w godzinach 6:00 – 18:00 |
| E | Q [P/h] | Średnia wartość natężeń godzinowych w godzinach 18:00 – 22:00 w odniesieniu do ogółu pojazdów |
| F | Q [p. ciężkie/h] | Średnia wartość natężeń godzinowych w godzinach 18:00 – 22:00 w odniesieniu do pojazdów ciężkich |
| G | u_c [%] | Średni udział pojazdów ciężkich w godzinach 18:00 – 22:00 |
| H | Q [P/h] | Średnia wartość natężeń godzinowych w godzinach 22:00 – 6:00 w odniesieniu do ogółu pojazdów |
| I | Q [p. ciężkie/h] | Średnia wartość natężeń godzinowych w godzinach 22:00 – 6:00 w odniesieniu do pojazdów ciężkich |
| J | u_c [%] | Średni udział pojazdów ciężkich w godzinach 22:00 – 6:00 |
| K | Q [P/h] | Średnia wartość natężeń godzinowych w godzinach 6:00 – 22:00 w odniesieniu do ogółu pojazdów |
| L | Q [p. ciężkie/h] | Średnia wartość natężeń godzinowych w godzinach 6:00 – 22:00 w odniesieniu do pojazdów ciężkich |
| M | u_c [%] | Średni udział pojazdów ciężkich w godzinach 6:00 – 22:00 |

Dane zarządzane przez prywatną firmę Traxelektronik

Analizie poddano dane pochodzące ze stacji pomiaru ciągłego ruchu zarządzanych przez prywatną firmę Traxelektronik (stacje TE). Zakres zbieranych danych obejmuje rejestrację liczby pojazdów w interwałach 10 minutowych, w podziale na dwie kategorie pojazdów w 5 zakresach prędkości. Ponadto rejestruje się prędkość maksymalną i średnią na każdym z pasów. Do analiz wyselekcjonowane stacje posiadające na poziomie miesiąca (przynajmniej z 8 miesięcy) minimum siedem dni pomiarowych przy zastrzeżeniu, że reprezentowany musi być każdy z dnia tygodnia. Ostatecznie wykorzystano dane z 12 stacji TE zgodnie z tabelą 5 (w tabeli umieszczono wskaźnik kompletności C, który mówi o liczbie dostępnych danych w stosunku do oczekiwanej wielkości zgodnie ze wzorem 1). Analizy prowadzono w **przekroju**

drogi w podziale na **pojazdy lekkie** (o długości < 5m) i **ciężkie** (o długości > 5m) w dwóch okresach w ciągu doby (pora dzienna w godzinach 6:00-22:00 oraz nocna 22:00-6:00). Ponadto, ze względu na odbiegające wartości natężeń od wartości przeciętnych (zidentyfikowane na podstawie obserwacji szeregów czasowych natężeń dobowych, godzinowych i dziesięciominutowych w roku), usunięto dni ustawowo wolne od pracy oraz bezpośrednio z nimi związane zgodnie z tab. 6 i analizowano odrębnie.

Tab. 5. Lokalizacja oraz charakterystyka danych ruchowych stanowisk pomiarowych TE (rok 2010)

| L. p. | Nr st. | Nr DK | Nazwa stacji | SDRR [P/d] | u_c [%] | Przekrój | Wskaźnik C [%] | Klasa drogi |
|-------|-------------|-------|----------------|------------|-----------|----------|----------------|-------------|
| 1 | TE1 | 2 | Biała Podlaska | 6775 | 52,8 | 1x2 | 92 | GP |
| 2 | TE6 | 79 | Dulowa | 8240 | 18,2 | 1x2 | 78 | GP |
| 3 | TE8 | 7 | Głogoczów | 17683 | 11,0 | 2x1* | 91 | GP |
| 4 | TE12 | 25 | Gwieździn | 4062 | 37,2 | 1x2 | 96 | GP |
| 5 | TE13 | 79 | Hebdów | 6647 | 50,7 | 1x2 | 96 | G |
| 6 | TE14 | 17 | Izbica | 8400 | 40,3 | 1x2 | 93 | GP |
| 7 | TE28 | 79 | Pobiednik | 12432 | 16,0 | 1x2 | 97 | G |
| 8 | TE29 | 79 | Przemków | 5734 | 41,7 | 1x2 | 97 | G |
| 9 | TE31 | 22 | Rychnowy | 9294 | 22,2 | 1x2 | 91 | GP |
| 10 | TE38 | 20 | Wieżyca | 8187 | 10,2 | 1x2 | 87 | G |
| 11 | TE39 | 75 | Witowice Dolne | 7931 | 11,9 | 1x2 | 96 | GP |
| 12 | TE41 | 20 | Wołcza Mała | 3856 | 31,6 | 1x2 | 97 | G |

*2 kierunki po 1 pasie

Tab. 6. Wykaz dni ustawowo wolnych od pracy oraz bezpośrednio z nimi związanych w 2010 roku

| Dni ustawowo wolnych od pracy w 2010 roku | dni ustawowo wolne od pracy | cały "okres" dni wolnych od pracy |
|---|-----------------------------|-----------------------------------|
| Nowy Rok | 01.01. | 01.01 - 03.01. |
| pierwszy dzień Wielkiej Nocy | 04.04. | 02.04 - 06.04. |
| drugi dzień Wielkiej Nocy | 05.04. | |
| Święto Państwowe | 01.05. | 30.04. - 04.05. |
| Święto Narodowe Trzeciego Maja | 03.05. | |
| pierwszy dzień Zielonych Świątek | 23.05. | 21.05. - 24.05. |
| dzień Bożego Ciała | 03.06. | 02.06. - 07.06. |
| Wniebowzięcie Najświętszej Maryi Panny | 15.08. | 13.08. - 16.08. |
| Wszystkich Świętych | 01.11. | 29.10. - 02.11. |
| Narodowe Święto Niepodległości | 11.11. | 10.11. - 15.11. |
| pierwszy dzień Bożego Narodzenia | 25.12. | 24.12. - 31.12. |
| drugi dzień Bożego Narodzenia | 26.12. | |

Analizy polegały na wyznaczeniu:

- średniej wartości natężeń dziesięciominutowych (Q_{10}) w godzinach w dobie dla dnia tygodnia danego typu (np. poniedziałek) w każdym z miesięcy w roku;
- średniej wartości współczynnika zmienności natężeń dziesięciominutowych (ε - wzór 2) w godzinach w dobie dla dnia tygodnia danego typu (np. poniedziałek) w każdym z miesięcy w roku.

Wyniki prac zapisano w formie plików bazodanowych programu Excel (puste komórki oznaczają brak wiarygodnych danych), których zawartość i strukturę opisano w poniższych tabelach i rysunkach.

$$\varepsilon = \left(\frac{\sigma}{\bar{y}}\right) \times 100 [\%] \quad (2)$$

gdzie:

ε – współczynnik zmienności badanej cechy ruchu,

σ – odchylenie standardowe badanej cechy ruchu,

\bar{y} – wartość przeciętna badanej cechy ruchu (średnie natężenie dziesięciominutowe danego dnia tygodnia/miesiąca w roku, średnie natężenie dziesięciominutowe w danej porze dnia w odniesieniu do danego dnia tygodnia).

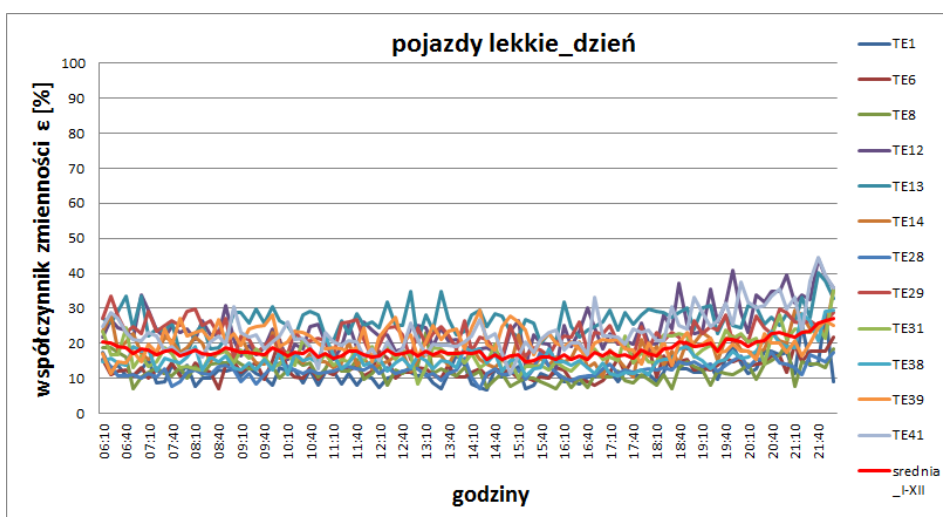
Tabela 7. Pliki Excel z wynikowymi danymi

| Pliki Excel | |
|--|--|
| nazwa | opis |
| ϵ _dni_miesiące_p. lekkie.xlsx | Dane dotyczące współczynnika zmienności ϵ dla dni tygodnia danego typu w kolejnych miesiącach w roku w odniesieniu do pojazdów lekkich |
| ϵ _dni_miesiące_p. ciężkie.xlsx | Dane dotyczące współczynnika zmienności ϵ dla dni tygodnia danego typu w kolejnych miesiącach w roku w odniesieniu do pojazdów ciężkich |
| Q10_dni_miesiące_p. lekkie.xlsx | Dane dotyczące wielkości natężeń ruchu Q_{10} dla dni tygodnia danego typu w kolejnych miesiącach w roku w odniesieniu do pojazdów lekkich |
| Q10_dni_miesiące_p. ciężkie.xlsx | Dane dotyczące wielkości natężeń ruchu Q_{10} dla dni tygodnia danego typu w kolejnych miesiącach w roku w odniesieniu do pojazdów ciężkich |

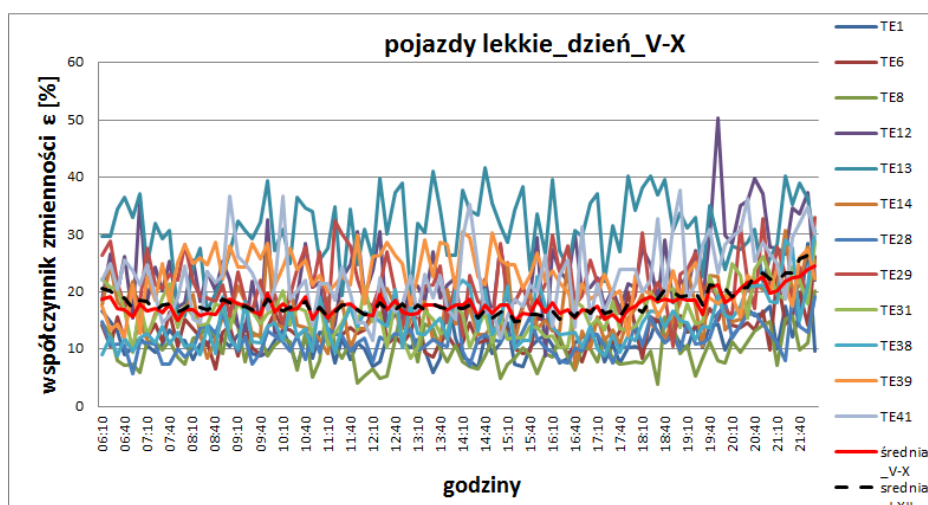
Tabela 8. Układ i zawartość zakładki w pliku .xlsx,

| Nazwa zakładki | Opis |
|----------------|---|
| ϵ -św | Zestawienie dla kolejnych stacji TE średnich wartości dziesięciominutowych ϵ w dni wolne od pracy oraz bezpośrednio z nimi związanymi |
| pn-dzień | Zestawienie dla kolejnych stacji TE średnich wartości dziesięciominutowych ϵ/Q_{10} w poniedziałek w porze dnia w kolejnych miesiącach w roku. Wykresy uzyskanych wielkości osobno dla każdej ze stacji oraz łącznie dla wartości średnich w roku dla każdej ze stacji oraz wartości średniej ze wszystkich stacji. Zestawienie dla kolejnych stacji TE średnich wartości dziesięciominutowych ϵ/Q_{10} w poniedziałek w porze dnia z miesięcy V - X. Wykres uzyskanych wielkości łącznie dla wszystkich stacji oraz wartości średniej ze wszystkich stacji. |
| pn-noc | Zestawienie dla kolejnych stacji TE średnich wartości dziesięciominutowych ϵ/Q_{10} w poniedziałek w porze nocy w kolejnych miesiącach w roku. Wykresy uzyskanych wielkości osobno dla każdej ze stacji oraz łącznie dla wartości średnich w roku dla każdej ze stacji oraz wartości średniej ze wszystkich stacji. Zestawienie dla kolejnych stacji TE średnich wartości dziesięciominutowych ϵ/Q_{10} w poniedziałek w porze nocy z miesięcy V - X. Wykres uzyskanych wielkości łącznie dla wszystkich stacji oraz wartości średniej ze wszystkich stacji. |
| wt-dzień | Zestawienie dla kolejnych stacji TE średnich wartości dziesięciominutowych ϵ/Q_{10} we wtorek w porze dnia w kolejnych miesiącach w roku. Wykresy uzyskanych wielkości osobno dla każdej ze stacji oraz łącznie dla wartości średnich w roku dla każdej ze stacji oraz wartości średniej ze wszystkich stacji. Zestawienie dla kolejnych stacji TE średnich wartości dziesięciominutowych ϵ/Q_{10} we wtorek w porze dnia z miesięcy V - X. Wykres uzyskanych wielkości łącznie dla wszystkich stacji oraz wartości średniej ze wszystkich stacji. |
| wt-noc | Zestawienie dla kolejnych stacji TE średnich wartości dziesięciominutowych ϵ/Q_{10} we wtorek w porze nocy w kolejnych miesiącach w roku. Wykresy uzyskanych wielkości osobno dla każdej ze stacji oraz łącznie dla wartości średnich w roku dla każdej ze stacji oraz wartości średniej ze wszystkich stacji. Zestawienie dla kolejnych stacji TE średnich wartości dziesięciominutowych ϵ/Q_{10} we wtorek w porze nocy z miesięcy V - X. Wykres uzyskanych wielkości łącznie dla wszystkich stacji oraz wartości średniej ze wszystkich stacji. |
| śr-dzień | Zestawienie dla kolejnych stacji TE średnich wartości dziesięciominutowych ϵ/Q_{10} w środę w porze dnia w kolejnych miesiącach w roku. Wykresy uzyskanych wielkości |

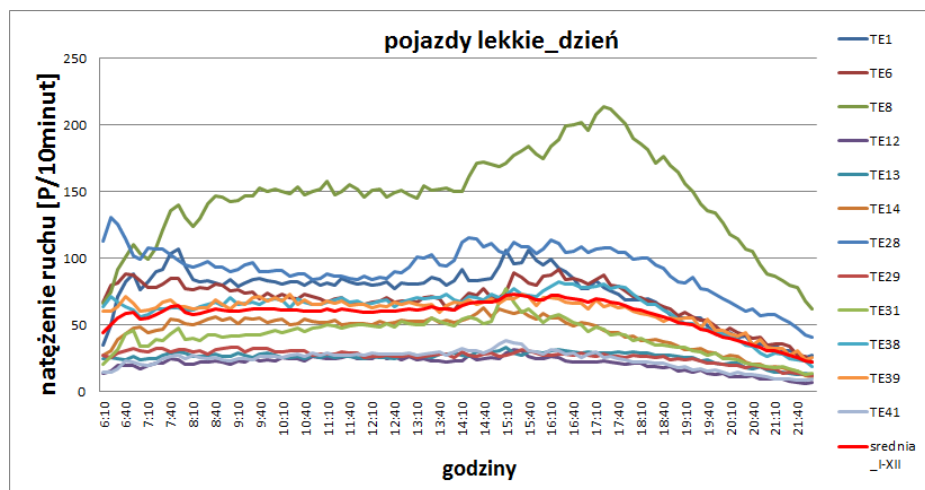
| | |
|----------|---|
| | Zestawienie dla kolejnych stacji TE średnich wartości dziesięciominutowych ϵ/Q_{10} w sobotę w porze nocy z miesięcy V - X. Wykres uzyskanych wielkości łącznie dla wszystkich stacji oraz wartości średniej ze wszystkich stacji. |
| nd-dzień | Zestawienie dla kolejnych stacji TE średnich wartości dziesięciominutowych ϵ/Q_{10} w niedzielę w porze dnia w kolejnych miesiącach w roku. Wykresy uzyskanych wielkości osobno dla każdej ze stacji oraz łącznie dla wartości średnich w roku dla każdej ze stacji oraz wartości średniej ze wszystkich stacji. Zestawienie dla kolejnych stacji TE średnich wartości dziesięciominutowych ϵ/Q_{10} w niedzielę w porze dnia z miesięcy V - X. Wykres uzyskanych wielkości łącznie dla wszystkich stacji oraz wartości średniej ze wszystkich stacji. |
| nd-noc | Zestawienie dla kolejnych stacji TE średnich wartości dziesięciominutowych ϵ/Q_{10} w niedzielę w porze nocy w kolejnych miesiącach w roku. Wykresy uzyskanych wielkości osobno dla każdej ze stacji oraz łącznie dla wartości średnich w roku dla każdej ze stacji oraz wartości średniej ze wszystkich stacji. Zestawienie dla kolejnych stacji TE średnich wartości dziesięciominutowych ϵ/Q_{10} w niedzielę w porze nocy z miesięcy V - X. Wykres uzyskanych wielkości łącznie dla wszystkich stacji oraz wartości średniej ze wszystkich stacji. |



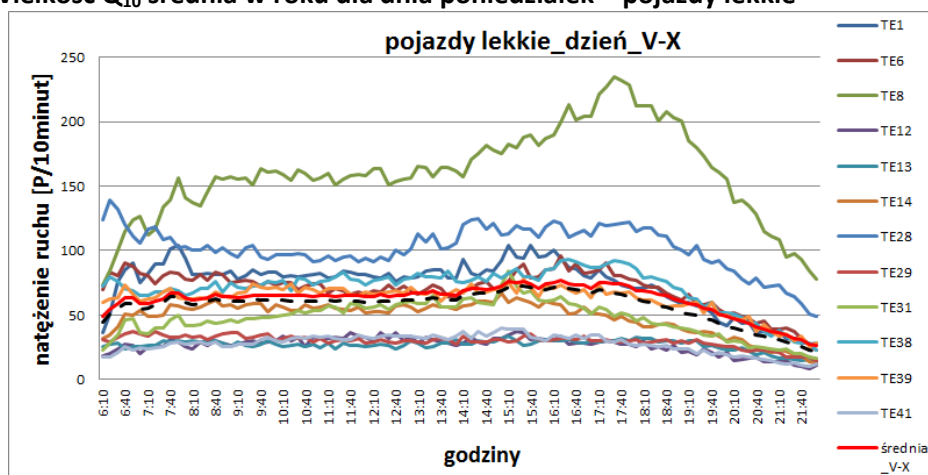
Rys 2. Wielkość ϵ średnia w roku dla dnia poniedziałek – pojazdy lekkie



Rys 3. Wielkość ϵ średnia dla miesięcy V-X dla dnia poniedziałek – pojazdy lekkie



Rys 4. Wielkość Q_{10} średnia w roku dla dnia poniedziałek – pojazdy lekkie



Rys 5. Wielkość Q_{10} średnia dla miesięcy V-X dla dnia poniedziałek – pojazdy lekkie

Na kolejnych rysunkach przedstawiono wykresy współczynników zmienności natężeń (rys.2 i 3) oraz natężeń ruchu pojazdów lekkich (rys.4 i 5)

Dane pochodzące z pomiarów własnych

Do analiz wykorzystano dane pochodzące ze stacji pomiaru ciągłego zbudowanej przez Politechnikę Krakowską, zlokalizowaną na terenie województwa małopolskiego (odcinek DW794 w miejscowości Trojanowice) zgodnie z tabela 9. Automatyczna rejestracja danych ruchowych odbywała się przy wykorzystaniu urządzenia DLP-10 firmy TELWAY. Zakres zbieranych danych obejmował rejestrację pojedynczych danych dotyczących czasu przejazdu, prędkości oraz klasy pojazdów, zgodnie z wybranym przez użytkownika schematem klasyfikacji (5+1 lub 8+1). W celu uzyskania danych w takim samym formacie jak w przypadku stacji należących do GDDKiA zagregowane dane do okresu jednej godziny. Analizy prowadzono analogicznie jak w punkcie 1 w **przekroju drogi** w podziale na **ogół pojazdów i pojazdyciężkiew** czterech okresach w ciągu doby (D_1 , D_2 , W, N).

Tab. 9. Lokalizacja oraz charakterystyka danych ruchowych stanowisk pomiarowych DLP-10 (rok 2011)

| L. p. | Nr st. | Nr DW | Nazwa stacji | SDRR [P/d] | u_c [%] | Przekrój | Wskaźnik C [%] |
|-------|-----------------|-------|--------------|------------|-----------|----------|----------------|
| 2 | DLP-10_1 | 794 | Trojanowice | 10848 | 4,1 | 1x2 | 84 |

Analizy polegały na wyznaczeniu:

- średniej wartości natężeń godzinowych z wyróżnionych okresów doby (D_1 , D_2 , W, N);
- średni udział pojazdów ciężkich z wyróżnionych okresów doby (D_1 , D_2 , W, N).

Wyniki prac zapisano w formie plików bazodanowych programu Excel (puste komórki oznaczają brak wiarygodnych danych), których zawartość i strukturę opisano w poniższych tabelach.

Tabela 10. Pliki Excel z wynikowymi danymi

| Pliki Excel dla wszystkich stacji | |
|-----------------------------------|--------------|
| nazwa | Typ licznika |
| DLP-10_G.xlsx; | DLP-10 |

Tabela 11. Opis pól nagłówka w pliku DLP-10_G.xlsx

| kolumna | Nazwa pola | Opis |
|---------|------------------|--|
| A | Data | (rrrr-mm-dd) |
| B | Q [P/h] | Średnia wartość natężeń godzinowych w godzinach 6:00 – 18:00 w odniesieniu do ogółu pojazdów |
| C | Q [p. ciężkie/h] | Średnia wartość natężeń godzinowych w godzinach 6:00 – 18:00 w odniesieniu do pojazdów ciężkich |
| D | u_c [%] | Średni udział pojazdów ciężkich w godzinach 6:00 – 18:00 |
| E | Q [P/h] | Średnia wartość natężeń godzinowych w godzinach 18:00 – 22:00 w odniesieniu do ogółu pojazdów |
| F | Q [p. ciężkie/h] | Średnia wartość natężeń godzinowych w godzinach 18:00 – 22:00 w odniesieniu do pojazdów ciężkich |
| G | u_c [%] | Średni udział pojazdów ciężkich w godzinach 18:00 – 22:00 |
| H | Q [P/h] | Średnia wartość natężeń godzinowych w godzinach 22:00 – 6:00 w odniesieniu do ogółu pojazdów |
| I | Q [p. ciężkie/h] | Średnia wartość natężeń godzinowych w godzinach 22:00 – 6:00 w odniesieniu do pojazdów ciężkich |
| J | u_c [%] | Średni udział pojazdów ciężkich w godzinach 22:00 – 6:00 |
| K | Q [P/h] | Średnia wartość natężeń godzinowych w godzinach 6:00 – 22:00 w odniesieniu do ogółu pojazdów |
| L | Q [p. ciężkie/h] | Średnia wartość natężeń godzinowych w godzinach 6:00 – 22:00 w odniesieniu do pojazdów ciężkich |
| M | u_c [%] | Średni udział pojazdów ciężkich w godzinach 6:00 – 22:00 |

3. Analiza funkcyjnych zależności emitowanego hałasu od cech ruchu

Ogólnie można stwierdzić, że na hałas drogowy składają się przede wszystkim dźwięki generowane w związku z poruszaniem się pojazdu i dźwięki powstające na styku opon i jezdni. Jeżeli jednak chcielibyśmy się bardziej szczegółowo przyjrzeć temu problemowi to decydującymi w kształtowaniu wielkości hałasu przy drogach są takie parametry jak: natężenie ruchu, wielkość (udział) pojazdów hałaśliwych (pojazdów ciężkich i pojazdów lekkich), prędkość potoku pojazdów, stan techniczny pojazdów (im starszy pojazd tym większy poziom emisji hałasu). O poziomie hałasu decydują także inne elementy takie jak: rodzaj nawierzchni, płynność ruchu (zatrzymania i starty pojazdów), styl jazdy, pochylenie odcinka, wysokość odbiorcy nad jezdnią, odległość odbiorcy od jezdni, ukształtowanie terenu.

Struktura rodzajowa, prędkość i natężenie pojazdów

Największy wpływ na hałas drogowy ma natężenie oraz struktura rodzajowa pojazdów. Liczba pojazdów poruszających się po polskich drogach wzrosła 10-krotnie w stosunku do lat 80, w związku z tym większa liczba pojazdów wpływa negatywnie na klimat akustyczny wzdłuż polskich dróg. Występuje silna zależność między redukcją natężenia ruchu a redukcją hałasu, którą przedstawia poniżej tabela:

Tabela 12. Zależność redukcji hałasu od redukcji natężenia ruchu

| | | | | | | | | |
|-------------------------------|-----|----|-----|-----|----|----|-----|----|
| Redukcja natężenia ruchu, [%] | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 |
| Redukcja hałasu, [dB] | 0,5 | 1 | 1,5 | 2,2 | 3 | 4 | 5,2 | 7 |

Udział w potoku ruchu pojazdów lekkich i pojazdów ciężkich pod względem hałaśliwości jest ważnym aspektem odnośnie klimatu akustycznego wzdłuż drogi. Przykładowy poziom emisji dźwięku w odległości 7 metrów od pojazdu wynosi: samochód osobowy - 70÷75 (dB), motocykl – 80 (dB), samochód ciężarowy, autobus, ciągnik rolniczy - 75÷80 (dB). Zmniejszenie dostępności lub zakaz poruszania na danych drogach określonych kategorii pojazdów a w szczególności pojazdów nadmiernie hałaśliwych: motocykli i samochodów ciężarowych jest metodą walki z hałasem. Dostępność można również uzależnić od zmiennych takich jak pora dnia lub tygodnia. Tabela poniżej przedstawia jak redukcja w potoku ruchu pojazdów ciężkich wpływa na obniżenie poziomu hałasu.

Tabela 13. Zależność redukcji hałasu od udziału pojazdów ciężkich w ruchu

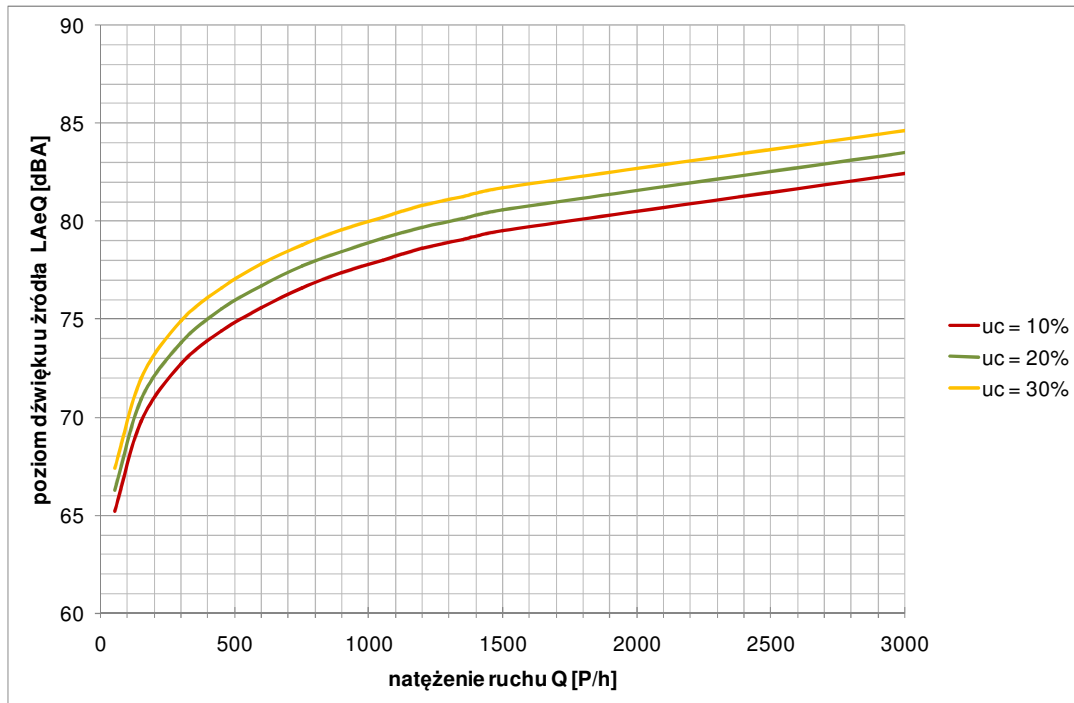
| Zmniejszenie udziału w ruchu pojazdów ciężkich | Prędkość 50 km/h | prędkość 80km/h |
|--|------------------|-----------------|
| z 5% do 0% | -0.7 dB | - 1 dB |
| z 10% do 0% | -1,4 dB | - 1,9 dB |
| z 15% do 0% | -2 dB | - 2,6 dB |

Również jazda pojazdów z nadmierną prędkością wpływa na zwiększenie emisji hałasu do otoczenia. Spowodowane jest to pracą silnika (jazda na wysokich obrotach, naprzemiennych przyspieszeniach i hamowaniach), odgłosu opon toczących po nawierzchni, jak również, w przypadku pojazdów ciężarowych, hałasu który jest spowodowany uderzaniem o siebie elementów pojazdu i ładunku. Tabela poniżej przedstawia jak znacząco zmniejszenie prędkości wpływa na emisję hałasu do otoczenia.

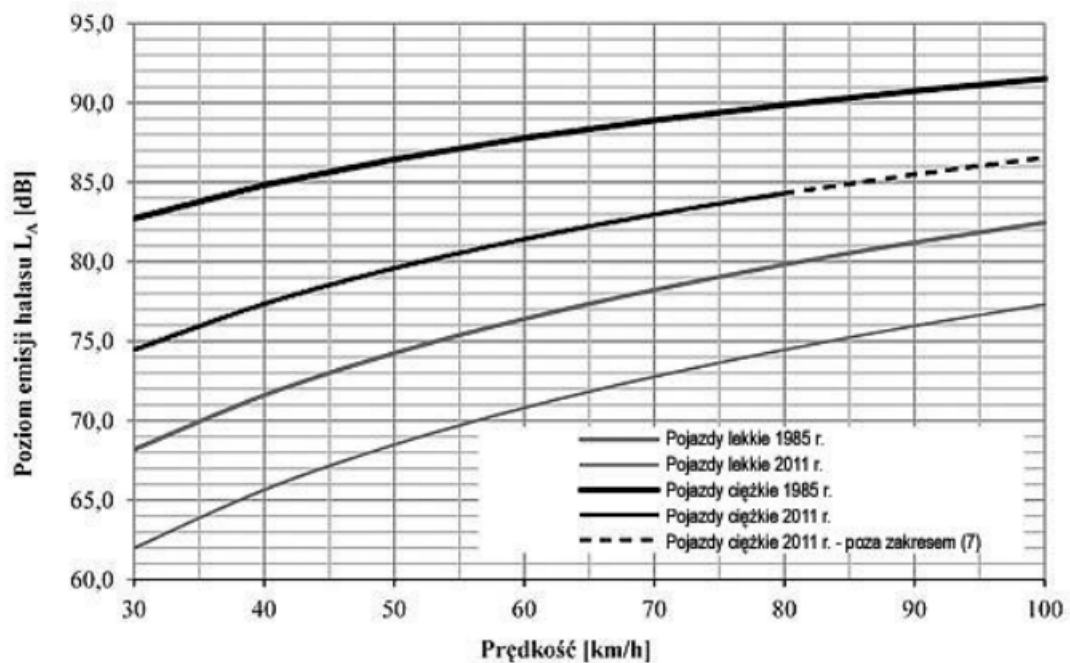
Tabela 14. Zależność redukcji hałasu od redukcji prędkości

| zmniejszenie prędkości [km/h] | 70/60 | 60/50 | 50/40 | 40/30 | 60/40 | 60/30 | 50/30 |
|-------------------------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| redukcja hałasu (dB) | poj. osobowe | 1,9 | 2,4 | 2,9 | 3,7 | 5,3 | 6,7 |
| | poj. ciężarowe | 0,7 | 0,8 | 1 | 1,2 | 1,8 | 2,2 |

Decydujący wpływ na poziom emisji hałasu mają cechy jego źródła, natomiast na poziom emisji równie istotny wpływ ma charakterystyka obszaru pomiędzy źródłem a odbiornikiem. Z punktu widzenia ochrony przed hałasem, w większości przypadków najbardziej istotną jest znajomość poziomu hałasu w pobliżu elewacji budynku.



Rys. 6 Poziom hałasu u źródła w zależności od natężenia ruchu (Q) i udziału pojazdów ciężkich (uc)



Rys. 7 Porównanie wyników badań emisji hałasu dla pojazdów lekkich i ciężkich 1985 i 2011r.[5] w

3.1. Analizy wpływu danych ruchowych na prognozę zagrożenia hałasem drogowym

W analizach uciążliwości hałasu od ruchu drogowego do określania jego poziomu u źródła (L^p_{Aeq}), przyjmuje się jako natężenie miarodajne średnie godzinowe natężenie w dwóch okresach w ciągu doby (pora dzienna w godzinach 6:00-22:00 oraz nocna 22:00-6:00). Niestety rozporządzenia [1, 2] nie podają żadnych wytycznych w jakich okresach powinno wykonywać się pomiary hałasu oraz towarzyszące im pomiary natężenia ruchu i średniej chwilowej prędkości pojazdów. Jednocześnie na mocy rozporządzenia DU Nr 140 [3] dopuszcza się pomiar poziomu hałasu z wykorzystaniem próbkowania. W metodzie tej równoważny poziom dźwięku A wyznacza się na podstawie pomiarów w reprezentatywnych przedziałach czasu ustalonych z uwzględnieniem analizy dobowego rozkładu poziomu hałasu. Brak jednak wskazań co do sposobu określania tych przedziałów (podaje się jedynie że należy dokonać grupowania przedziałów czasu, podczas których wartość równoważnych poziomów hałasu nie różnią się więcej niż 3 decybele). Liczbę pomiarów w każdym reprezentatywnym przedziale pomiarów t_k uzależniono od rozstępu R między skrajnymi wynikami pomiarów zgodnie z tabelą 15. Interwałem rejestracyjnym jest 10 minut (jeżeli $R > 7$ dB, czas pojedynczego pomiaru wydłuża się do minimum 15 minut). Oczywistym wydaje się, że czas przeprowadzania pomiarów wrywkowych (dzień tygodnia, miesiąc w roku, godziny w dobie) determinują dokładność szacowania poziomu dźwięku. Dlatego też istnieje konieczność określenia ujednoczonych procedur wyznaczania miarodajnych wartości parametrów ruchu do obliczeń L^p_{Aeq} . Brak takiej procedury powoduje duże ryzyko mało wiarygodnych ocen rzeczywistego wpływu ruchu na hałas w otoczeniu i tym samym błędy w opracowaniach takich jak analizy porównawcze, przeglądy ekologiczne czy interwencyjne pomiary hałasu związane ze skargami mieszkańców.

3.2. Baza danych

W badaniach zmienności natężeń ruchu, w różnych okresach, wykorzystano dane pochodzące z ciągłego pomiaru ruchu prowadzonego w roku 2010 na zamiejskich drogach krajowych (stacje Golden River oraz stacje zarządzane przez prywatną firmę Traxelektronik). Liczniki Marksman 660 w stacjach Golden River (GR) rejestrują dane w przedziałach godzinowych dla każdej kategorii pojazdu (wg klasyfikacji EURO-6) oraz dane o liczbie pojazdów w 14 zakresach prędkości [4]. Zakres danych zbieranych przez firmę Traxelektronik (TE) [5] obejmuje rejestrację liczby pojazdów w interwałach 10 minutowych, w podziale na dwie kategorie pojazdów (o długości do i powyżej 5 m) w 5 zakresach prędkości. Ponadto rejestruje się prędkość maksymalną i średnią na każdym z pasów. W przypadku braku kompletu danych, brakujące natężenie z jednego lub dwóch okresów dziesięciminutowych w godzinie (stacje TE), zostało uzupełnione przy wykorzystaniu tzw. „indeksowanego” pomiaru ruchu F („Factored” trafficcount według wzoru 3) i traktowane jako kompletne. Brak więcej niż dwóch okresów pomiarowych w godzinie skutkuje usunięciem całej godziny. Braki natężenia ruchu do dwóch godzin (stacje TE i GR) zostały uzupełnione (interpolacja liniowa) i traktowane jako kompletne, natomiast brak więcej niż dwóch godzin w dobie wyklucza z analizy cały dzień. W przypadku braku wymaganej liczby dni (na poziomie każdego miesiąca minimum 7 dni, przy czym reprezentowany musi być każdy z dni tygodnia) usunięto całą stację pomiarową. Ostatecznie do analiz wyselekcjonowano 27 stacje GR zgodnie z tabelą 11 oraz 10 stacji TE zgodnie z tabelą 12. Ze względu na interwał rejestracyjny, analizy dotyczące zmienności natężeń dziesięciminutowych prowadzono jedynie na danych pochodzących ze stacji TE. W tym przypadku uzupełniono dane jedynie na poziomie jednej godziny (maksymalnie z dwóch okresów pomiarowych). Ze względu na wykazane w [6] duże zróżnicowanie wartości poziomu dźwięku, wyznaczonego przy użyciu u_c w odniesieniu do doby oraz do poszczególnych okresów doby (do 3,6 dB) analizy prowadzono w przekroju drogi w podziale na pojazdy lekkie (motocykle, skutery, samochody osobowe i dostawcze, samochody osobowe z przyczepami lub o długości < 5m) i ciężkie (samochody ciężarowe bez przyczep, duże samochody dostawcze oraz małe autobusy, samochody ciężarowe z przyczepami oraz ciągniki siodłowe z naczepami, autobusy lub o długości > 5m). W przypadku analiz dotyczących wpływu terminu pomiarów wrywkowych na poziom dźwięku, ze względu na wymagania metodologiczne, w odniesieniu

do ogółu pojazdów. Z analiz, ze względu na odbiegające wartości natężeń od wartości przeciętnych (zidentyfikowane na podstawie obserwacji szeregów czasowych natężeń dobowych, godzinowych i dziesięciominutowych w roku), usunięto dni ustawowo wolne od pracy oraz bezpośrednio z nimi związane (tabela 14).

$$F = \left(\frac{n_{dostępne}}{C_n [\%]} \right) [P/h] \quad (3)$$

gdzie: $n_{dostępne}$ – rzeczywiste pomierzone natężenie ruchu w jednej godzinie (maksymalnie z 6 okresów dziesięciominutowych),
 $C_n[\%]$ – wskaźnik kompletności $n_{dostępne}$ (w przypadku braku pomiaru z 10 minut wynosi $\frac{5}{6}$, a w przypadku braku 20 minut $\frac{4}{6}$).

Tabela 15. Lokalizacja stanowisk pomiarowych Golen River (źródło: opracowanie własne na podstawie [4])

| Nr st. GR | Nr DK | Nazwa stacji | Nr st. GR | Nr DK | Nazwa stacji |
|-----------|-------|--------------|-----------|-------|--------------|
| 1 | 8 | Babino | 33 | 19 | Elizówka |
| 2 | 8 | Kumiąta | 34 | 12 | Adolfin |
| 40 | 61 | Szczuczyn | 17 | 5 | Biskupice |
| 41 | 8 | Czerwonka | 21 | 2 | Bolewicko |
| 4 | 5 | Gruczno | 27 | A2 | Sługocin |
| 5 | 1 | Miłobądz | 37 | 92 | Strzałkowo |
| 6 | 7 | Kazimierzowo | 10 | 9 | Krzyżanowice |
| 28 | 6 | Kębtowo | 12 | 2 | Bojmie |
| 29 | 20 | Miszewo | 16 | 10 | Gumowo |
| 9 | 7 | Podchojny | 23 | 7 | Łomna |
| 11 | 4 | Jasień | 31 | 17 | Anielinek |
| 13 | 52 | Kęty | 26 | 3 | Lubin |
| 14 | 2 | Sławacinek | 22 | 3 | Marwice |
| 15 | 12 | Barak | | | |

Tabela 16. Lokalizacja stanowisk pomiarowych firmy Traxelektronik

| Nr st. TE | Nr DK | Nazwa stacji | Nr st. GR | Nr DK | Nazwa stacji |
|-----------|-------|----------------|-----------|-------|----------------|
| TE1 | 2 | Biała Podlaska | TE29 | 79 | Przemków |
| TE6 | 79 | Dulowa | TE31 | 22 | Rychnowy |
| TE13 | 79 | Hebdów | TE38 | 20 | Wieżyca |
| TE14 | 17 | Izbica | TE39 | 75 | Witowice Dolne |
| TE28 | 79 | Pobiednik | TE41 | 20 | Wołcza Mała |

Tab. 17. Wykaz dni ustawowo wolnych od pracy oraz bezpośrednio z nimi związanych w 2010 roku

| Dni ustawowo wolnych od pracy w 2010 roku | dni ustawowo wolne od pracy | cały "okres" dni wolnych od pracy |
|---|-----------------------------|-----------------------------------|
| Nowy Rok | 01.01. | 01.01 - 03.01. |
| pierwszy dzień Wielkiej Nocy | 04.04. | 02.04 - 06.04. |
| drugi dzień Wielkiej Nocy | 05.04. | |
| Święto Państwowe | 01.05. | 30.04. - 04.05. |
| Święto Narodowe Trzeciego Maja | 03.05. | |
| pierwszy dzień Zielonych Świątek | 23.05. | 21.05. - 24.05. |
| dzień Bożego Ciała | 03.06. | 02.06. - 07.06. |

| | | |
|--|--------|-----------------|
| Wniebowzięcie Najświętszej Maryi Panny | 15.08. | 13.08. - 16.08. |
| Wszystkich Świętych | 01.11. | 29.10. - 02.11. |
| Narodowe Święto Niepodległości | 11.11. | 10.11. - 15.11. |
| pierwszy dzień Bożego Narodzenia | 25.12. | 24.12. - 31.12. |
| drugi dzień Bożego Narodzenia | 26.12. | |

3.3. Określenie okresów o najmniejszej zmienności ruchu w roku i dobie

W celu określenia okresów o najmniejszej zmienności natężenia ruchu w roku i dobie, wyznaczono współczynnik zmienności natężeń: dobowych w miesiącach w roku i dniach w tygodniu, godzinowych w dobie oraz natężeń 10 minutowych w miesiącach w roku, dniach w tygodniu i godzinach w dobie (w podziale na porę dnia i nocy) - ε (wzór 4) wraz z rankingiem. W przypadku natężeń 10 minutowych ze względu na zdecydowanie większe zróżnicowanie tych natężeń w stosunku do natężeń dobowych analizy zmienności rocznej prowadzono najpierw oddzielnie dla każdego z dni tygodnia w każdym z miesięcy a następnie łącznie dla wszystkich dni tygodnia w danym miesiącu (pozwoliło to na stłumienie wartości odstających). Pora dnia odpowiada godzinom 6:00 – 22:00 natomiast nocy 22:00 – 6:00 przy czym okres nocy był wyznaczony jako następujące po sobie godziny a nie jako przypisane godziny do danego dnia tygodnia. W przypadku zmienności natężeń godzinowych w dobie, w celu ujednoczenia danych analizy prowadzono w odniesieniu do udziałów natężeń poszczególnych godzin w natężeniu dobowym (Q_d).

$$\varepsilon = \left(\frac{\sigma}{\bar{y}}\right) \times 100 [\%] \quad (4)$$

gdzie: ε – współczynnik zmienności badanej cechy ruchu,
 σ – odchylenie standardowe badanej cechy ruchu (natężenie dobowe, natężenie dziesięciominutowe lub udział natężenia godzinowego w dobie),
 \bar{y} – wartość przeciętna badanej cechy ruchu (średnie natężenie dobowe lub dziesięciominutowe danego dnia tygodnia/miesiąca w roku, średnia wartość udziału natężenia danej godziny w natężeniu dobowym w odniesieniu do danego dnia tygodnia lub średnie natężenie dziesięciominutowe w danej porze dnia w odniesieniu do danego dnia tygodnia).

W przypadku dni tygodnia liczba 7 odpowiada dnu z największą wielkością ε a 1 z najmniejszą, w przypadku miesięcy liczba 12 odpowiada miesiącowi z największą wielkością ε a 1 z najmniejszą, w przypadku godzin w dobie liczba 24 odpowiada godzinie z największą wielkością ε a 1 z najmniejszą. W przypadku natężeń dziesięciominutowych liczba 96 i 48 odpowiada okresowi z największą wielkością ε odpowiednio w okresie dnia i nocy a 1 z najmniejszą. Uzyskane wyniki przedstawiono na rysunkach 6 - 12 (w przypadku godzin w dobie oraz okresów dziesięciominutowych w danej porze dnia na przykładzie środy).

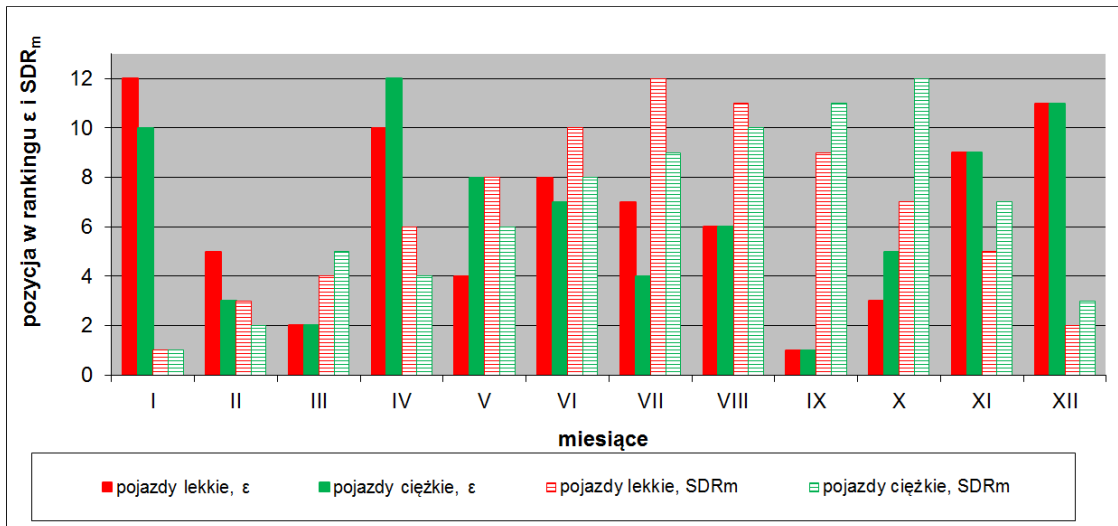
Na rysunkach 8 – 14 przedstawiono wartość współczynnika zmienności ε badanej cechy ruchu (zmienność w okresie miesiąca, tygodnia dobie etc.).

SDR_d - średnie natężenie dobowe dla poszczególnych dni tygodnia,

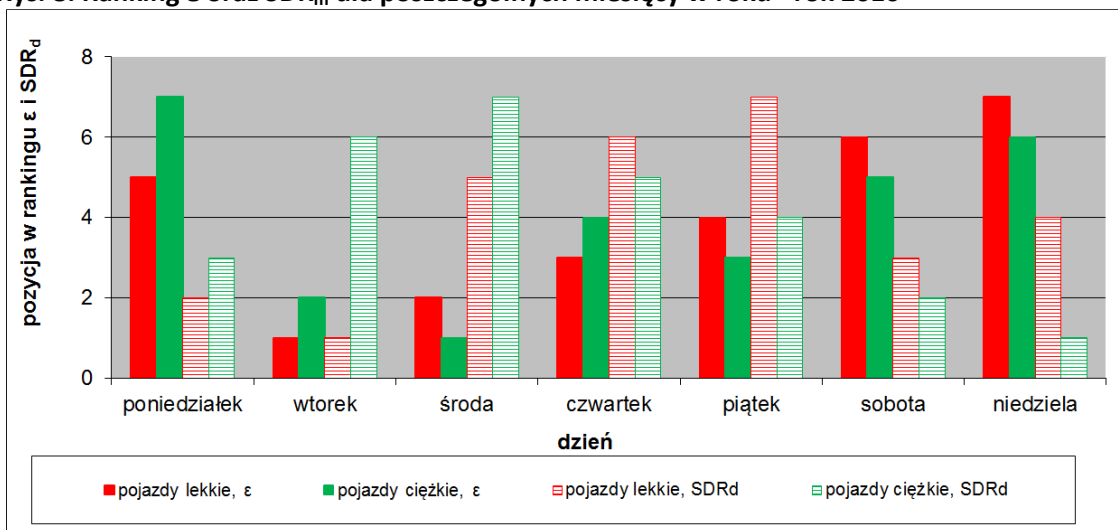
SDR_m - średnie natężenie dobowe dla poszczególnych miesięcy w roku,

Q_d - średnie natężenie dobowe dla poszczególnych godzin w dobie,

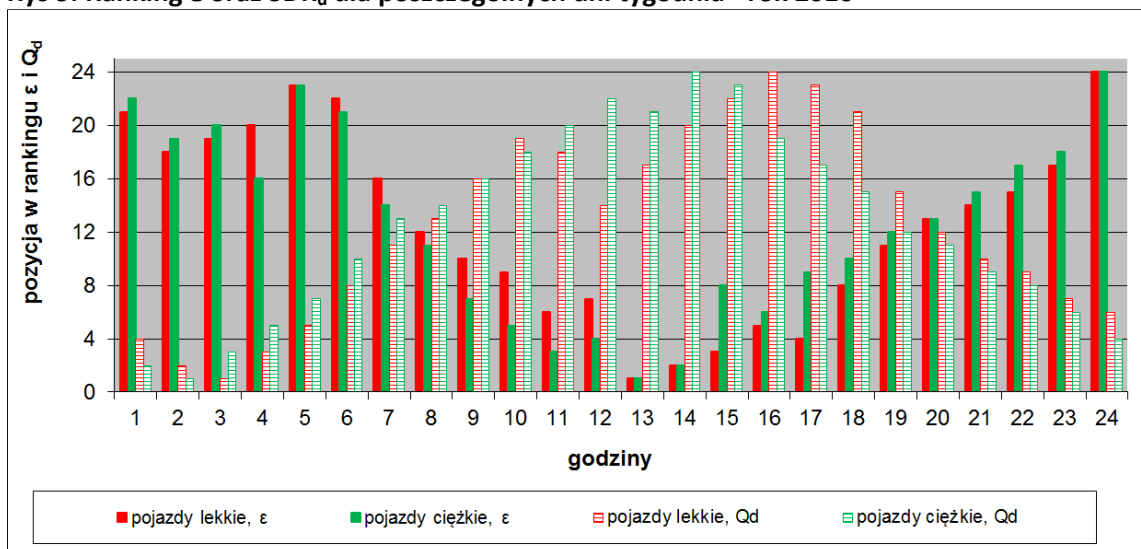
Q₁₀ - średnie natężenie dobowe dla poszczególnych natężeń dziesięciominutowych w okresie dnia i nocy



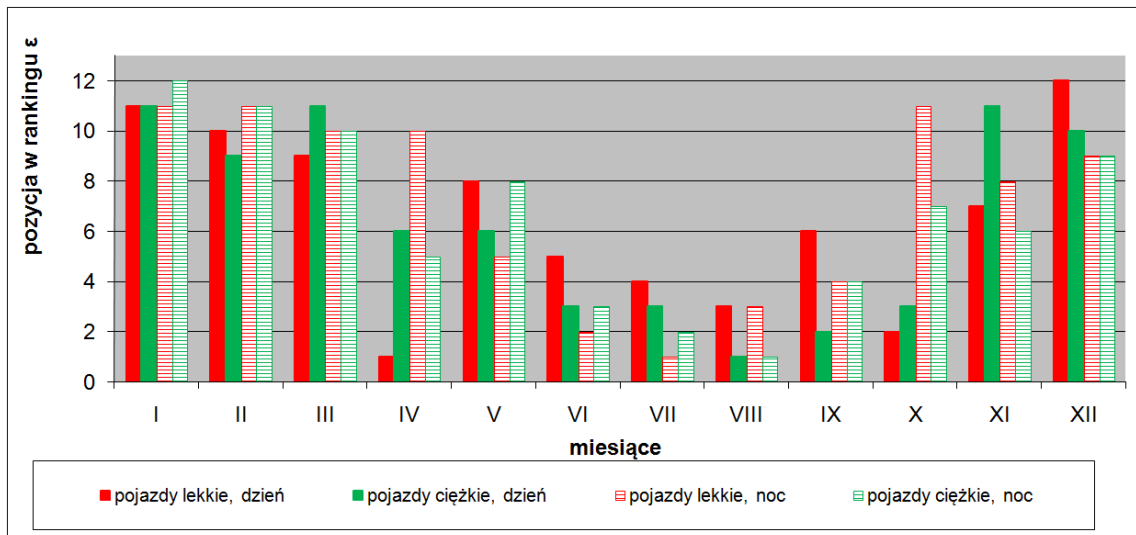
Rys. 8. Ranking ϵ oraz SDR_m dla poszczególnych miesięcy w roku - rok 2010



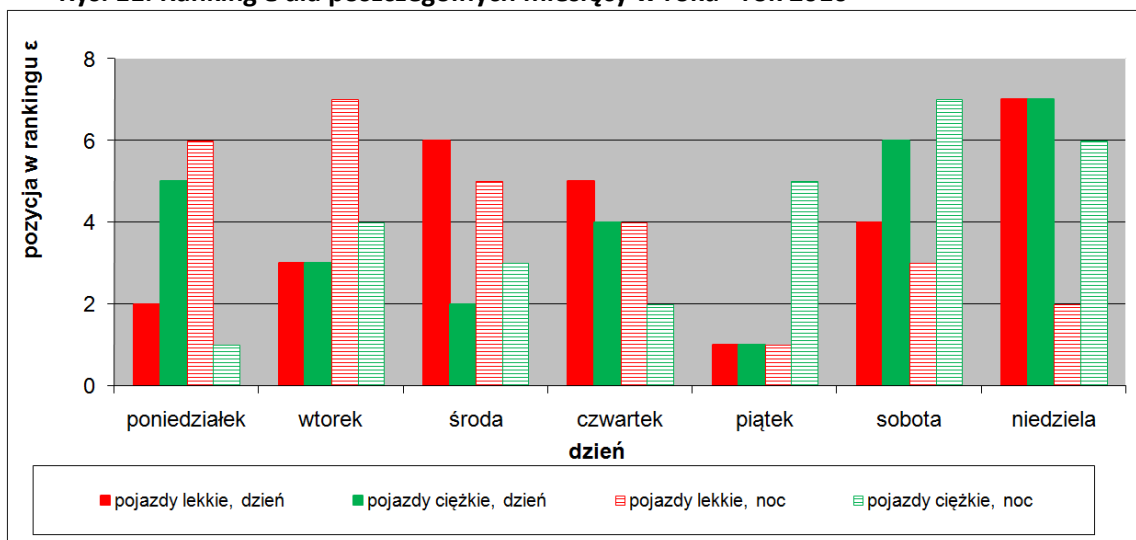
Rys 9. Ranking ϵ oraz SDR_d dla poszczególnych dni tygodnia - rok 2010



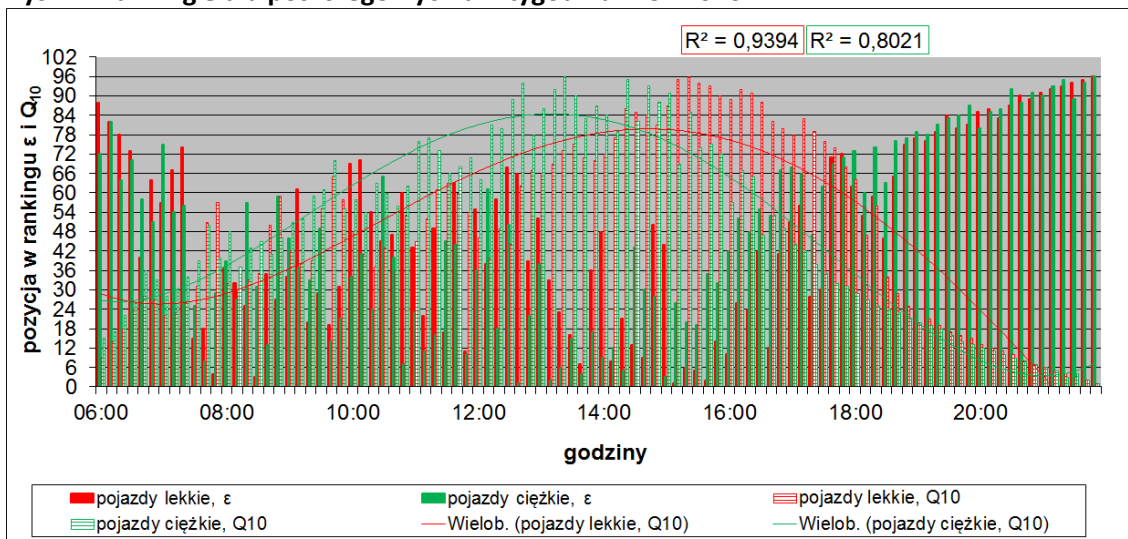
Rys. 10. Ranking ϵ oraz Q_d dla poszczególnych godzin w dobie - środa - rok 2010



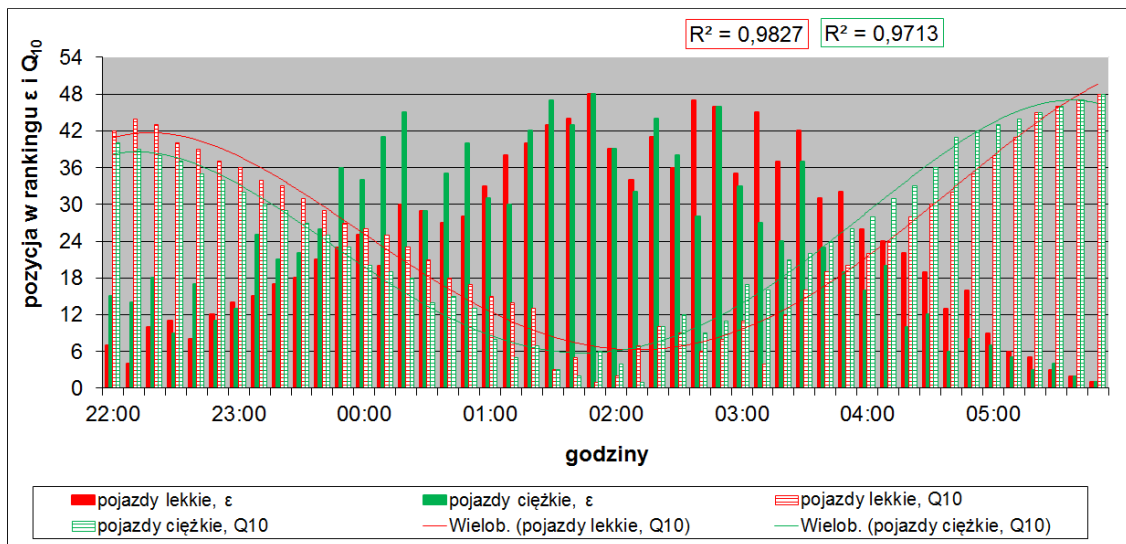
Rys. 11. Ranking ε dla poszczególnych miesięcy w roku - rok 2010



Rys 12. Ranking ε dla poszczególnych dni tygodnia - rok 2010



Rys 13. Ranking ε dla natężeń 10 minutowych - rok 2010



Rys 14. Ranking ϵ dla natężeń 10 minutowych - rok 2010

Jak widać wartość współczynnika zmienności ϵ badanej cechy ruchu, zależy w dużym stopniu od struktury rodzajowej, interwału natężenia ruchu oraz pory dnia. W odniesieniu do poszczególnych dni tygodni uzyskano współczynniki zmienności ϵ (rysunek 11 i 12):

dla całego roku, w odniesieniu do średniego natężenia dobowego danego dnia tygodnia

- w odniesieniu do pojazdów lekkich: najmniejszy dla okresu od wtorku do czwartku; największy dla soboty i niedzieli,
- w odniesieniu do pojazdów ciężkich: najmniejszy dla wtorku, środy i piątku; największy dla poniedziałku i niedzieli,

dla całego roku, jako wartość średnia w odniesieniu do średniego natężenia dziesięciominutowego danego dnia tygodnia

- w odniesieniu do pojazdów lekkich: dzień - najmniejszy dla poniedziałku, wtorku i piątku; największy dla środy i niedzieli; noc - najmniejszy dla okresu od piątku do niedzieli; największy dla poniedziałku i wtorku,
- w odniesieniu do pojazdów ciężkich: dzień - najmniejszy dla wtorku, środy i piątku; największy dla soboty i niedzieli; noc - najmniejszy dla poniedziałku, środy i czwartku; największy dla soboty i niedzieli.

W odniesieniu do poszczególnych miesięcy w roku uzyskano współczynniki zmienności ϵ (rysunek 11 i 12):

dla całego roku, względem średniego natężenia dobowego danego miesiąca w roku

- w przypadku pojazdów lekkich: najmniejszy dla miesięcy III, V, IX, X; największy dla I, IV, XII,
- w przypadku pojazdów ciężkich: najmniejszy dla miesięcy II, III, VII, IX; największy dla I, IV, XII,

dla całego roku, jako wartość średnia w odniesieniu do średniego natężenia dziesięciominutowego danego miesiąca w roku

- w przypadku pojazdów lekkich: dzień - najmniejszy dla miesięcy IV* (uwaga: w 2010 roku w kwietniu 10 dni zostało usuniętych z analiz ze względu na nietypowe zmienności natężeń wynikające ze świąt – zgodnie z tab. 3 oraz bardzo mało dni pomiarowych – wynik niepewny), VI - X; największy dla I - III, XII; noc - najmniejszy dla miesięcy V - IX; największy dla I, II i , X,
- w przypadku pojazdów ciężkich: dzień - najmniejszy dla miesięcy VI - X; największy dla I, III, XI, XII; noc – najmniejszy dla miesięcy IV*, VI - IX, XI; największy dla I - III.

W odniesieniu do poszczególnych godzin w dobie uzyskano współczynniki zmienności ϵ (dla całego roku, względem średniej wartości udziału danej godziny w dobie w odniesieniu do

danego dnia tygodnia) – rysunek 10: we wszystkich przypadkach najmniejszy w godzinach 9:00-18:00, a największy w godzinach 23:00-6:00.

W odniesieniu do poszczególnych okresów dziesięciominutowych w dniu lub nocy uzyskano współczynnik zmienności ε (dla całego roku, względem średniego natężenia 10- minutowego w danej porze dnia w odniesieniu do danego dnia tygodnia) – rysunek 13 i 14:

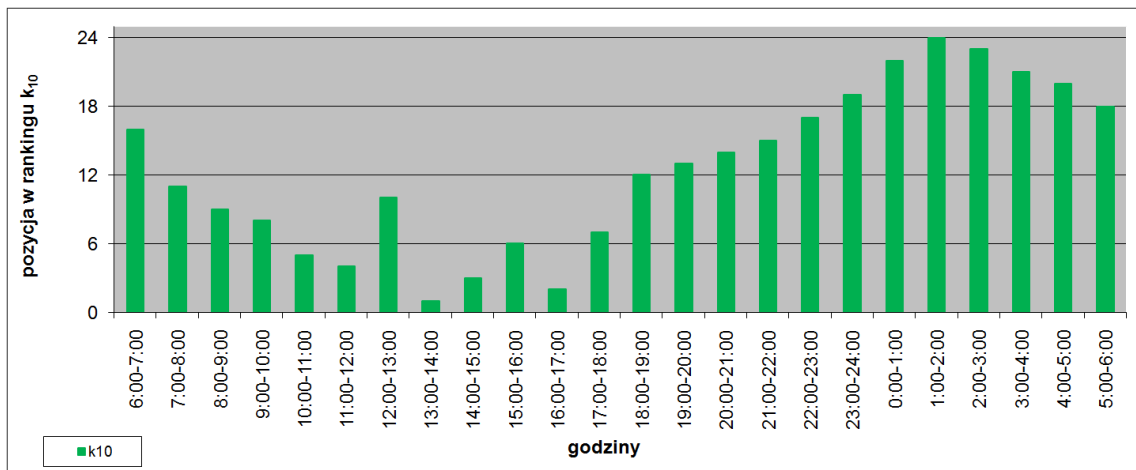
- w odniesieniu do pojazdów lekkich: dzień - najmniejszy w godzinach 7:30 – 10:00, 12:50 – 17:40; największy w godzinach 6:00 – 7:30 i 17:40 – 22:00; noc najmniejszy w godzinach 22:00 – 0:00, 4:30 – 6:00; największy w godzinach 0:00 – 4:00,
- w odniesieniu do pojazdów ciężkich: dzień – najmniejszy w godzinach 7:30 – 16:00; największy w godzinach 6:00 – 7:10, 16:50 – 22:00; noc – najmniejszy w godzinach 22:00 – 23:30, 3:50 – 6:00; największy w godzinach 23:50 – 3:10.

* uwaga: w 2010 roku w kwietniu 10 dni zostało usuniętych z analiz ze względu na nietypowe zmienności natężeń ruchu wynikające z dni ustawowo wolnych od pracy oraz bezpośrednio z nimi związanymi (zgodnie z tab. 14) a także z dodatkowymi dniami wolnymi wynikającymi z żałoby narodowej po katastrofie polskiego Tu-154 w Smoleńsku. W związku z tym uzyskane wyniki, często odnoszą się do pojedynczych dni tygodnia i przez to są niepewne.

W celu uzupełnienia charakterystyk ruchu wyznaczono ranking dla wskaźnika zmienności ruchu wewnątrz godziny (ogół pojazdów), wyrażoną wskaźnikiem k_{10} (wzór 5). Liczba 24 odpowiada godzinie z najmniejszą wartością k_{10} a 1 z największą (najbliższą jedności). Na rysunku 15 przedstawiono uzyskane wyniki. Najmniejsze zróżnicowanie natężeń w ciągu godziny uzyskano: okres dnia w godzinach 10:00 – 12:00 i 13:00 – 17:00; okres nocy w godzinach 22:00 – 24:00 i 5:00 – 6:00 a największe odpowiednio w godzinach 6:00 – 8:00 i 18:00 – 22:00 oraz 0:00 – 3:00.

$$k_{10} = \frac{Q_g}{4 \times q_{10}^{\max}} \quad [-] \quad (5)$$

gdzie: k_{10} – wskaźnik zmienności ruchu w godzinie, Q_g – natężenie ruchu w rozważanej godzinie [P/h], q_{10}^{\max} – natężenie dziesięciominutowe z rozważanej godziny o największej wartości [P/10 min].



Rys 15. Ranking k_{10} - rok 2010

3.4. Określenie okresów o największych natężeniach ruchu w roku

W celu sprawdzenia jak wielkość natężenia ruchu wpływa na jego zróżnicowanie, wykonano analogiczny jak dla współczynnika zmienności, ranking dla średnich natężeń dobowych dla poszczególnych dni tygodnia (SDR_d – rysunek 9) i miesięcy w roku (SDR_m – rysunek 8), godzin w dobie (Q_d – rysunek 10) oraz natężeń dziesięciominutowych w okresie dnia i nocy (Q_{10} – rysunek 13 i 14). W przypadku natężeń dziesięciominutowych w celu łatwiejszej interpretacji wyników do wykresów dodano linię trendu (wielomian stopnia 4) wraz ze współczynnikiem determinacji R^2 . Uzyskane wyniki przedstawiono na rysunkach 10 -12 oraz

15 i 17. Dla pojazdów lekkich największe wartości natężeń uzyskano dla okresu od środy do piątku w miesiącach V – X a najmniejsze dla poniedziałku, wtorku i soboty w miesiącach I – III i XII. Dla pojazdów ciężkich największe wartości natężeń uzyskano dla okresu od wtorku do czwartku w miesiącach VI – X a najmniejsze dla okresu od soboty do poniedziałku w miesiącach I, II, IV i XII. W przypadku poszczególnych godzin w dobie we wszystkich przypadkach największe wartości natężeń uzyskano w godzinach 8:00-18:00, a najmniejsze 22:00-5:00. W przypadku natężeń dziesięciominutowych, dla pory dnia pojazdów lekkich największe wartości natężeń uzyskano w godzinach 12:00 – 18:30 a najmniejsze 6:00 do 8:00 i 18:30 do 22:00 natomiast dla pojazdów ciężkich największe w godzinach 10:00 – 17:00 a najmniejsze 6:00 – 8:00 i 17:00 - 22:00. W przypadku pory nocnej zarówno dla pojazdów lekkich jak i ciężkich największe wartości natężeń uzyskano w godzinach 22:00 – 00:00 i 4:30 – 6:00 a najmniejsze 00:30 – 3:00.

Wynika z tego, że w przypadku zmienności dziesięciominutowej, największe wielkości natężeń ruchu pokrywają się z okresami o najmniejszym zróżnicowaniu (najmniejsza wartość ϵ), a najmniejsze wartości odpowiadają okresom o największym zróżnicowaniu (największa wartość ϵ). Można zatem wnioskować, że wielkość natężeń ruchu ma wpływ na wybór optymalnego okresu pomiarowego. W przypadku zmienności dobowej i godzinowej zależność ta jest mniej wyraźna.

Dodatkowo, w celu określenia dnia tygodnia i miesiąca w roku o średnim dobowym natężeniu najbardziej zbliżonym do SDR, wyznaczono MAPE zgodności wartości SDR i SDR_d oraz SDR i SDR_m (analizy prowadzono w przekroju drogi dla ogółu pojazdów oraz pojazdów ciężkich). Najbardziej zbliżone do SDR wartości średnich natężeń dobowych uzyskano w przypadku: dni tygodnia dla ogółu pojazdów w poniedziałek - czwartek, dla pojazdów ciężkich w poniedziałek, czwartek i piątek, dla miesięcy w roku zarówno dla ogółu pojazdów jak i pojazdów ciężkich w III – V i XI. Najbardziej odbiegające od SDR wartości średnich natężeń dobowych uzyskano w przypadku: dni tygodnia dla ogółu pojazdów w piątek i niedzielę, dla pojazdów ciężkich w sobotę i niedzielę, dla miesięcy w roku dla ogółu pojazdów w I, VII, VIII, dla pojazdów ciężkich w I, II i X.

3.5. Wpływ terminu wykonywania pomiarów wrywkowych na poziom dźwięku

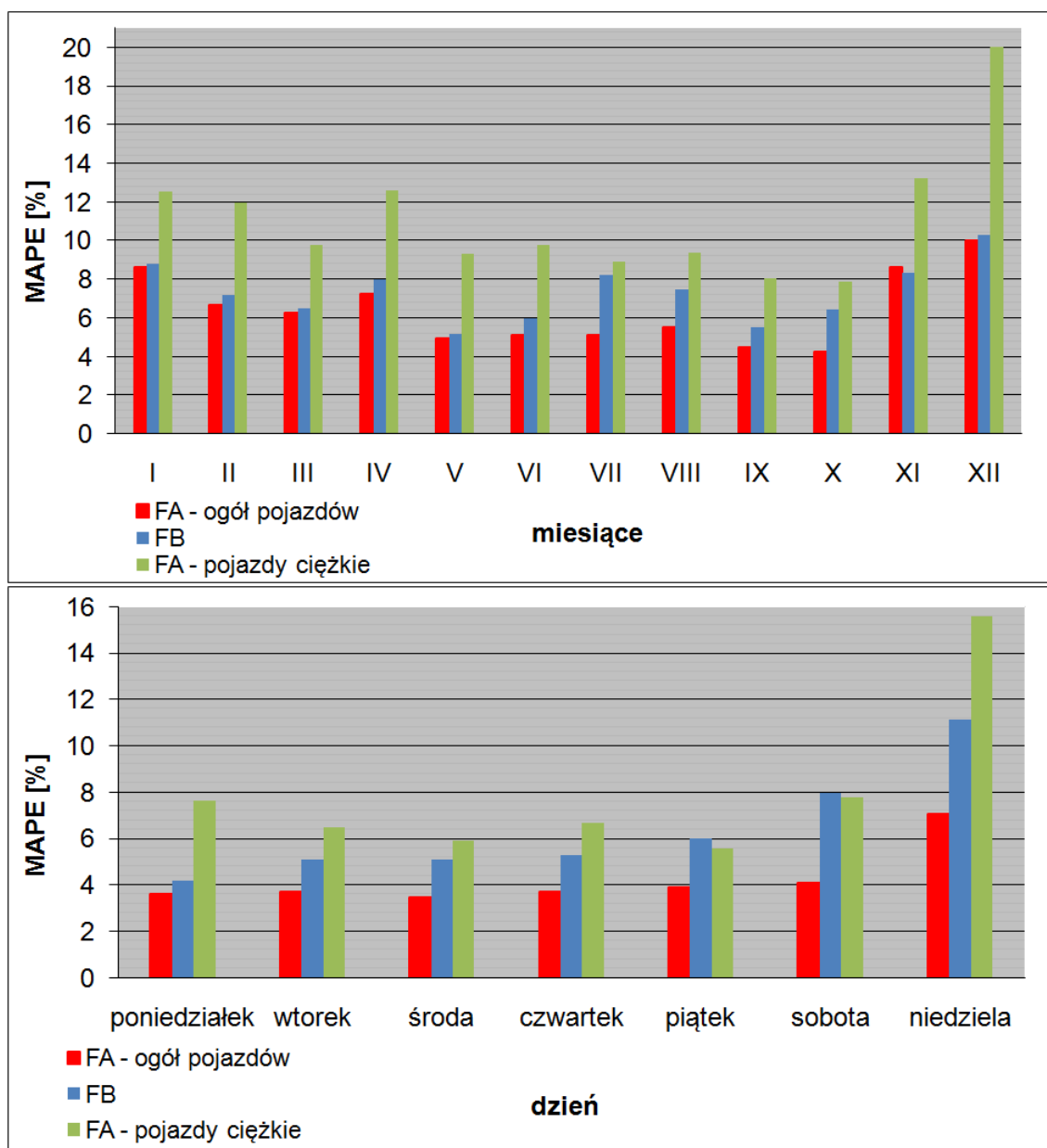
W praktyce, dla potrzeb analiz akustycznych podstawowy poziom hałasu drogowego w punkcie odniesienia (L^p_{Aeq}) oblicza się w oparciu o SDR. Przy takim podejściu uzyskuje się niewielkie możliwe przekroczenia norm hałasu w ciągu określonych godzin w analizowanej dobie w stosunku do możliwych przy wyznaczaniu L^p_{Aeq} na podstawie wybranego dnia i miesiąca w roku [6]. W związku z tym zakres pomiarów wrywkowych powinien być tak dobrany aby umożliwić jak najdokładniejsze jego szacowanie. Dlatego też w pierwszej kolejności przeprowadzono analizy wpływu terminu wykonywania pomiarów wrywkowych na dokładność szacowania SDR. Przeliczeń natężeń dobowych (Q_d) na SDR wykonano według wzoru 6. Jako wskaźniki przeliczeniowe sezonowych i tygodniowych wahań ruchu natężenia ruchu przyjęto:

1. wskaźniki powiązane z cechami dróg i ich otoczenia określone przez M. Sptawińska w opracowaniu [7] – metoda FA,
2. wskaźniki zamieszczone w opracowaniu Ruch Drogowy – metoda FB.

Analizy prowadzono w odniesieniu do ogółu pojazdów oraz w przypadku metody FA także w odniesieniu do pojazdów ciężkich (brak wskaźników przeliczeniowych dla metody FB) w 20 okresach tj. dla całego roku, dla każdego z miesięcy i dla miesiąca o największej dokładności szacowania SDR w każdym z dni tygodnia (najmniejsza średnia różnica w stosunku do wartości SDR wyznaczonej ze wszystkich dni w roku). Uzyskane wyniki przedstawiono na rysunku 16. Jak widać okres analizy wpływa na dokładność szacowania SDR oraz że wpływ ten jest różny w zależności od rodzaju pojazdów. Największą dokładność uzyskano dla miesięcy maj – październik (najlepszy IX – X) oraz dni tygodnia odpowiednio: ogół pojazdów - poniedziałek – czwartek (najlepsza środa); pojazdy ciężkie – wtorek – piątek (najlepszy piątek).

$$SDR = \frac{Q_d}{W_i \times W_j} \text{ [P/d]} \quad (6)$$

gdzie: W_i – wskaźnik danego dnia tygodnia wyraża udział w średnim dobowym ruchu w roku średniego dobowego natężenia danego dnia tygodnia (np. poniedziałku),
 W_j – wskaźnik danego miesiąca wyraża udział w średnim dobowym ruchu w roku średniego dobowego natężenia danego miesiąca (np. stycznia),
 Q_d – wartość natężenia dobowego [P/d].



Rys. 16. Średni bezwzględny błąd procentowy (MAPE) szacowania SDR, w zależności od okresu pomiarów

W kolejnym kroku przeprowadzono analizy wpływu terminu wykonywania pomiaru metodą próbkowania (zgodnie z DU Nr 140 [3]) na poziom dźwięku. W celu określenia najniekorzystniejszego przypadku, analizy prowadzono w dwóch wariantach tj. wyselekcjonowanie m okresów dziesięciminutowych (Q_{10}) dających najmniejsze wartości poziomu dźwięku L_{Aki} (zgodnie z opisem pod wzorem 7) w godzinie oraz największe. Przy takim

podejściu można uzyskać wartości najbardziej odbiegające od wartości średniej i jednocześnie najmniej zróżnicowane w reprezentatywnym przedziale czasu (najmniejszy rozstęp między skrajnymi wynikami). Analizy ograniczono do dni poniedziałek – piątek (od 6:00 w poniedziałek do 6:00 w sobotę) i miesięcy V – X (pozostałe dni i miesiące zgodnie ze wcześniejszymi ustaleniami są niekorzystnym okresem przeprowadzania pomiarów ruchu). Ponieważ wartości równoważnych poziomów hałasu w kilku sąsiednich godzinach (w zdecydowanej większości przypadków), nie różni się o więcej niż 3 dB analizy prowadzono w odniesieniu do jednego reprezentatywnego przedziału czasu. Ponadto, w większości analiz uzyskano dla okresu dnia rozstęp R między skrajnymi wynikami pomiarów mniejszy od dwóch a dla okresu nocy od czterech, dlatego też liczbę pomiarów m przyjęto odpowiednio jako 3 i 4 (zgodnie z tab. 15). Do wyznaczenia podstawowego poziomu hałasu drogowego w punkcie odniesienia (L_{Aeq}^p) wykorzystano metodę Radosza (wzór 6), która wykazuje zbieżność z obecnie stosowanymi metodami obliczeniowymi takimi jak NMPB czy RLS90. W celu uniknięcia nakładania się różnych wpływów pominięto wpływ poprawki ΔL_{Aeq}^i . Pozostałe wartości przyjęto zgodnie z rzeczywistością (jako wartości średnie odpowiednio dla okresu dnia i nocy). Na rysunku 15 przedstawiono, przykładowo dla stacji TE1, uzyskaną wartość L_{Aeq}^p w dniach tygodnia od poniedziałku do piątku w miesiącach VI – VIII oraz średnią wartość L_{Aeqtk} uzyskaną z pomiaru metodą próbkowania (w grupie największych i najmniejszych możliwych wartości L_{Aki} w godzinie).

$$L_{Aeqtk} = 10 \log \left[\frac{1}{m} \sum 10^{0,1 L_{Aki}} \right] [dB] \quad (7)$$

gdzie:

- L_{Aeqtk} – średnia wartość poziomu dźwięku A w reprezentatywnym przedziale czasu t_k ,
- L_{Aki} – wartość poziomu dźwięku zmierzonego w reprezentatywnym przedziale czasu t_k , w decybelach [dB]. Ze względu na brak pomiarów rzeczywistych L_{Aki} wyznaczono na podstawie wzoru 8, w którym jako Q przyjęto wartość natężenia dziesięciominutowego przemnożonego przez wartość 6 (przejście na natężenie godzinowe). W celu uniknięcia nakładania się różnych wpływów, jako v przyjęto wartość średnią w interwale dziesięciominutowym uśrednioną dla danego dnia tygodnia w danym miesiącu oraz pominięto wpływ poprawki ΔL_{Aeq}^i .
- m – liczba pomiarów poziomów hałasu w reprezentatywnym przedziale czasu t_k .

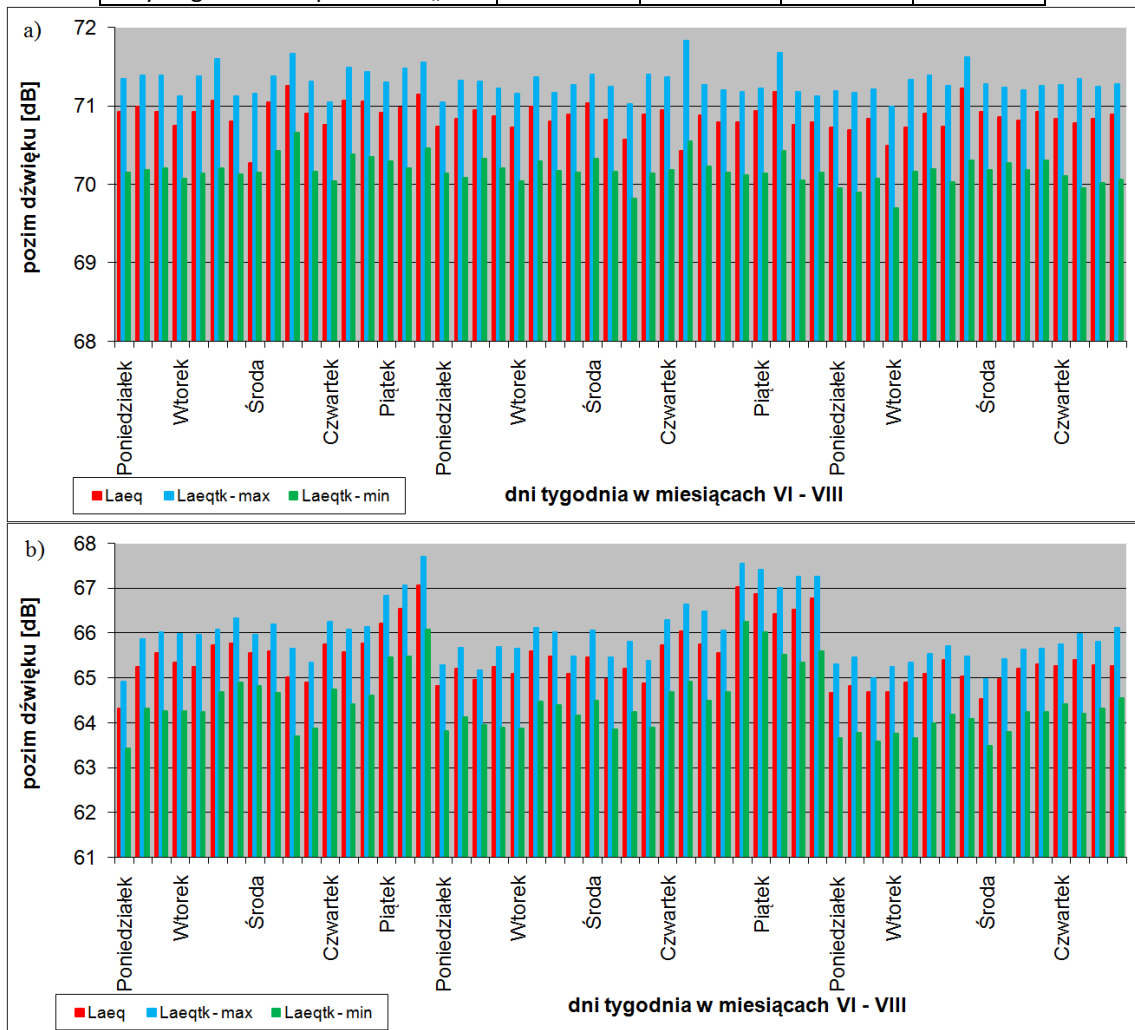
$$L_{Aeq}^p = 9,7 \log Q + 4,2 \log v + 0,1 \log u_c + 33,4 + \sum \Delta L_{Aeq}^i [dB] \quad (8)$$

gdzie:

- L_{Aeq}^p – podstawowy poziom hałasu drogowego w punkcie odniesienia, tj. w odległości $d=10$ m od krawędzi jezdni i na wysokości $H = 1,2$ m ($p = D$ odnosi się do pory dnia - godziny 6:00 – 22:00 natomiast $p = N$ do pory nocy - godziny 22:00-6:00),
- Q – natężenie ruchu w obu kierunkach [P/h],
- v – chwilowa prędkość średnia [km/h],
- u_c – udział pojazdów ciężkich [%],
- ΔL_{Aeq}^i – poprawki wynikające z dodatkowych wpływów między innymi: odległość od krawędzi jezdni, pokrycie terenu.

Tab. 15. Liczba „m” wymaganych pomiarów hałasu w reprezentatywnym czasie, w zależności od rozstępu między skrajnymi wynikami pomiarów [3]

| Rozstęp R w dB | $0 \leq R \leq 2$ | $2 < R \leq 4$ | $4 < R \leq 6$ | $6 < R \leq 7$ |
|------------------------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|
| Wymagana liczba pomiarów „m” | 3 | 4 | 5 | 6 |



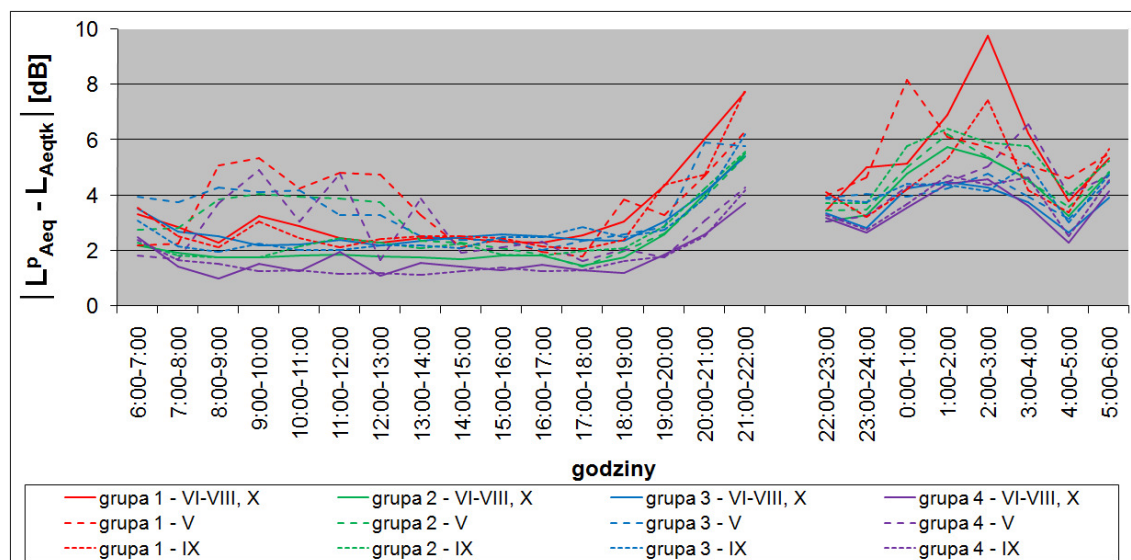
Rys. 17. Poziom dźwięku L_{Aeq}^P i średnia wartość L_{Aeqtk} w porze a) dnia, b) nocy

W celu określenia wpływu zmienności natężeń Q_{10} na rozprzestrzenianie się dźwięku, uzyskane wartości L_{Aeqtk} porównano z wartościami L_{Aeq}^P (wyznaczonymi na podstawie pomiarów dobowych) i wyznaczono ich bezwzględną różnicę (im mniejsza różnica tym większa dokładność szacunków poziomu dźwięku na podstawie pomiarów wyrwykowych). Największa z wartości dla każdego z dnia tygodnia (przy kilku reprezentantach np. poniedziałku, przy uwzględnieniu zbiorów z największymi wartościami L_{Aki} i najmniejszymi) w danym miesiącu, posłużyła do dalszych analiz. Ze względu na zbliżone wielkości różnic w dniach od poniedziałku do piątku, połączono je poprzez uśrednienie a także miesiące VI – VIII i X (jedynie w przypadku VIII, ze względu na zdecydowanie odstające wartości, z analiz usunięto piątki). W toku dalszych analiz ze względu na podobieństwo różnic na odcinkach dróg charakteryzujących się zbliżonymi wartościami natężeń ruchu, podzielono dane ze względu na wielkość SDR ($SDR \leq 5000$ P/d - grupa 1; $5000 < SDR \leq 10000$ P/d - grupa 2; $SDR > 10000$ P/d - grupa 4). Podejście to jest zgodne z przesłankami literaturowymi [7, 9, 10]. Ponadto w grupie dróg o wielkości SDR w zakresie 5000 – 10000 P/d wydzielono drogi o bardzo dużym udziale pojazdów ciężkich w miesiącach VI - X (około 50% - grupa 3). Ponieważ do grupy dróg o $SDR > 10000$ P/d należy tylko jedna stacja (zgodnie z tab. 16) zdecydowano się dołożyć dane pochodzące ze stacji TE8 (DK 7, Głogoczków) z VIII i IX – brak wiarygodnych danych z pozostałego okresu. Uzyskane wyniki

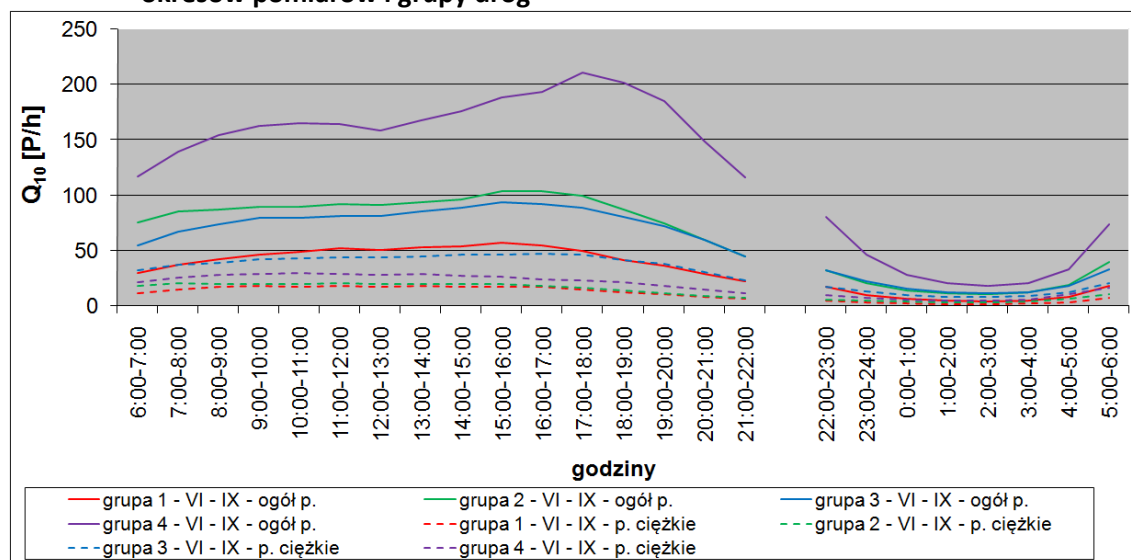
przedstawiono na rysunku 18 (na rysunku 19 przedstawiono dodatkowo średnią wartość Q_{10} w godzinie w poszczególnych grupach dróg).

Tab. 16. Średni Dobowy Ruch w roku 2010 [P/d] - ogół pojazdów

| Nr st. | TE1 | TE6 | TE13 | TE14 | TE28 | TE29 | TE31 | TE38 | TE39 | TE41 | TE8 |
|----------------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|-------|
| SDR | 6775 | 8240 | 6647 | 8400 | 12432 | 5734 | 9294 | 8187 | 7931 | 3856 | 17683 |
| u_c [%]dzień | 21,9 | 18,2 | 51,8 | 40,5 | 16,0 | 44,4 | 51,2 | 10,4 | 14,7 | 30,4 | 9,7 |
| u_c [%] noc | 24,5 | 23,9 | 55,5 | 52,2 | 21,4 | 43,6 | 62,1 | 16,4 | 22,9 | 38,9 | 17,2 |
| Nr grupy | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 4 |



Rys. 18. Średnia bezwzględna różnica pomiędzy wartością L^P i L_{Aeqtkr} w zależności od okresów pomiarów i grupy dróg



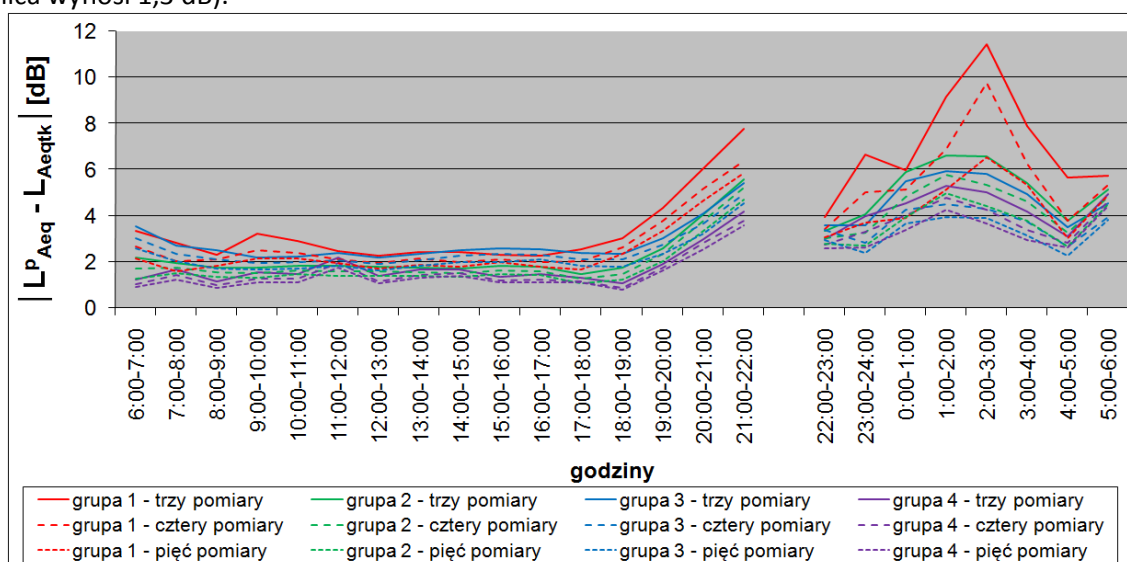
Rys. 19. Średnia wartość natężeń dziesięciminutowych w godzinie w danej grupie dróg w miesiącach VI – IX (ogół pojazdów, pojazdy ciężkie)

Z przeprowadzonych analiz wynika, że okres analizy wpływa na dokładność szacowania poziomu dźwięku oraz że wpływ ten jest różny w zależności od wielkości natężeń ruchu oraz udziału pojazdów ciężkich. Największą dokładność uzyskano dla miesięcy czerwiec – sierpień i październik, odpowiednio: okres dnia - w godzinach 13:00 – 17:00; okres nocy – w godzinach 22:00 – 24:00 i 4:00 – 5:00. Przy uwzględnieniu grup dróg w obu wariantach, największą dokładność uzyskano dla dróg charakteryzujących się wartością SDR > 10000 P/d (średnia wartość Q_{10} dla okresu dnia to 170P/h i 40P/h dla nocy) a najmniejszą dla dróg o SDR ≤ 5000

P/d (średnia wartość Q_{10} dla okresu dnia to 45P/h i 10P/h dla nocy). Różnica dla miesięcy VI – VIII i X, wynosi od 0,4 do 4,0 dB w przypadku dnia oraz od 0,3 do 5,2 dB dla nocy.

3.6. Wpływ długości pomiarów wyrwykowych na poziom dźwięku

Analizy polegające na określenie wpływu liczby pomiarów m na poziom dźwięku, przeprowadzono analogicznie jak w przypadku analiz wpływu terminu wykonywania pomiaru metodą próbkowania (te same warianty oraz podział na grupy dróg). Sprawdzone trzy przypadki tj. 3 pomiary, 4 i 5 w obrębie jednej godziny. Uzyskane wyniki, na przykładzie miesięcy VI – VIII i X, przedstawiono na rysunku 18. Z przeprowadzonych analiz wynika, że długość pomiarów wpływa na dokładność szacowania poziomu dźwięku oraz że wpływ ten w porze nocy jest różny w zależności od wielkości natężeń ruchu. W przypadku pory dnia (wszystkie grupy dróg) wydłużenie pomiaru z trzech do czterech w godzinach 13:00 – 17:00 powoduje poprawę wyników średnio o 0,2 dB (zakres od 0,1 do 0,4 dB) natomiast z trzech do pięciu średnio o 0,4 dB (zakres od 0,2 do 0,7 dB). W przypadku pory nocy wydłużenie pomiaru z trzech do czterech w godzinach 22:00 – 24:00 i 4:00 – 5:00 powoduje poprawę wyników odpowiednio: grupa 2, 3, 4 średnio o 0,5 dB (zakres od 0,2 do 0,8 dB); grupa 1 średnio o 1,3 dB (zakres od 0,5 do 1,9 dB). Wydłużenie pomiaru z trzech do pięciu powoduje poprawę wyników odpowiednio o: grupa 2, 3, 4 średnio o 0,9 dB (zakres od 0,4 do 1,4 dB); grupa 1 średnio o 2,2 dB (zakres od 0,9 do 3,0 dB) i daje zbliżone wyniki we wszystkich grupach dróg (największa różnica wynosi 1,3 dB).



Rys. 20. Średnia bezwzględna różnica pomiędzy wartością L^P_{Aeq} i L_{Aeqtkr} w zależności od okresów pomiarów, długości pomiaru i grupy dróg

3.7. Podsumowanie

Przeprowadzone badania wykazały, że termin wykonywania pomiaru wpływa na ustalenie poziomu dźwięku. Na podstawie rankingu współczynników zmienności natężeń dobowych (w miesiącach w roku i dniach w tygodniu), godzin w dobie oraz natężeń 10 minutowych w miesiącach w roku, dniach w tygodniu i godzinach w dobie (w podziale na porę dnia i nocy) jak również największej uzyskanej dokładności szacowania poziomu dźwięku przy wykorzystaniu metody próbkowania, wyznaczono najkorzystniejszy okres wykonywania pomiarów ruchu. Są to: miesiące VI – X; dni tygodnia wtorek – piątek; godziny 8:00 – 17:00 (pora dnia) oraz 22:00 – 24:00 i 4:00 – 5:00 (pora nocy).

Dla danych pochodzących z tego okresu uzyskano nie tylko największą dokładność szacowania poziomu dźwięku, ale także najmniejsze zróżnicowanie kolejnych dobowych, godzinowych i dziesięciominutowych natężeń ruchu bez względu na rodzaj pojazdów (zgodnie z tabelą 17). Niestety okres ten nie pokrywa się z okresem występowania wartości średnich

natężeń dobowych najbardziej zbliżonych do SDR tj. w miesiącach III – V, XI. W celu uzyskania wartości zbieżnych należy uwzględnić zmienność sezonową natężeń ruchu. Najmniej korzystnym okresem przeprowadzania pomiarów jest: miesiące I – IV i XI – XII; dni tygodnia sobota i niedziela; godziny 6:00 – 7:00 i 17:00 – 22:00 (pora dnia) oraz 0:00 – 3:00 i 5:00 – 6:00 (pora nocy). Należy zwrócić uwagę, że wskazane okresy nie wiążą się bezpośrednio z wielkością udziału pojazdów ciężkich w poszczególnych godzinach w dobie. Przykładowo w okresie nocy, w najkorzystniejszym okresie występują zarówno największy jak i najmniejszy u_c (zgodnie z rysunkiem 20).

Uzyskane wyniki odnoszą się do dróg zamiejskich. W przypadku dróg miejskich należy przeprowadzić analogiczne badania.

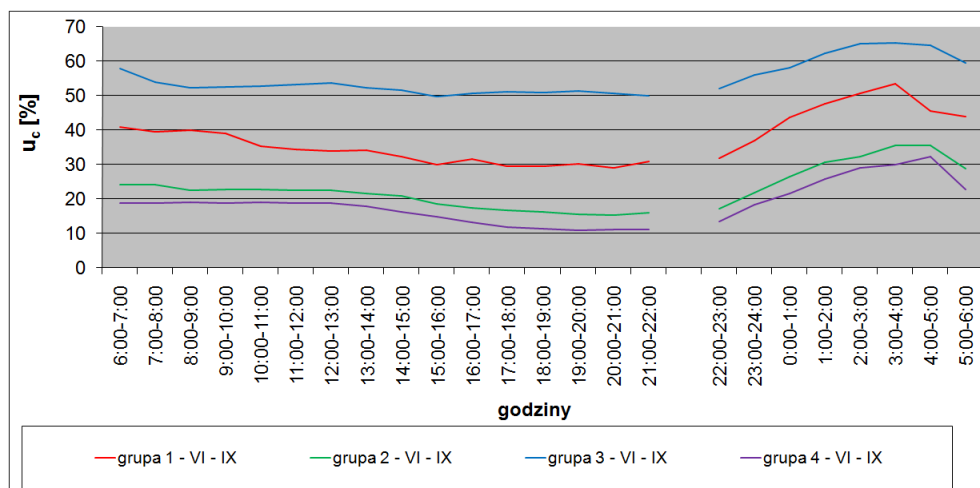
Tab.17. Zbiornicze zestawienie rankingu ϵ , natężeń dobowych w odniesieniu do: a) miesięcy w roku, b) dni w tygodniu oraz rankingu ϵ , k_{10} i $|L_{Aeq}^p - L_{Aeqtk}|$ w odniesieniu do: c) godzin w porze dnia, d) godzin w porze nocnej (kolor niebieski odpowiada najmniejszemu wartości a żółty największemu)

| a) | | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|---------------------|-------|---------|----|-----|----|---|----|-----|------|----|---|----|-----|
| SDR _m | | | | | | | | | | | | | |
| 24h | | lekkie | | | | | | | | | | | |
| | | ciężkie | | | | | | | | | | | |
| 10 minut ϵ | dzień | lekkie | | | * | | | | | | | | |
| | | ciężkie | | | | | | | | | | | |
| | noc | lekkie | | | | | | | | | | | |
| | | ciężkie | | | | * | | | | | | | |

| b) | | PN | WT | ŚR | CZW | PT | SB | ND |
|---------------------|-------|------------|----|----|-----|----|----|----|
| SDR _d | | | | | | | | |
| 24h | | p. lekkie | | | | | | |
| | | p. ciężkie | | | | | | |
| 10 minut ϵ | dzień | p. lekkie | | | | | | |
| | | p. ciężkie | | | | | | |
| | noc | p. lekkie | | | | | | |
| | | p. ciężkie | | | | | | |

| c) | | 6:00-7:00 | 7:00-8:00 | 8:00-9:00 | 9:00-10:00 | 10:00-11:00 | 11:00-12:00 | 12:00-13:00 | 13:00-14:00 | 14:00-15:00 | 15:00-16:00 | 16:00-17:00 | 17:00-18:00 | 18:00-19:00 | 19:00-20:00 | 20:00-21:00 | 21:00-22:00 |
|--|---------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Q _d | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| dzień ϵ | lekkie | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ciężkie | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L _{Aeq} ^d - L _{Aeqtk} | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| k ₁₀ | | | | | | | | | | | | | | | | | |

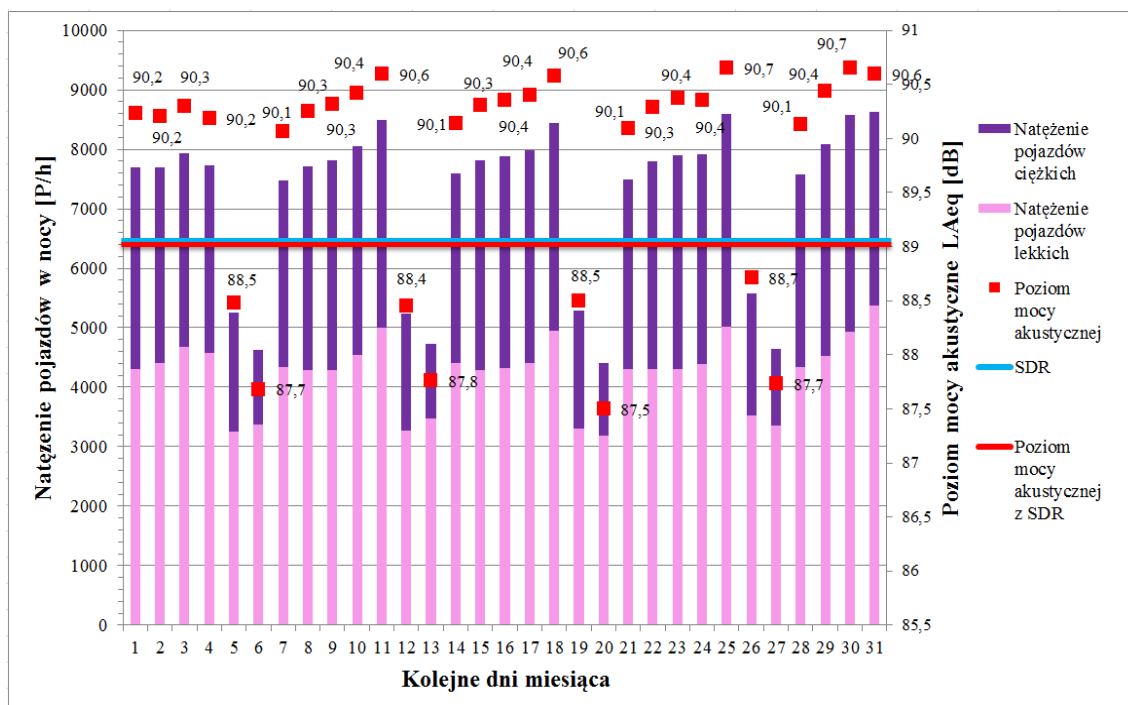
| d) | | 22:00-23:00 | 23:00-24:00 | 0:00-1:00 | 1:00-2:00 | 2:00-3:00 | 3:00-4:00 | 4:00-5:00 | 5:00-6:00 |
|--|---------|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Q _d | | | | | | | | | |
| noc ϵ | lekkie | | | | | | | | |
| | ciężkie | | | | | | | | |
| L _{Aeq} ⁿ - L _{Aeqtk} | | | | | | | | | |
| k ₁₀ | | | | | | | | | |



Rys. 21. Udział pojazdów ciężkich (u_c) w poszczególnych godzinach w dobie w miesiącach VI – IX w podziale na grupy dróg

4. Analiza wpływu proponowanego sposobu ustalania miarodajnego ruchu na wielkość prognozowanego hałasu – porównanie do podejścia obecnie stosowanego.

Analiza zmienności natężenia ruchu i w konsekwencji zmienności poziomu hałasu (dźwięku) generowanego przez ruch wskazuje istotne różnice pomiędzy dniami tygodnia, miesiącami oraz sezonami. Rys. 22 przedstawia przykład różnic poziomu dźwięku dla pory nocy wyznaczanych na podstawie natężenia w i-tym okresie oraz porównanie poziomu hałasu wyznaczonego na podstawie SDR dla wybranego odcinka drogi krajowej.



Rys.22 Poziom dźwięku dla pory nocy wyznaczany na podstawie natężenia w i-tym okresie oraz poziom dźwięku wyznaczany na podstawie SDR dla wybranego odcinka drogi krajowej.

Analiza zmienności przeprowadzona dla danych z roku 2015 pozwoliła sformułować wniosek, że wartość średnia w roku nie jest dobrą miarą szczególnie w odniesieniu do pory nocy.

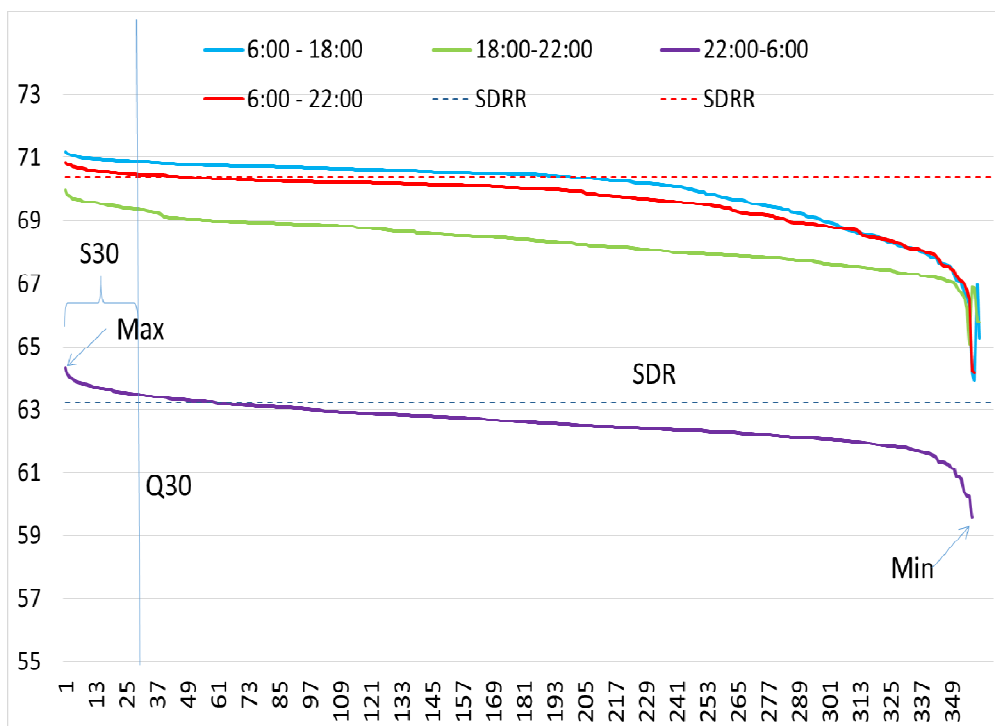
Stwierdzono różnicę w stosunku do największej wartości w roku średnio 1,6 do 3,5 dB. Nie analizowano wartości mniejszych od średniej. Wykonano szereg analiz wpływu podejścia do definicji miarodajnego ruchu. Rozpoczęto także badania symulacyjne konsekwencji różnego definiowania miarodajnych danych ruchowych na zakres koniecznej ochrony akustycznej. Przykład takiej analizy zamieszczono poniżej. Na wybranym rzeczywistym odcinku drogi (zinwentaryzowano zagospodarowanie i ukształtowanie terenu w otoczeniu drogi) o długości 24km i danych ruchowych z 2015 ze stacji pomiaru ciągłego odpowiadającej skalą natężenia analizowanemu odcinkowi (podobne SDR dla odcinka ze stacji pomiaru ciągłego i dla badanego odcinka) przeprowadzono analizę wpływu zmienności ruchu i definicji natężenia miarodajnego, dla którego określamy zagrożenie hałasem, na zakres ochrony akustycznej.



Rys.23. Widok na analizowany odcinek drogi krajowej

Analizowane przypadki gdzie jako natężenie miarodajne określono:

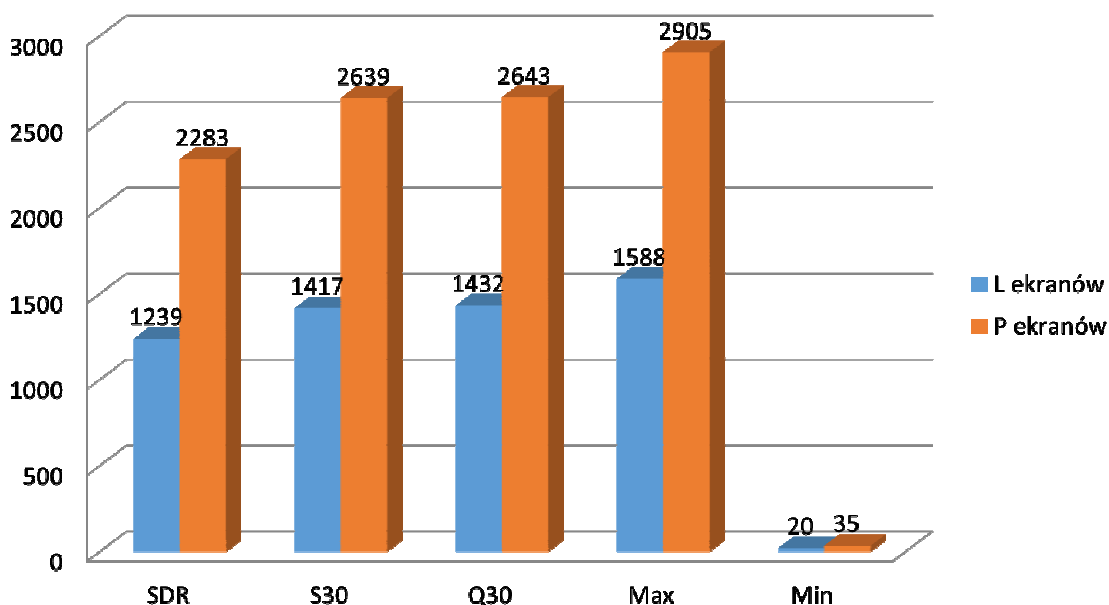
- Średniodobowy ruch w roku (SDR)
- Średnie natężenie ruchu z 30 największych okresów (dzień/noc) (S30)
- Natężenie z 30-tego okresu (Q30)
- Maksymalne natężenie zarejestrowane w ciągu roku (Max)
- Minimalne natężenie zarejestrowane w ciągu roku (Min)



Rys.24. Definicje natężenia miarodajnego; oś x – kolejny okres (dnia, nocy) uszeregowany od największego równoważnego poziomu hałasu, oś y - poziom równoważny hałasu.

Dla ww. wstępnych propozycji definiowana natężenia miarodajnego wykonano obliczenia rozchodzenia się hałasu wzdłuż wybranego odcinka drogi oraz zaprojektowano w każdym przypadku ekrany akustyczne z uwzględnieniem wymogów poziomu dopuszczalnego dźwięku w środowisku. Do porównania wyników użyto w analizie takich wskaźników jak wymagana długość ekranów „L” [m] oraz powierzchnia ekranów „P” [m²].

DK 73 SDR 13000P/d



Rys.25 Porównanie wartości wskaźników opisujących zakres koniecznej ochrony akustycznej w zależności od przyjętego natężenia miarodajnego.

Dodatkowa analiza na wybranych poligonach

W ramach porównania różnic wynikłych z obliczeń zabezpieczeń akustycznych opartych na natężeniach z SDR i średniego natężenia ruchu wyznaczonego dla trzydziestego największego poziomu mocy akustycznej źródła wyselekcjonowanego z obliczeń poziomów mocy akustycznej dla wszystkich dni w roku. Analizy wykonano dla następujących odcinków dróg:

DK16 o długości 15,7 km droga klasy GP, woj. warmińsko-mazurskie,

S7 o długości 23,1 km droga klasy S, woj. małopolskie,

S7 o długości 30,3km droga klasy S, woj. mazowieckie.

W poniższej tabeli 6.xxx przedstawiono dane SDR dla przedmiotowych odcinków dróg.

Tab. 18 Natężenie SDR ruchu na analizowanych drogach

| Droga | dzień | dzień | noc | noc | SDR |
|-------------------------------|------------|------------|-----------|-----------|------|
| | lekkie | ciężkie | lekkie | ciężkie | |
| | [poj./16h] | [poj./16h] | [poj./8h] | [poj./8h] | |
| DK16 woj. warmińsko-mazurskie | 726 | 39 | 108 | 13 | 886 |
| S7 woj. małopolska | 934 | 225 | 198 | 138 | 1495 |
| S7 woj. mazowieckie | 1485 | 195 | 409 | 232 | 2321 |

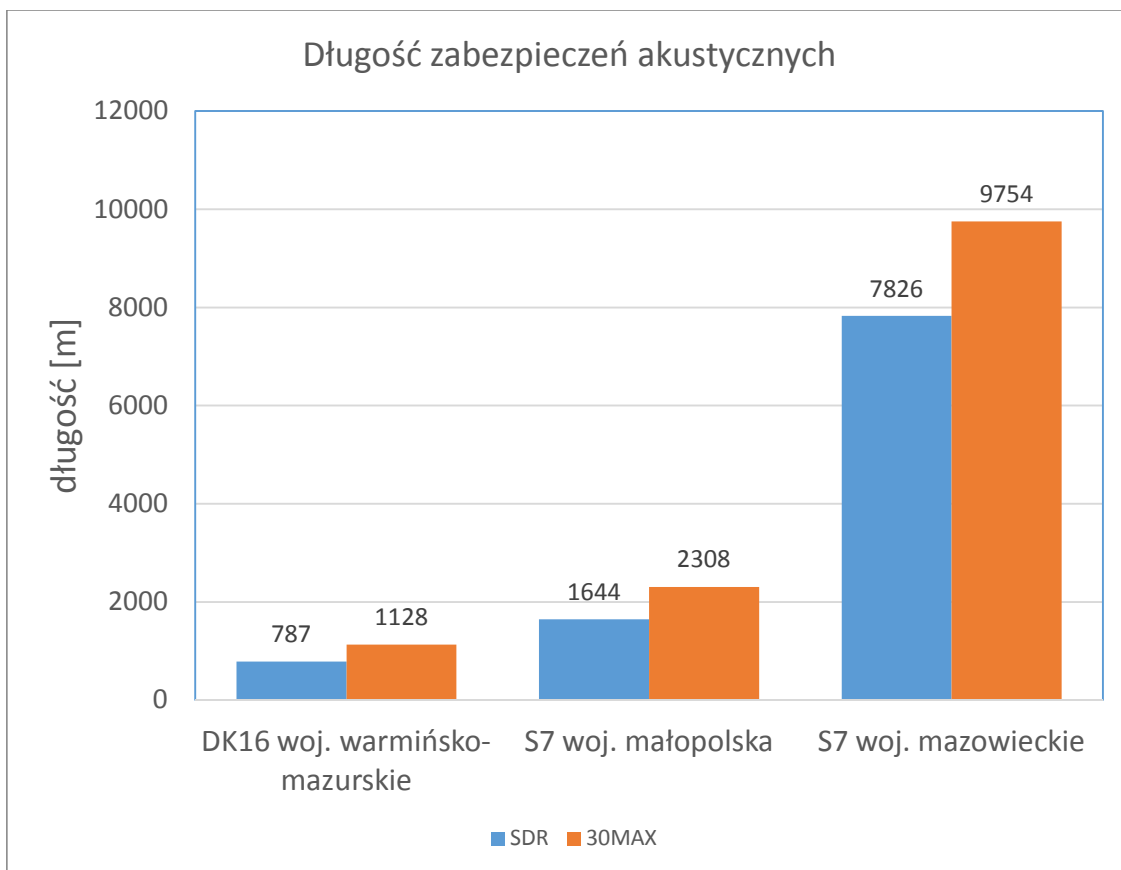
Tab. 19 Natężenie 30MAX ruchu na analizowanych drogach

| Droga | dzień | dzień | noc | noc |
|-------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| | lekkie | ciężkie | lekkie | ciężkie |
| | [poj./h] | [poj./h] | [poj./h] | [poj./h] |
| DK16 woj. warmińsko-mazurskie | 862 | 64 | 124 | 19 |
| S7 woj. małopolska | 1102 | 333 | 280 | 215 |
| S7 woj. mazowieckie | 1895 | 247 | 548 | 214 |

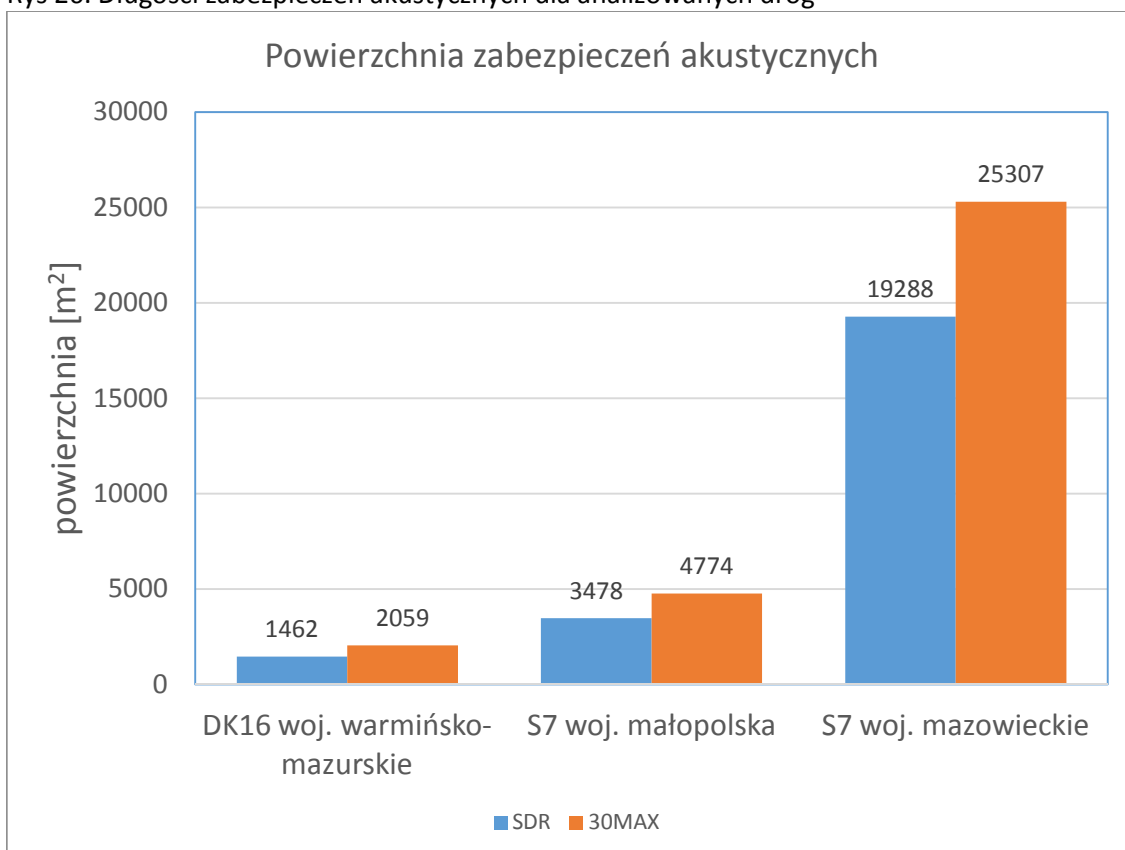
Analizę koniecznych do wykonania zabezpieczeń akustycznych wykonano dla wszystkich budynków mieszkalnych zlokalizowanych przy analizowanych drogach. W poniższej tabeli oraz na rysunkach zaprezentowano otrzymane wyniki w postaci długości oraz powierzchni zabezpieczeń akustycznych koniecznych do zabezpieczenia zabudowy.

Tab. 20 Natężenie 30MAX ruchu na analizowanych drogach

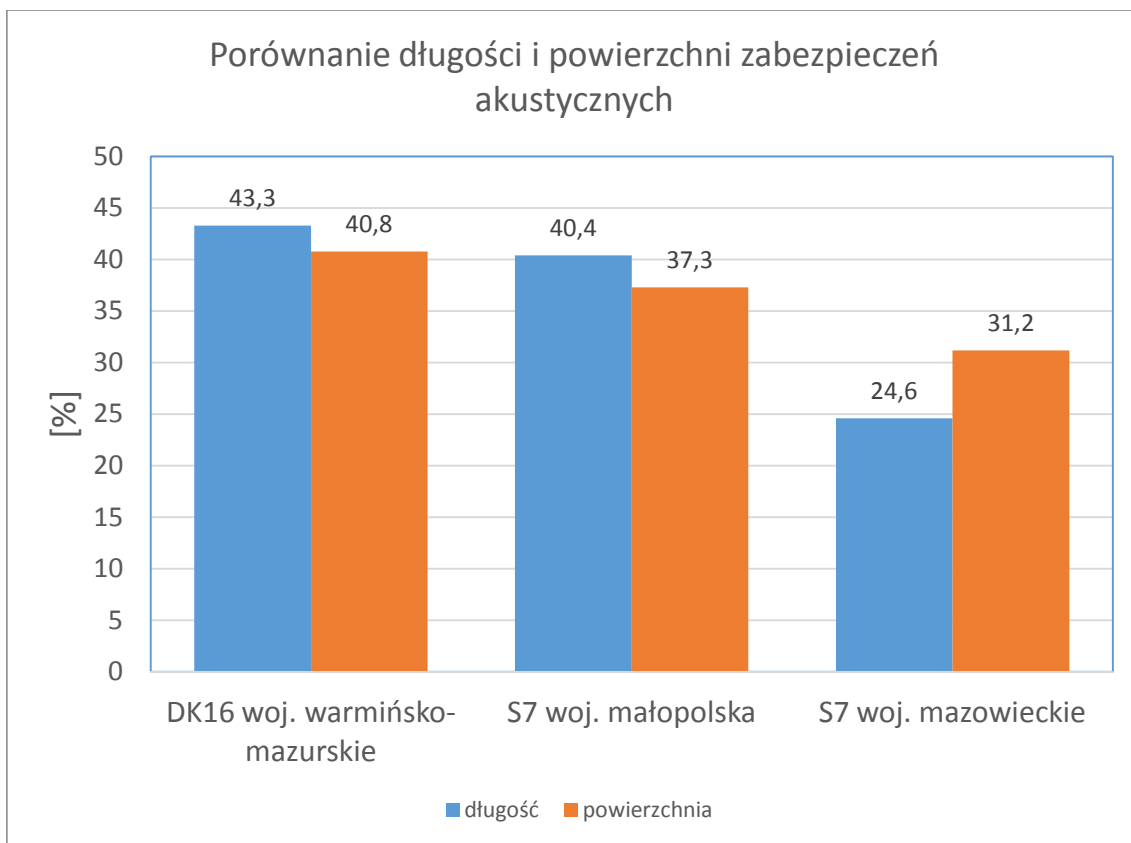
| Droga | SDR | | 30MAX | |
|-------------------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|
| | długość | powierzchnia | długość | powierzchnia |
| | [m] | [m ²] | [m] | [m ²] |
| DK16 woj. warmińsko-mazurskie | 787 | 1462 | 1128 | 2059 |
| S7 woj. małopolska | 1644 | 3478 | 2308 | 4774 |
| S7 woj. mazowieckie | 7826 | 19288 | 9754 | 25307 |



Rys 26. Długości zabezpieczeń akustycznych dla analizowanych dróg



Rys. 27. Powierzchnia zabezpieczeń akustycznych dla analizowanych dróg



Rys. 28. Powierzchnia zabezpieczeń akustycznych dla analizowanych dróg

W wyniku porównania konieczności wykonania zabezpieczeń akustycznych otrzymane wyniki dla natężeń ruchu dla 30MAX stanowią średnio zwiększenie powierzchni jak i długość o 36% w stosunku do obecnie wyliczanych zabezpieczeń akustycznych. Takie podejście do wyliczeń zabezpieczeń akustycznych jest bezpieczniejsze z uwagi na możliwość wystąpienia przekroczeń poziomów dopuszczalnych hałasu w analizie porealizacyjnej. W tradycyjnym podejściu czyli wyliczeniach opartych na natężeniach SDR ryzyko wykazania przekroczeń w analizie poralizacyjnej wynosi około 50% natomiast w analizowanym przypadku ryzyko przekroczenia zostało zminimalizowane do około 8%. Z wcześniejszych analiz zamieszczonych w poprzednich podrozdziałach wynika, że projektowanie zabezpieczeń akustycznych na maksymalne natężenia ruchu (odbiegające od analizowanych metodyk) nie jest uzasadnione ekonomicznie i jest nieracjonalne. W związku z powyższym proponuje się dokonać wyboru z powyższych danych (SDR lub 30MAX) jako natężenie miarodajne do obliczeń zabezpieczeń akustycznych.

5. Propozycja sposobu rozkładu ruchu (miarodajnego ustalonego w ww. punkcie) na normatywne okresy analiz wskazanych w przepisach (dzień noc dla Leq oraz dzień, noc wieczór dla Ldwn):

Propozycja rozkładu ruchu została przedstawiona w oparciu o wcześniejsze opracowanie Autorów, zweryfikowane i przeanalizowane w ramach realizacji projektu badawczego. W wyniku poddaniu analizie przyjętych założeń ustalono niewielkie zmiany w stosunku do wcześniejszego opracowania. Poniżej przedstawiono efekt końcowy wynikający z badań i analiz. Natężenia ruchu do sporządzenia map akustycznych dla wyspecyfikowanych odcinków dróg muszą być reprezentatywnymi dla wyróżnionych pór dnia w okresie roku. Powinny więc uwzględniać zmienność dobową ruchu oraz zmienności w ciągu tygodnia oraz w ciągu roku. Wahania ruchu powinny być rozważane w odniesieniu do wyróżnionych grup rodzajowych pojazdów, tj. ogółu pojazdów oraz pojazdów ciężkich (samochody ciężarowe bez przyczep pow. 3,5 t, samochody ciężarowe z przyczepami i ciągniki siodłowe, autobusy, ciągniki rolnicze i pojazdy samobieżne). Należy zwrócić uwagę, że generowane wahaniami natężenia ruchu

przekroczenia poziomu hałasu powodują chwilowe lub okresowe zwiększenie uciążliwości drogi dla mieszkańców i pieszych a nie powodują niszczenia obiektu. Zbliżone cechy funkcjonalne dróg i charakterystyki dobowej zmienności natężeń ruchu (kształt i rozrzut wartości natężeń godzinowych) mogą stanowić przesłankę celowości grupowania odcinków drogowych z wagi na kryterium ruchowe. W tym celu niezbędne jest jednak wyznaczenie typowych profili natężeń ruchu i dokonanie ich charakterystyki statystycznej.

Zmienność tygodniową i roczną ruchu ujmuje reprezentatywne dla tego okresu średnioroczne natężenie dobowe (ŚDR). Natężenia ŚDR ustalane są w ramach najpełniejszych i wykonywanych na drogach o największych natężeniach ruchu Generalnych Pomiarach Ruchu (GPR), realizowanych w cyklu pięcioletnim. Średnioroczne natężenia dobowe przyjęto jako podstawę analiz.

Koncepcja wyznaczenia natężeń miarodajnych do sporządzania map akustycznych przewidywała:

- analizę i opracowanie charakterystyk dobowej zmienności natężeń ruchu ze szczegółowych baz danych GPR 2005, zweryfikowane dla wybranych odcinków dróg krajowych z baz danych GPR 2015,
- określenie typowych profili i zakresów dobowej zmienności natężeń ruchu,
- ustalenie dla typowych profili zmienności natężeń w ciągu doby przeciętnych udziałów natężeń ruchu w wyróżnionych okresach doby, tj. w ciągu dnia (d – 6:00 ÷ 18:00), wieczora (w – 18:00 ÷ 22:00) i nocy (n – 22:00 ÷ 6:00), z uwzględnieniem grup rodzajowych pojazdów,
- wyznaczenie wartości natężeń miarodajnych dla okresów d, w i n, dla ogółu pojazdów oraz pojazdów ciężkich.

Kryteria podziału odcinków drogowych

Jako kryteria podziału odcinków drogowych rozważano czynniki determinujące dobową zmienność natężeń ruchu. Do tych kryteriów wstępnie zaliczono:

- klasę drogi; A, S, GP, G,
- przekrój drogi; dwujezdniowa, jednojezdniowa,
- charakter ruchu; – gospodarczy, turystyczny, rekreacyjny,
 - dalekobieżny, dalekobieżny ze znacznym udziałem ruchu lokalnego, przeważający ruch lokalny,
- lokalizacja drogi: ciągi drogowe (stanowiące połączenia dużych ośrodków), dojazdy do dużych miast (centrów regionalnych), przejścia przez małe miejscowości,
- wielkość natężenia ruchu rocznego; do i powyżej 12 mln P/rok.

W analizach charakteru ruchu oraz lokalizacji drogi uwzględniono lokalizację supermarketów i centrów handlowych w pobliżu przekrojów pomiarowych na drogach wylotowych z dużych miast. Należy zwrócić uwagę, że proces deglomeracji dużych miast oraz lokalizacja centrów handlowych w obszarach podmiejskich spowodowały, że część punktów pomiarowych, kiedyś położona poza obszarem zabudowy, znalazła się w obszarze ich wpływu.

5.1. Analiza zmienności dobowej natężeń

Szczegółową analizą zmienności godzinowych natężeń ruchu w okresie doby objęto reprezentatywne – z uwagi na wyróżnione cechy (kryteria) – przekroje drogowe. W analizie, w każdym przekroju drogowym, odrębnie rozważano natężenia ogółu pojazdów oraz natężenia pojazdów ciężkich.

W niniejszym opracowaniu pokazano porównania dobowej zmienności natężeń wybrane z bardzo obszernego zakresu przeprowadzonych analiz. Dla oceny charakteru zmienności natężeń w ciągu doby oraz porównań profili natężeń o różnych wielkościach natężeń, przyjęto skalę względną, wyrażającą udział natężenia ruchu z danej godziny w natężeniu dobowym w rozważanym przekroju drogi. W przypadku profilu dla ogółu pojazdów udział odnosi się do dobowego natężenia ruchu obejmującego wszystkie pojazdy w potoku, a w przypadku ruchu

określonej kategorii (lekkiego i ciężkiego), odniesienie stanowi dobowe natężenie pojazdów danej kategorii w przekroju.

Wstępna analiza odcinków dróg objętych analizą wykazała, że praktycznie występuje na nich wyłącznie ruch gospodarczy. W związku z tym zrezygnowano z wyróżniania odcinków według kryterium rodzaju ruchu; – ruch gospodarczy, – ruch turystyczny i rekreacyjny.

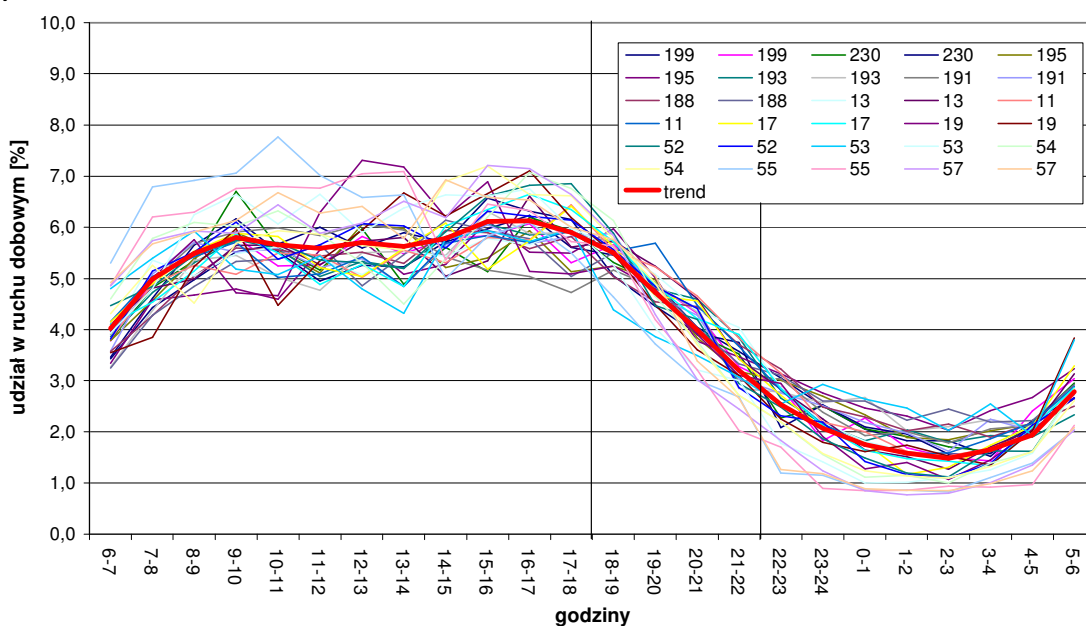
W wyniku dokonanych porównań zdecydowano nie wyróżniać odcinków autostradowych jako odrębnej grupy dróg w świetle kryterium zmienności natężeń ruchu. Odcinki te w dalszych analizach zostaną włączone odpowiednio do grupy stanowiącej ciągi drogowe oraz do grupy obejmujące dojazdy do dużych miejscowości.

„Ciągi drogowe” – w świetle kryterium charakteru ruchu – obciążone są ruchem dalekobieżnym. Na dojazdach do dużych miejscowości, jak też na przejściach przez małe miejscowości może występować ruch dalekobieżny ze znacznym udziałem ruchu lokalnego lub przeważający ruch lokalny.

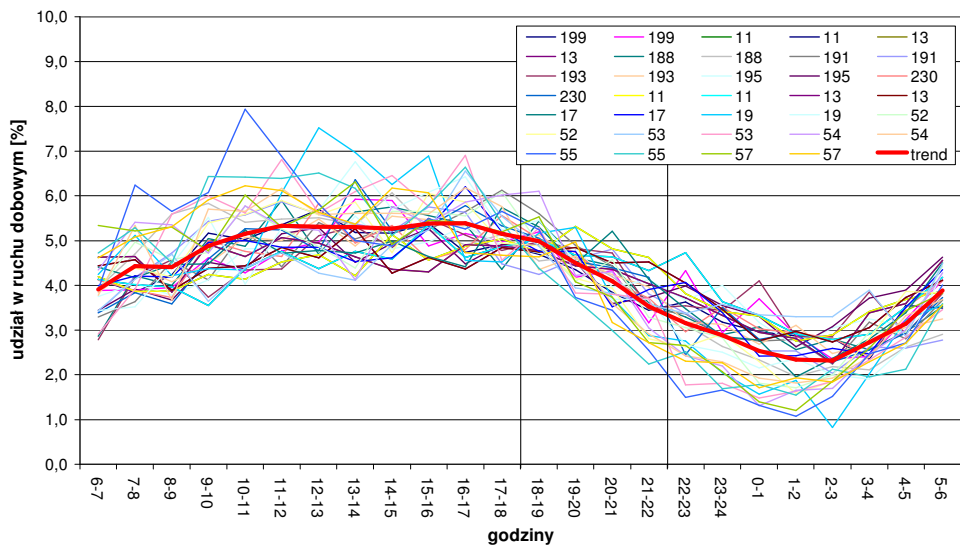
Tab. 21 Zestawienie średnich, procentowych udziałów w ruchu dobowym natężeń z wyróżnionych okresów d, w, n dla trzech grup pojazdów – **ciągi drogowe**

| grupa pojazdów | średni udział w ruchu dobowym natężeń godzinowych w okresie | | | średnie odch. standard. udziałów w ruchu dobowym natężeń godzinowych w okresie | | | średni udział w ruchu dobowym natężenia z okresu | | |
|----------------|---|---------|-----|--|---------|-----|--|---------|------|
| | dzień | wieczór | noc | dzień | wieczór | noc | dzień | wieczór | noc |
| lekkie | 5,8 | 4,4 | 1,5 | 0,8 | 1,2 | 0,5 | 70,1 | 17,6 | 12,3 |
| ciężkie | 5,0 | 4,3 | 2,9 | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 59,9 | 17,1 | 23,0 |
| wszystkie | 5,6 | 4,4 | 2,0 | 0,7 | 1,0 | 0,5 | 66,8 | 17,4 | 15,8 |

a)

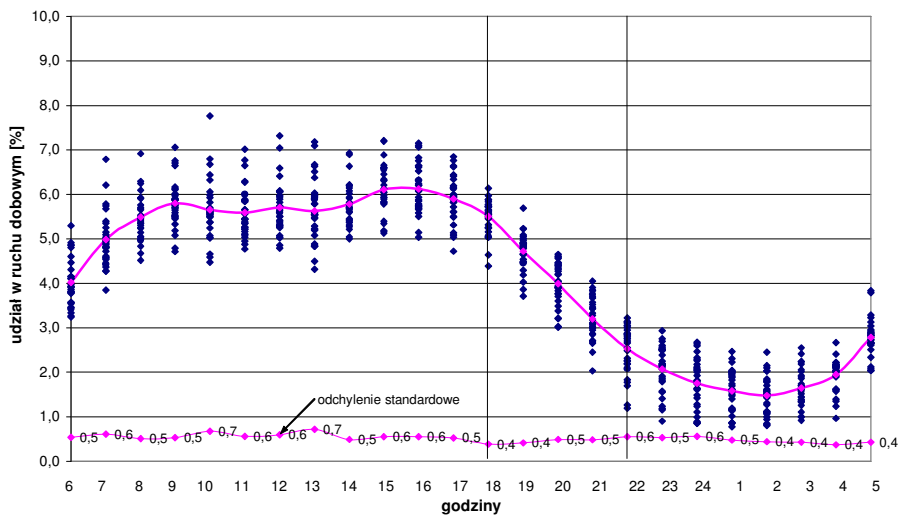


b)

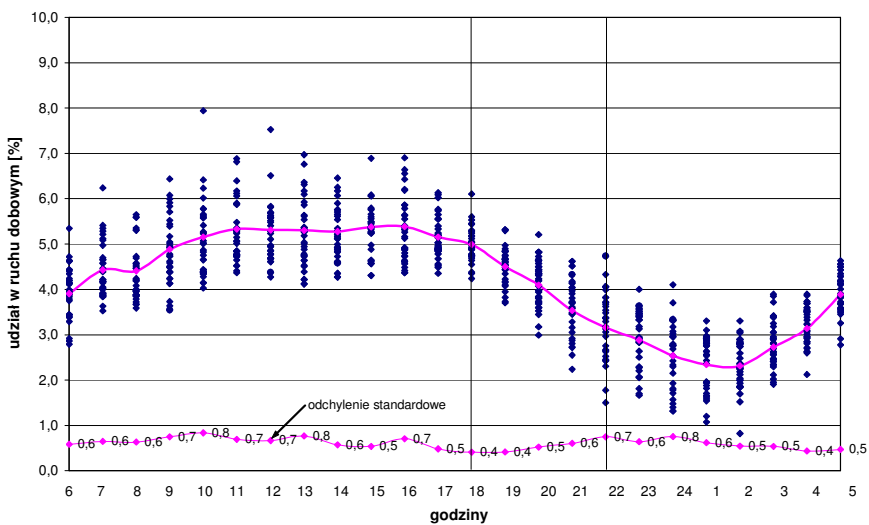


Rys. 29. Wykresy zmienności natężeń ruchu w ciągu doby w grupie dróg „ciągi drogowe”;
a – wszystkie pojazdy, b – pojazdy ciężkie

a)



b)

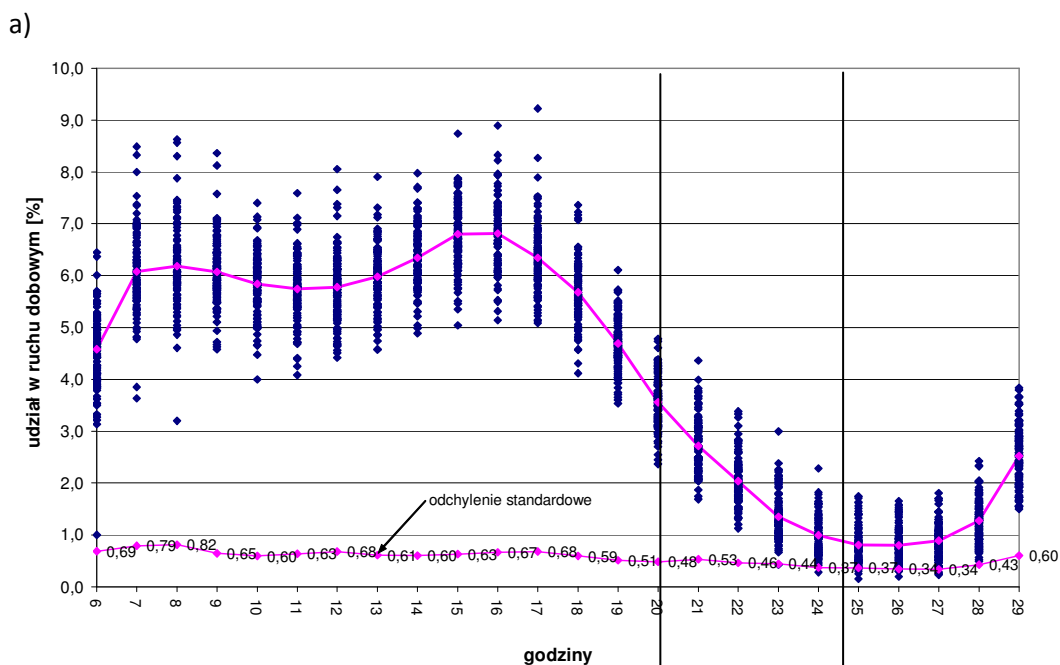


Rys. 30. Rozrzut udziałów natężeń godzinowych w natężeniu dobowym w poszczególnych przekrojach reprezentujących „ciągi drogowe” oraz odchylenia standardowe charakteryzujące ten rozrzut; a – wszystkie pojazdy, b – pojazdy ciężkie

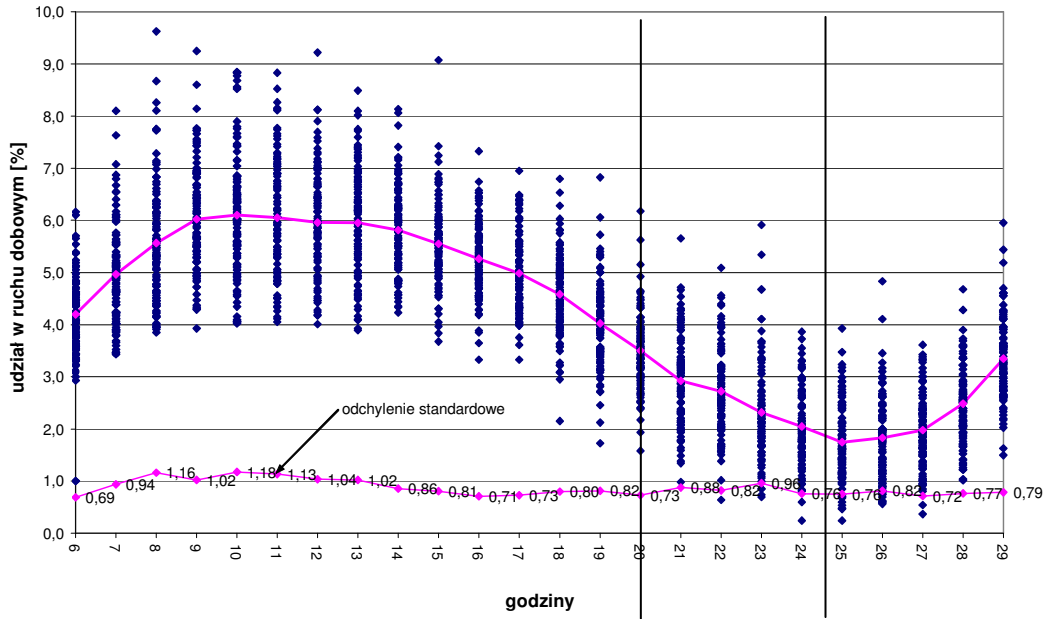
Kolejną grupę analizowanych odcinków stanowiły **odcinki dróg dojazdowych do dużych miast**. Na tak wyróżnionych odcinkach drogowych, w świetle kryterium charakteru ruchu, może występować ruch dalekobieżny ze znacznym udziałem ruchu lokalnego. Analizami objęto odcinki dróg dojazdowych do wybranych miast, tj. Warszawy, Łodzi, Częstochowy, Katowic (GOP), Krakowa, Rzeszowa, Poznań i Trójmiasta. Przekroje pomiarowe zlokalizowane były w promieniu do ok. 30 km od granic miasta, a w przypadku Warszawy maksymalny zasięg lokalizacji przekrojów pomiarowych był około dwukrotnie większy. Profil dobowej zmienności natężeń dla dojazdów do Warszawy, w porównaniu z dojazdami do innych dużych miast, wykazuje wyraźnie mniejszy udział ruchu w ciągu dnia, tak w przypadku wszystkich pojazdów jak i pojazdów ciężkich. W ruchu dojazdowym do Warszawy na późniejszą godzinę przypada też szczyt popołudniowy.

Tab. 22 Zestawienie średnich, procentowych udziałów w ruchu dobowym natężeń z wyróżnionych okresów d, w, n dla trzech grup pojazdów – **dojazdy do dużych miast**

| grupa pojazdów | średni udział w ruchu dobowym natężeń godzinowych w okresie | | | średnie odch. standard. udziałów w ruchu dobowym natężeń godzinowych w okresie | | | średni udział w ruchu dobowym natężenia z okresu | | |
|----------------|---|---------|-----|--|---------|-----|--|---------|------|
| | dzień | wieczór | noc | dzień | wieczór | noc | dzień | wieczór | noc |
| lekkie | 6,2 | 4,2 | 1,1 | 0,7 | 0,6 | 0,4 | 74,4 | 16,8 | 8,8 |
| ciężkie | 5,5 | 3,9 | 2,3 | 0,9 | 0,8 | 0,8 | 66,0 | 15,6 | 18,4 |
| wszystkie | 6,0 | 4,2 | 1,4 | 0,7 | 0,5 | 0,4 | 72,0 | 16,8 | 11,2 |

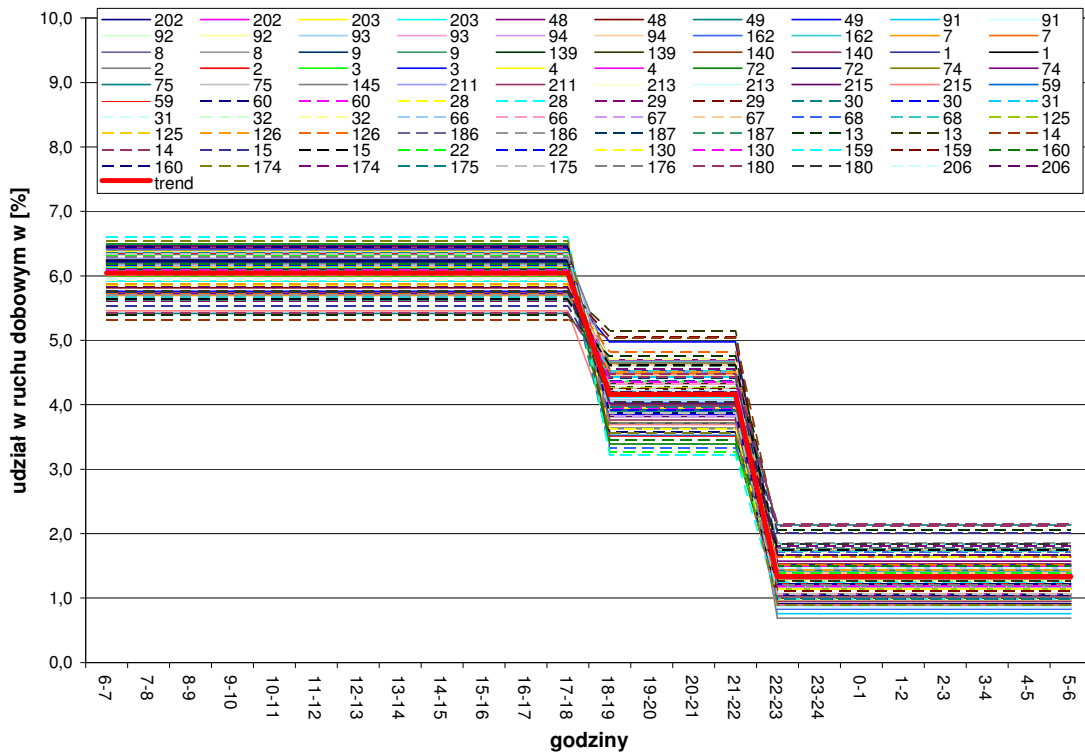


b)

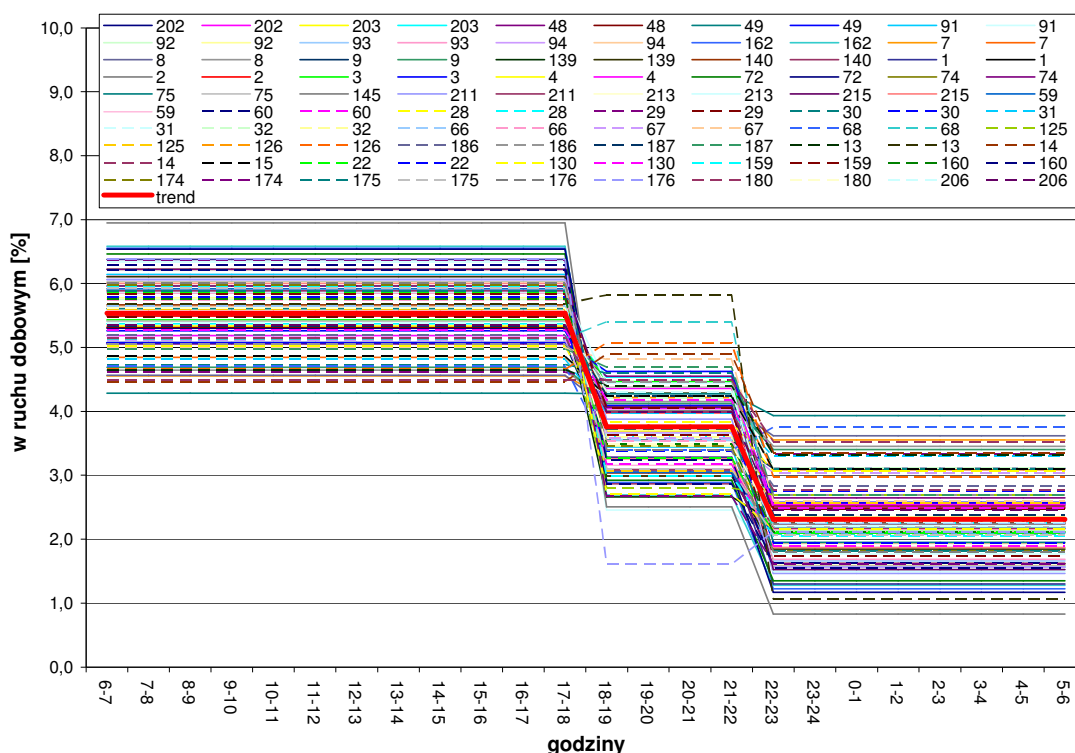


Rys. 31. Rozrzut udziałów natężeń godzinowych w natężeniu dobowym w poszczególnych przekrojach reprezentujących „dojazdy do dużych miast” oraz odchylenia standardowe charakteryzujące ten rozrzut; a – wszystkie pojazdy, b – pojazdy ciężkie

a)



b)



Rys. 32. Przeciętne udziały godzinowe w ruchu dobowym natężeń z wyróżnionych przedziałów d-w-n dla „dojazdów do dużych miast”; a – wszystkie pojazdy, b – pojazdy ciężkie

Ostatnią analizowaną grupę odcinków drogowych stanowiły **przejścia przez małe miejscowości**. Przejścia przez małe miejscowości reprezentują przekroje pomiarowe zlokalizowane na odcinkach dróg krajowych przechodzących przez miejscowości. Wybrane do analiz przekroje położone były w obrębie miejscowości o liczbie mieszkańców od 1,5 do 77 tysięcy. Charakterystyki dobowej zmienności natężeń ruchu dla takich odcinków przedstawiono w tabeli 23.

Tab. 23 Zestawienie średnich, procentowych udziałów w ruchu dobowym natężeń z wyróżnionych okresów d, w, n dla trzech grup pojazdów – **przejścia przez małe miejscowości**

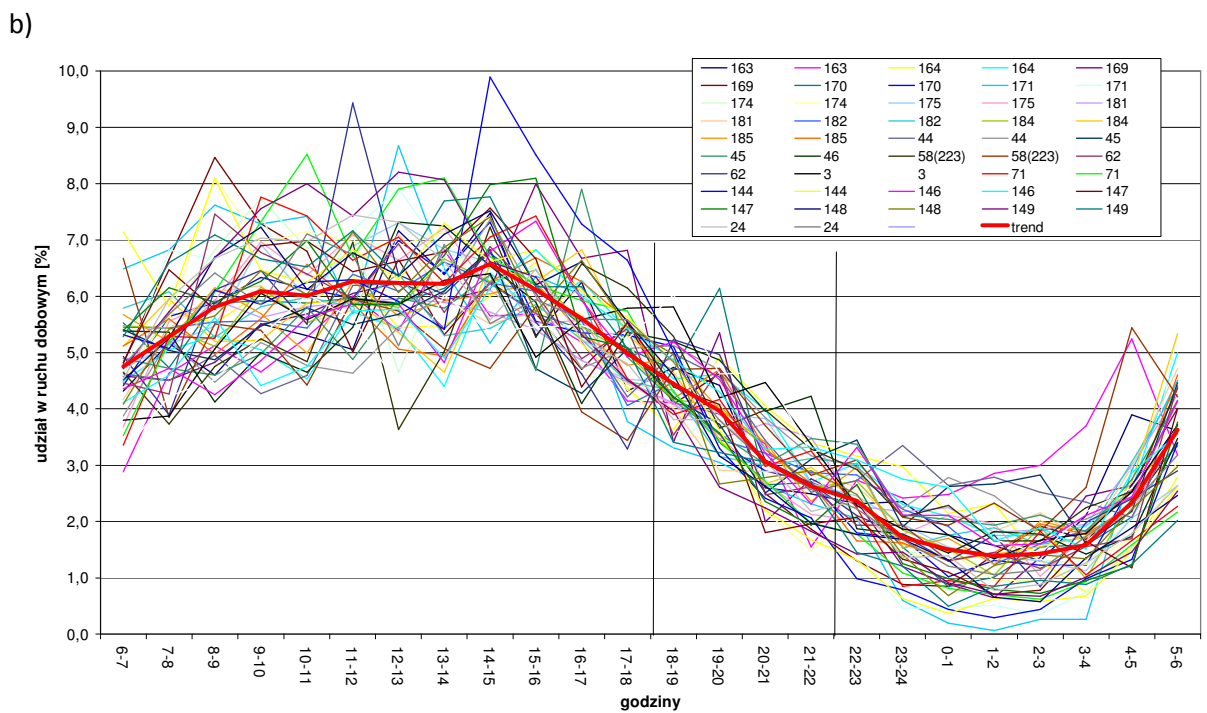
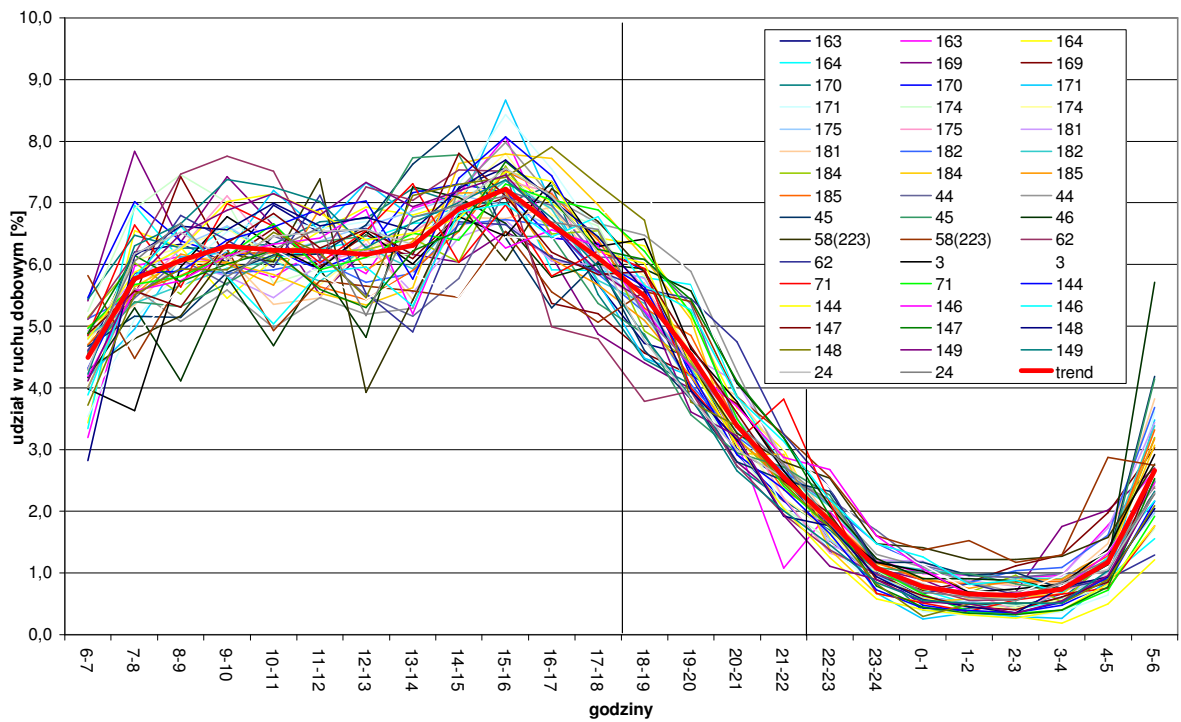
| grupa pojazdów | średni udział w ruchu dobowym natężeń godzinowych w okresie | | | średnie odch. standard. udziałów w ruchu dobowym natężeń godzinowych w okresie | | | średni udział w ruchu dobowym natężenia z okresu | | |
|----------------|---|---------|-----|--|---------|-----|--|---------|------|
| | dzień | wieczór | noc | dzień | wieczór | noc | dzień | wieczór | noc |
| lekkie | 6,3 | 4,1 | 1,0 | 0,7 | 1,4 | 0,7 | 75,4 | 16,3 | 8,2 |
| ciężkie | 5,8 | 3,5 | 2,0 | 0,6 | 0,8 | 0,8 | 70,0 | 14,1 | 16,0 |
| wszystkie | 6,2 | 4,0 | 1,2 | 0,7 | 1,3 | 0,7 | 74,4 | 16,0 | 9,6 |

Cechą wyróżniającą dobową zmienność ruchu na tych odcinkach jest występowanie jednego szczytu popołudniowego, zarówno w odniesieniu do ogółu pojazdów (godz. 16:00 ÷ 17:00 – 7,2 %) jak też w odniesieniu do ruchu pojazdów ciężkich (godz. 15:00 ÷ 16:00 – 6,6 %).

Rozrzut wyrażony odchyleniem standardowym udziałów w ruchu dobowym natężeń z poszczególnych godzin w analizowanych przekrojach, w ciągu dnia (6:00 ÷ 18:00) i nocy wynosi 0,7 %, a w okresie wieczora – 1,3 %.

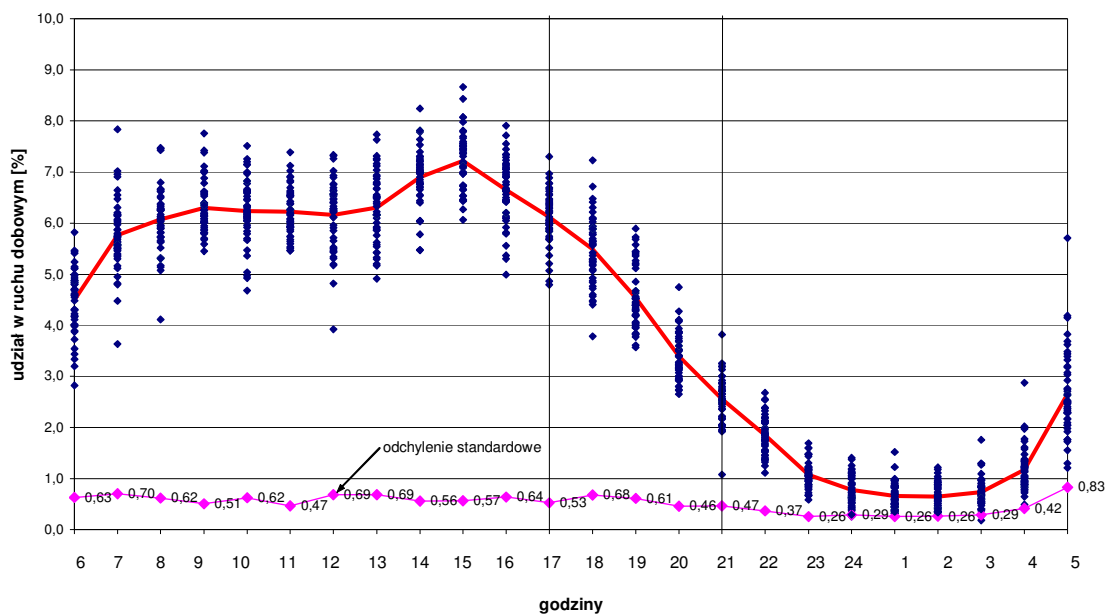
Przeciętne udziały godzinowe dla ogółu pojazdów (rys. 22.a) w ciągu dnia wahają się w zakresie 5,6 ÷ 6,6 %, w okresie wieczora 3,1 ÷ 5,0 % i w nocy 0,7 ÷ 1,9 %. W odniesieniu do pojazdów ciężkich odpowiednio: dzień – 5,1 ÷ 6,6 %, wieczór – 2,7 ÷ 4,6 %, noc – 1,0 ÷ 3,2 %.

a)

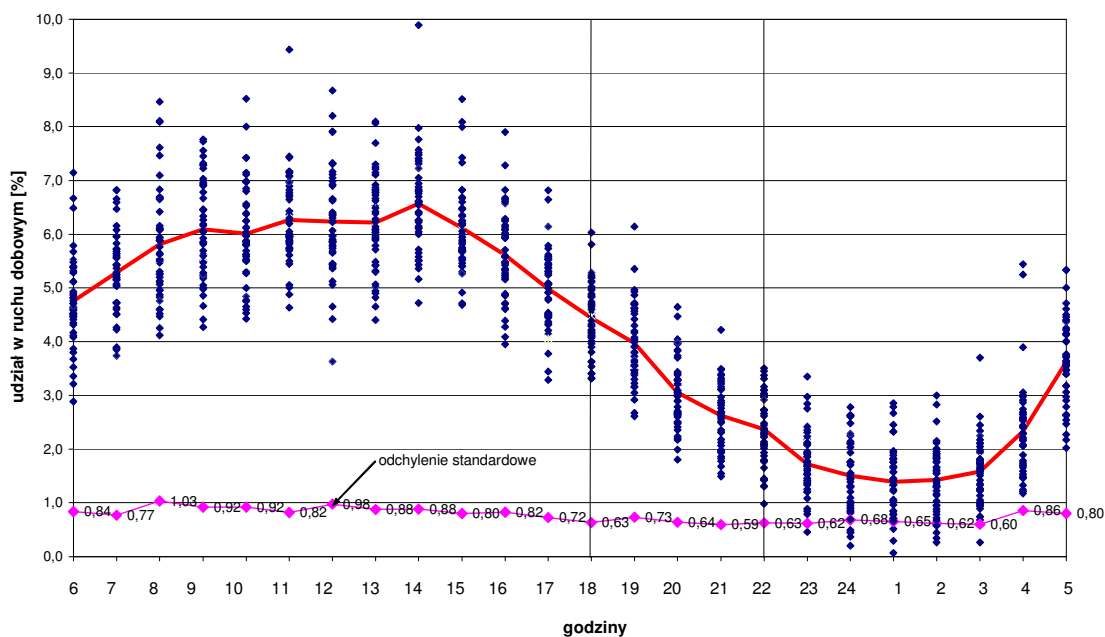


Rys. 33. Wykres zmienności natężeń ruchu w ciągu doby w grupie dróg „przejęcia przez małe miejscowości”; a – wszystkie pojazdy, b – pojazdy ciężkie dla

a)



b)



Rys. 34. Rozrzut udziałów natężeń godzinowych w natężeniu dobowym w poszczególnych przekrojach reprezentujących „przejścia przez małe miejscowości” oraz odchylenia standardowe charakteryzujące ten rozrzut; a – wszystkie pojazdy, b – pojazdy ciężkie

5.2. Modele ustalania natężeń miarodajnych do obliczeń akustycznych

Do ustalania natężeń miarodajnych służących do sporządzania map akustycznych należy postępować zgodnie z poniższym schematem.

I.

**Zakwalifikowanie odcinka drogi do jednej z grup odcinków
GC, GD, GP
na podstawie jego lokalizacji i charakteru dobowej zmienności ruchu**

II.

**Przyjęcie dla danego odcinka wartości SDR oraz udziału pojazdów ciężkich U_c
na podstawie ostatnio przeprowadzonych pomiarów natężeń GPR oraz obliczenie natężeń w
poszczególnych grupach rodzajowych ruchu:**

– ruch wszystkich pojazdów

SDR

– ruch ciężki

$SDR_c = SDR \cdot U_c$

– ruch lekki

$SDR_l = SDR \cdot (1 - U_c)$

III.

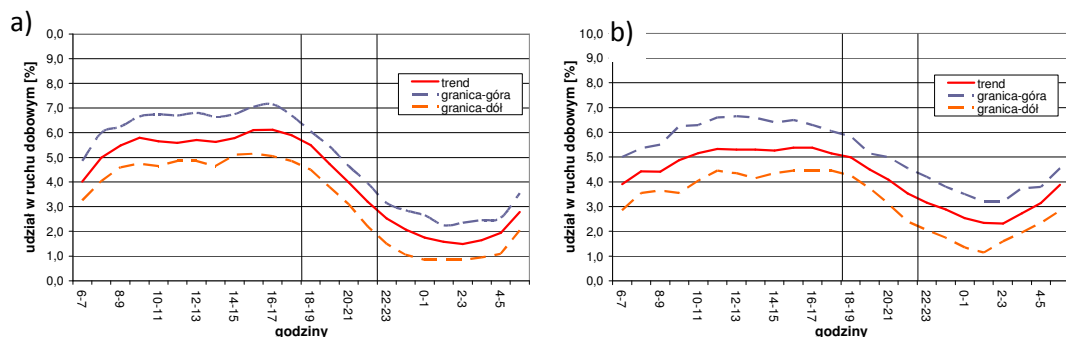
Ustalenie natężeń miarodajnych zgodnie z następującym algorytmem:

| | dzień | wieczór | noc |
|-------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| wszystkie pojazdy | $Q_d =$ $= SDR \cdot U_d$ | $Q_w =$ $= SDR \cdot U_w$ | $Q_n =$ $= SDR \cdot U_n$ |
| ruch ciężki | $Q_{dc} =$ $= SDR_c \cdot U_{dc}$ | $Q_{wc} =$ $= SDR_c \cdot U_{wc}$ | $Q_{nc} =$ $= SDR_c \cdot U_{nc}$ |
| ruch lekki | $Q_{dl} =$ $= SDR_l \cdot U_{dl}$ | $Q_{wl} =$ $= SDR_l \cdot U_{wl}$ | $Q_{nl} =$ $= SDR_l \cdot U_{nl}$ |

Uwaga: udziały ruchu dziennego d , wieczornego w i nocnego n , dla ogółu pojazdów, pojazdów ciężkich c oraz pojazdów lekkich l : $U_d, U_{dc}, U_{dl}, U_w, U_{wc}, U_{wl}, U_n, U_{nc}, U_{nl}$

Grupa odcinków – ciągi drogowe

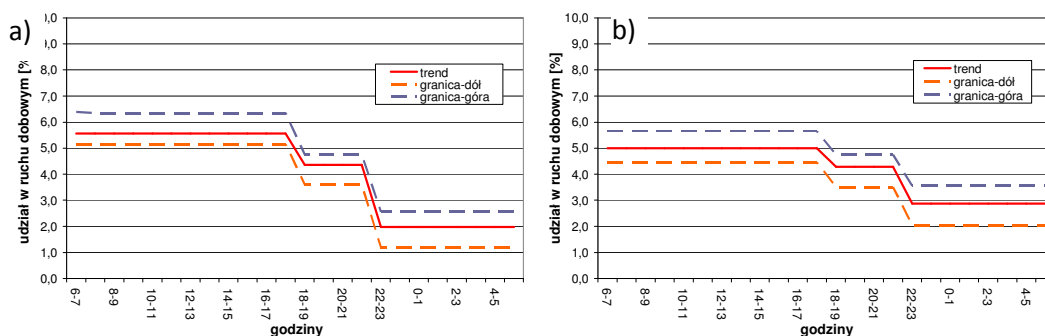
GC



Rys. 35. Profil zmienności natężeń w ciągu doby z granicami określającymi jego wahania w godzinie; a – wszystkie pojazdy, b – pojazdy ciężkie

Tab. 24 Procentowe udziały w ruchu dobowym natężeń z wyróżnionych okresów dnia d , wieczora w i nocy n

| | średni udział w ruchu dobowym natężenia z okresu [%] | | |
|----------------|--|-----------------------|-----------------------|
| grupa pojazdów | dzień | wieczór | noc |
| lekkie | U _{dl} =70,1 | U _{wl} =17,6 | U _{nl} =12,3 |
| ciężkie | U _{dc} =59,9 | U _{wc} =17,1 | U _{nc} =23,0 |
| wszystkie | U _d =66,8 | U _w =17,4 | U _n =15,8 |

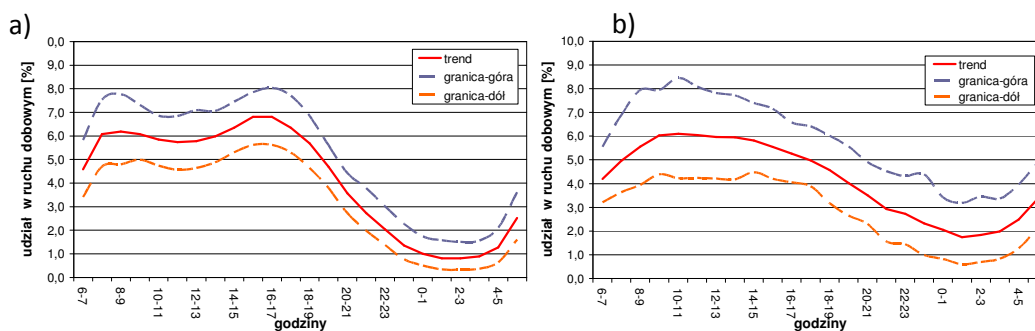


Rys. 36. Przeciętne udziały godzinowe w ruchu dobowym natężeń z wyróżnionych okresów d, w, n z granicami określającymi zakres ich zmienności; a – wszystkie pojazdy, b – pojazdy ciężkie

Tab. 25 Przeciętne procentowe udziały godzinowe w ruchu dobowym natężeń w wyróżnionych okresach d, w, n

| grupa pojazdów | górna granica średniego udziału w ruchu dobowym natężeń godzinowych w okresie | | | średni udział w ruchu dobowym natężeń godzinowych w okresie | | | dolna granica średniego udziału w ruchu dobowym natężeń godzinowych w okresie | | |
|----------------|---|---------|-----|---|---------|-----|---|---------|-----|
| | dzień | wieczór | noc | dzień | wieczór | noc | dzień | wieczór | noc |
| lekkie | 6,6 | 4,9 | 2,4 | 5,8 | 4,4 | 1,5 | 5,4 | 3,5 | 0,9 |
| ciężkie | 5,7 | 4,8 | 3,6 | 5,0 | 4,3 | 2,9 | 4,5 | 3,5 | 2,1 |
| wszystkie | 6,4 | 4,8 | 2,6 | 5,6 | 4,4 | 2,0 | 5,2 | 3,6 | 1,2 |

Grupa odcinków – dojazdy do dużych miast
GD

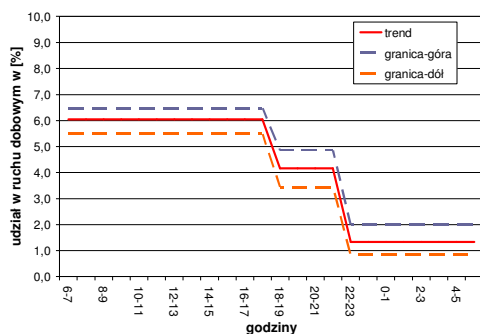


Rys. 37. Profil zmienności natężeń w ciągu doby z granicami określającymi jego wahania w godzinie; a – wszystkie pojazdy, b – pojazdy ciężkie

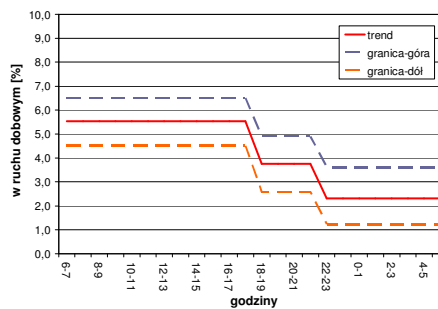
Tab. 26 Procentowe udziały w ruchu dobowym natężeń z wyróżnionych okresów dnia d, wieczora w i nocy n

| | średni udział w ruchu dobowym natężenia z okresu | | |
|----------------|--|---------------|---------------|
| grupa pojazdów | dzień | wieczór | noc |
| lekkie | $U_{dl}=74,4$ | $U_{wl}=16,8$ | $U_{nl}=8,8$ |
| ciężkie | $U_{dc}=66,0$ | $U_{wc}=15,6$ | $U_{nc}=18,4$ |
| wszystkie | $U_d=72,0$ | $U_w=16,8$ | $U_n=11,2$ |

a)



b)



Rys. 38. Przeciętne udziały godzinowe w ruchu dobowym natężenia z wyróżnionych okresów *d, w, n* z granicami określającymi zakres ich zmienności; a – wszystkie pojazdy, b – pojazdy ciężkie

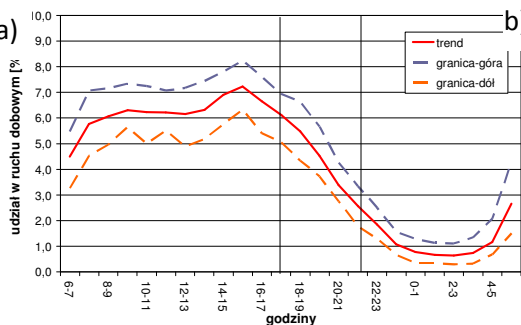
Tab. 27 Przeciętne procentowe udziały godzinowe w ruchu dobowym natężenia w wyróżnionych okresach *d, w, n*

| grupa pojazdów | górna granica średniego udziału w ruchu dobowym natężenia godzinowych w okresie | | | średni udział w ruchu dobowym natężenia godzinowych w okresie | | | dolna granica średniego udziału w ruchu dobowym natężenia godzinowych w okresie | | |
|----------------|---|---------|-----|---|---------|-----|---|---------|-----|
| | dzień | wieczór | noc | dzień | wieczór | noc | dzień | wieczór | noc |
| lekkie | 6,6 | 5,0 | 1,7 | 6,2 | 4,2 | 1,1 | 5,7 | 3,2 | 0,7 |
| ciężkie | 6,5 | 4,9 | 3,6 | 5,5 | 3,9 | 2,3 | 4,5 | 2,6 | 1,2 |
| wszystkie | 6,5 | 4,8 | 2,0 | 6,0 | 4,2 | 1,4 | 5,5 | 3,4 | 0,8 |

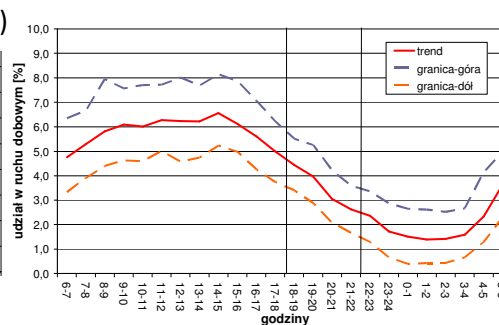
Grupa odcinków – przejścia przez małe miejscowości

GP

a)



b)

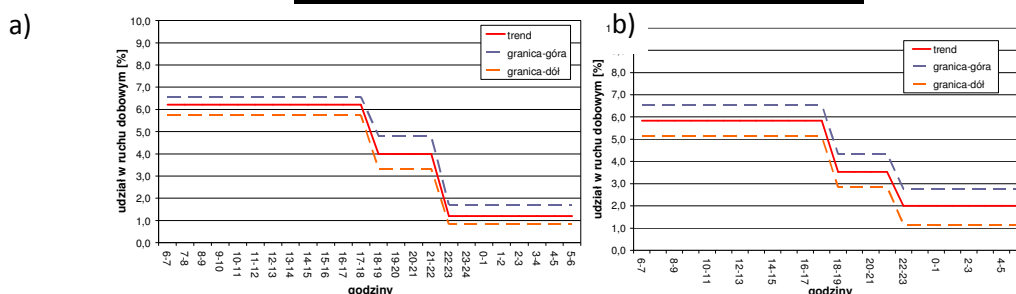


Rys. 39. Profil zmienności natężenia w ciągu doby z granicami określającymi jego wahania w godzinie;

a – wszystkie pojazdy, b – pojazdy ciężkie

Tab. 28 Procentowe udziały w ruchu dobowym natężeń z wyróżnionych okresów dnia *d*, wieczora *w* i nocy *n*

| | średni udział w ruchu dobowym natężenia z okresu [%] | | |
|----------------|--|---------------|---------------|
| grupa pojazdów | dzień | wieczór | noc |
| lekkie | $U_{dl}=75,6$ | $U_{wl}=16,4$ | $U_{nl}=8,0$ |
| ciężkie | $U_{dc}=70,0$ | $U_{wc}=14,0$ | $U_{nc}=16,0$ |
| wszystkie | $U_d=74,4$ | $U_w=16,0$ | $U_n=9,6$ |



Rys. 40. Przeciętne udziały godzinowe w ruchu dobowym natężeń z wyróżnionych okresów *d*, *w*, *n* z granicami określającymi zakres ich zmienności; a – wszystkie pojazdy, b – pojazdy ciężkie

Tab. 29 Przeciętne procentowe udziały godzinowe w ruchu dobowym natężeń w wyróżnionych okresach *d*, *w*, *n*

| grupa pojazdów | górną granicę średniego udziału w ruchu dobowym natężeń godzinowych w okresie | | | średni udział w ruchu dobowym natężeń godzinowych w okresie | | | dolną granicę średniego udziału w ruchu dobowym natężeń godzinowych w okresie | | |
|----------------|---|---------|-----|---|---------|-----|---|---------|-----|
| | dzień | wieczór | noc | dzień | wieczór | noc | dzień | wieczór | noc |
| lekkie | 6,6 | 4,9 | 1,5 | 6,3 | 4,1 | 1,0 | 5,9 | 3,3 | 0,7 |
| ciężkie | 6,5 | 4,3 | 2,8 | 5,8 | 3,5 | 2,0 | 5,1 | 2,8 | 1,1 |
| wszystkie | 6,6 | 4,8 | 1,7 | 6,2 | 4,0 | 1,2 | 5,7 | 3,3 | 0,8 |

5.3. Analiza ustalania prędkości

Wprowadzenie

Podstawowymi parametrami determinującymi poziom emisji dźwięku przez potoki pojazdów na drogach są: natężenie ruchu i jego struktura rodzajowa, prędkość pojazdów w wyróżnionych grupach rodzajowych, pochylenie drogi oraz rodzaj nawierzchni. W najczęściej stosowanych modelach obliczeniowych przyjmuje się średnie wartości parametrów ruchu charakteryzujące poszczególne okresy obliczeniowe, tj. godziny 6:00 ÷ 18:00, 18:00 ÷ 22:00 i 22:00 ÷ 6:00. W dostosowaniu do takich wymagań wykonano także oszacowanie wartości prędkości średnich przy uwzględnieniu możliwego wpływu różnych czynników na tę prędkość. Zbiór takich czynników jest obszerny, co powoduje dużą zmienność zachowań kierujących pojazdami w różnych okolicznościach drogowo-ruchowych i do celów praktycznych wymaga stosowania uproszczeń w stopniu dopuszczalnym celem obliczeń i ich wymaganą dokładnością. Złożoność zagadnienia opisu prędkości potoków ruchu dobrze ilustruje poniższy przegląd determinant wyboru prędkości przez kierujących pojazdami. Determinanty te można podzielić na dwie grupy:

- cechy osobowe kierujących i postrzeganie przez nich drogi,
- czynniki drogowe i stan ruchu.

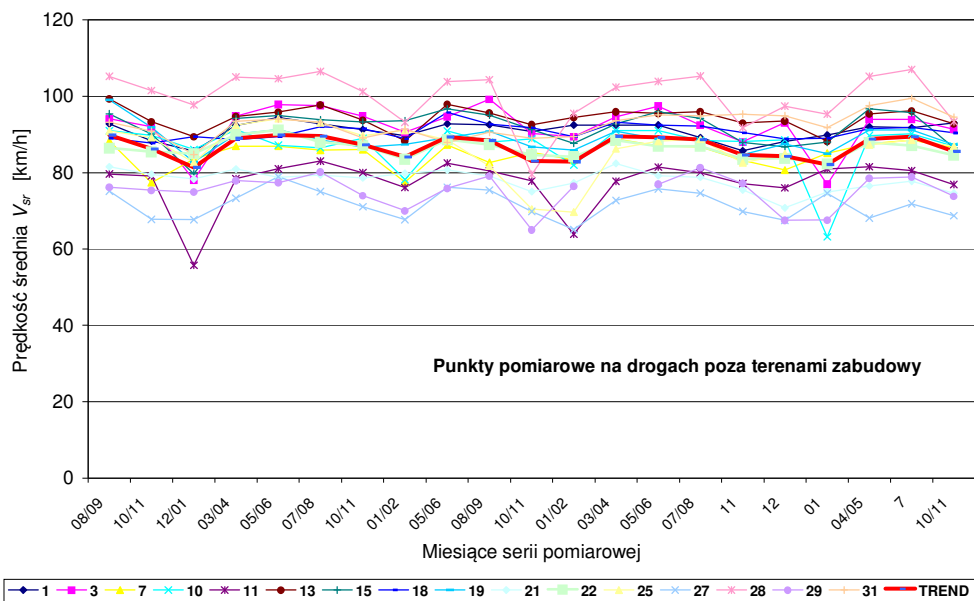
W części prac badawczych wybór prędkości przez kierowców był rozważany łącznie ze względu na cechy osobowe i oddziaływanie czynników drogowo-ruchowych.

Badania empiryczne i oszacowania prędkości średnich dla wybranych warunków drogowo-ruchowych

Podstawą do oszacowań prędkości średniej potoku ruchu i wybranych grup pojazdów były:

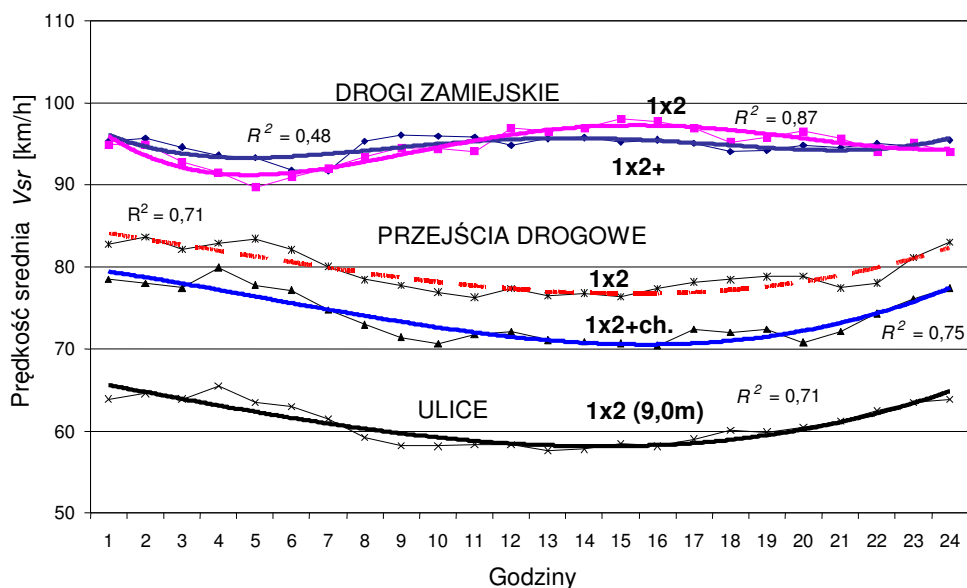
- wyniki badań empirycznych realizowanych cyklicznie od 2002 roku na zlecenie Krajowej Rady Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego przy współdziałaniu autorów raportu (powtarzane co 2 miesiące 24-godzinne pomiary ruchu w 48 przekrojach dróg i ulic, w tym 16 punktów pomiarowych ma inną lokalizację w każdej serii pomiarowej);
- wyniki badań empirycznych zrealizowanych w latach 1998 – 2000 przez Politechnikę Krakowską na zlecenie GDDP „Szczegółowa diagnoza problemu prędkości na drogach zamiejskich i przejściach przez małe miejscowości”;
- wybrane wyniki badań empirycznych wykonanych w ramach monitoringu ruchu przez Biuro Studiów – Wydział Sieci Drogowej GDDKiA w Warszawie;
- własne prace badawcze autorów raportu.

Ze względu na sposób obliczeń emisji hałasu, wartości prędkości średniej dla każdego z typów odcinków dróg szacowano dla okresu rocznego w różnych przedziałach doby (godziny 6:00 ÷ 18:00, 18:00 ÷ 22:00 i 22:00 ÷ 6:00) i z uwzględnieniem grupy rodzajowej pojazdów. Takie szacunki były możliwe dzięki dysponowaniu wartościami prędkości w interwałach godzinowych dla całej doby i z różnych pór roku. W przypadku dysponowania danymi z pomiarów tylko w jednej z pór roku stosowano korektę wyników obliczeń z uwagi na sezonowe wahania prędkości. Obraz takich wahań pokazano na rys. 41.



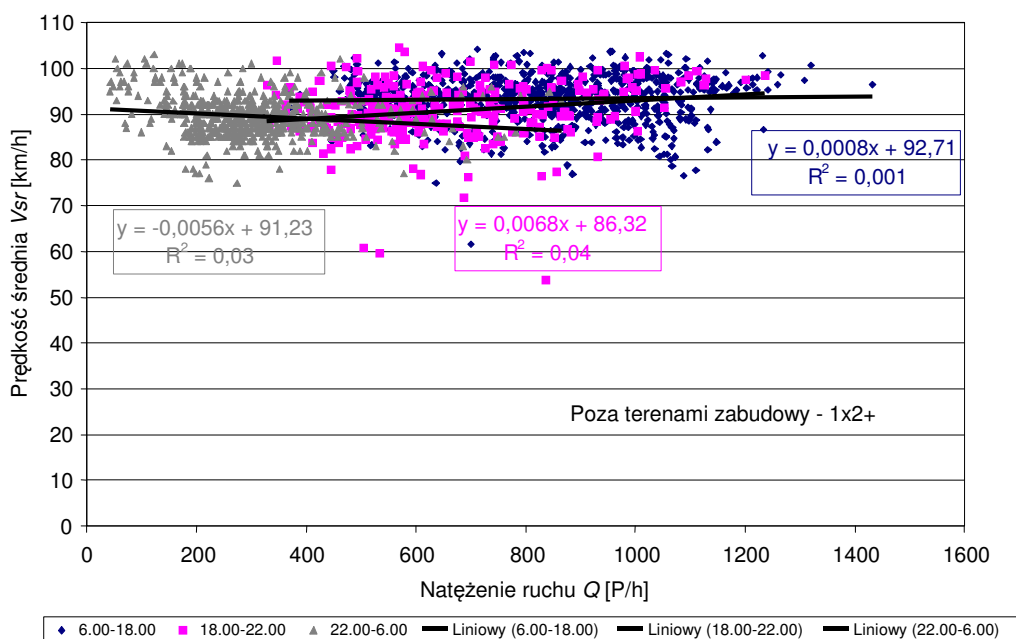
Rys. 41. Zmiany wartości prędkości średniej w potokach ruchu w kolejnych seriach pomiarowych na drogach poza terenami zabudowy od roku 2002 (dane z raportu nr 7 Signalco/Trafik/BIT dla KRBRD)

W przypadku dostępu do danych pomiarowych z okresu krótszego niż doba stosowano także korektę wyników obliczeń z uwagi na dobowe wahania prędkości. Są one znaczące na terenach zabudowy, a nieco mniejsze na odcinkach dróg poza terenami zabudowy. Na odcinkach dróg przechodzących przez małe miejscowości dobowe zmiany prędkości należy wiązać nie tylko ze zmianami natężenia ruchu, ale także ze specyfiką zachowań kierujących pojazdami, gdyż obejmują one także grupę pojazdów w ruchu swobodnym. Przykład obrazu dobowych zmian prędkości na wybranych odcinkach dróg i ulic pokazano rys. 42.

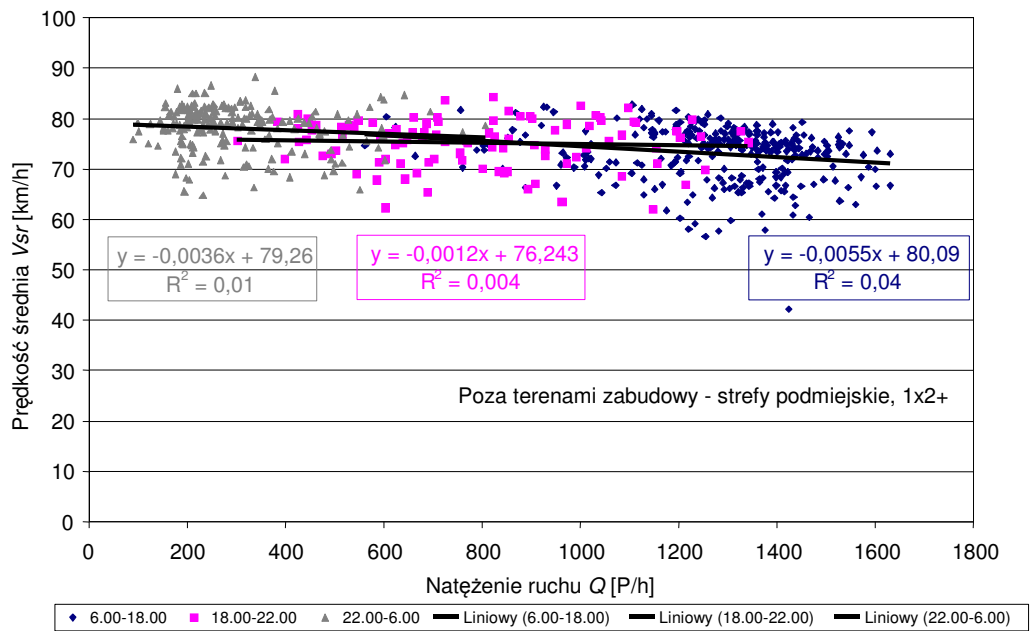


Rys. 42. Przykład ilustrujący zmiany wartości prędkości średniej pojazdów lekkich w ruchu swobodnym w okresie doby (przed obniżeniem limitu prędkości z 60 na 50 km/h)

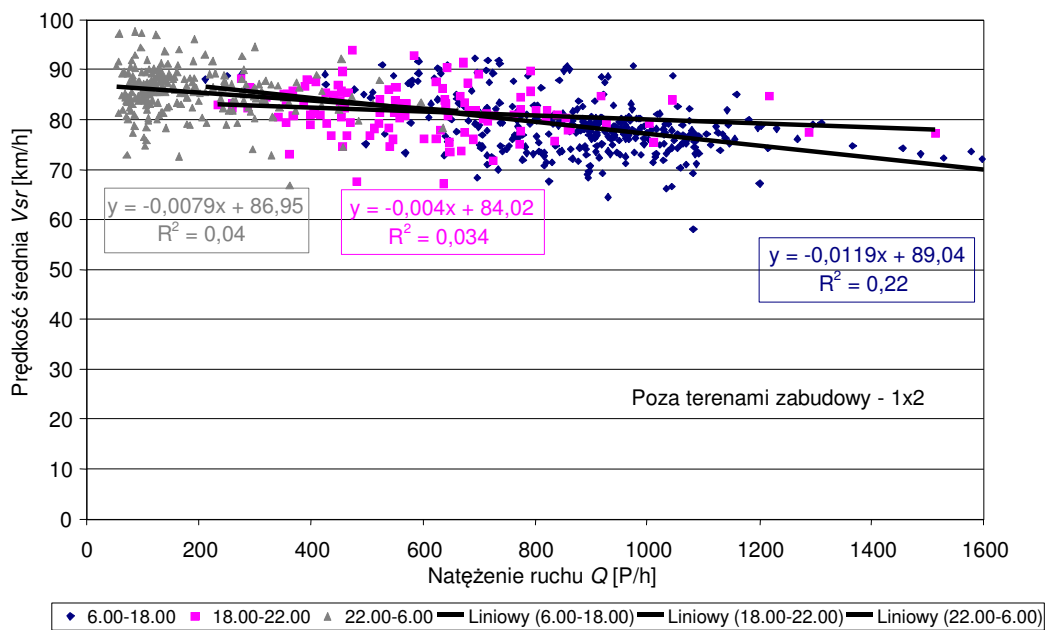
Jednym z czynników determinujących prędkość pojazdów w potoku ruchu jest natężenie tego ruchu. Jednak bardziej znaczący wpływ natężenia ruchu na prędkość średnią ujawnia się dopiero po przekroczeniu określonej wartości wyrażanej zwykle liczbą pojazdów w godzinie. Nawet przy dużych wartościach dobowego natężenia ruchu, z uwagi na jego zmienność w okresie doby, występują przedziały godzin ze stosunkowo małym natężeniem ruchu. W takich przypadkach dla dość szerokiego przedziału natężeń ruchu można przyjmować jedną wartość prędkości średniej jako reprezentatywną. Dopuszczalność takiego założenia potwierdzają wykonane analizy zależności prędkości od natężenia ruchu zilustrowane na rys. 43 ÷ 4 7.



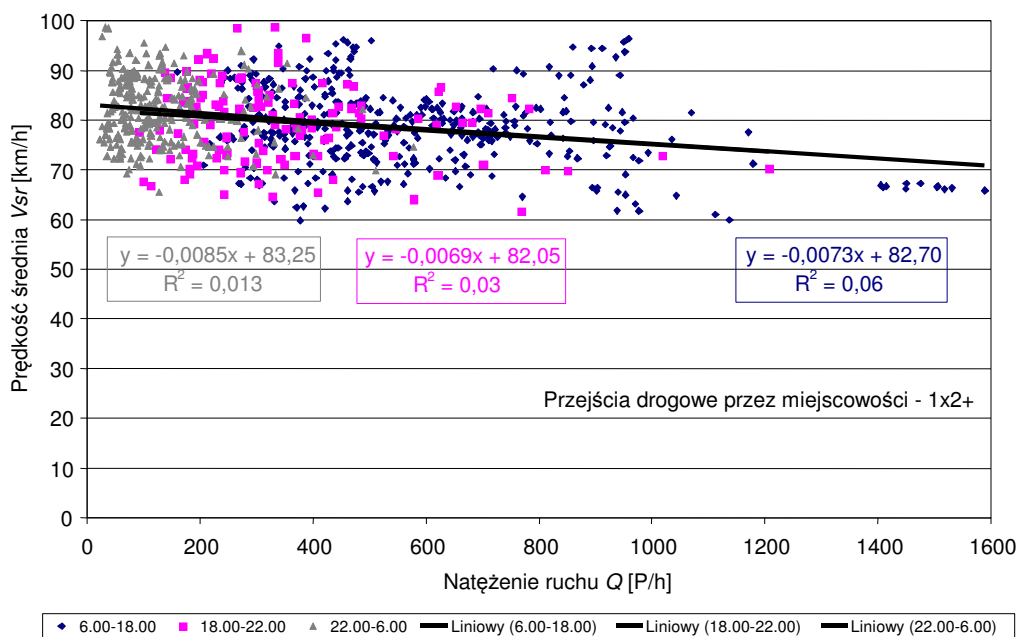
Rys.4 3. Zależność prędkości średniej potoku pojazdów od natężenia ruchu w różnych okresach doby – odcinki dróg poza terenami zabudowy, przekroje 1x2+



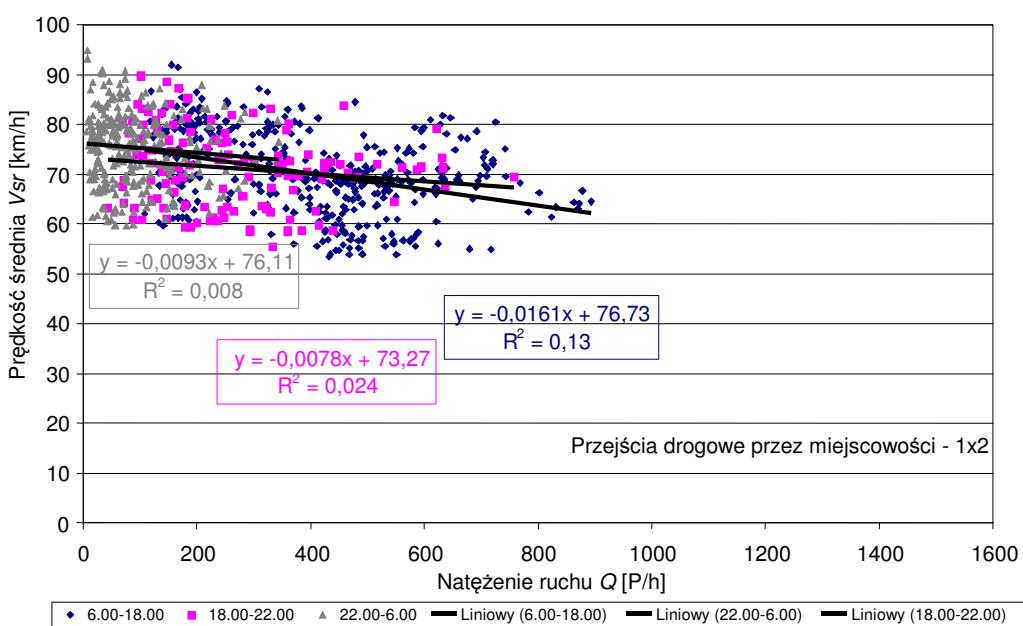
Rys. 44. Zależność prędkości średniej potoku pojazdów od natężenia ruchu w różnych okresach doby – odcinki dróg poza terenami zabudowy w strefach podmiejskich, przekroje 1x2+



Rys. 45. Zależność prędkości średniej potoku pojazdów od natężenia ruchu w różnych okresach doby – odcinki dróg poza terenami zabudowy, przekroje 1x2



Rys. 46. Zależność prędkości średniej potoku pojazdów od natężenia ruchu w różnych okresach doby – odcinki przejść drogowych przez miejscowości z limitem 50/60 km/h, przekroje 1x2+



Rys. 47. Zależność prędkości średniej potoku pojazdów od natężenia ruchu w różnych okresach doby – odcinki przejść drogowych przez miejscowości z limitem 50/60 km/h, przekroje 1x2

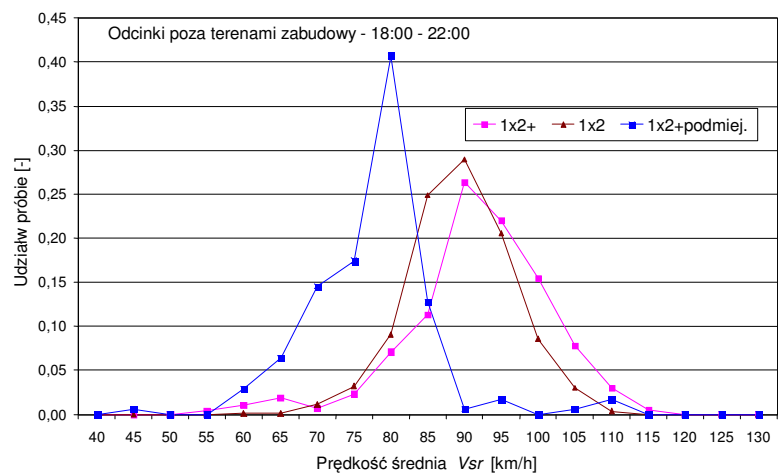
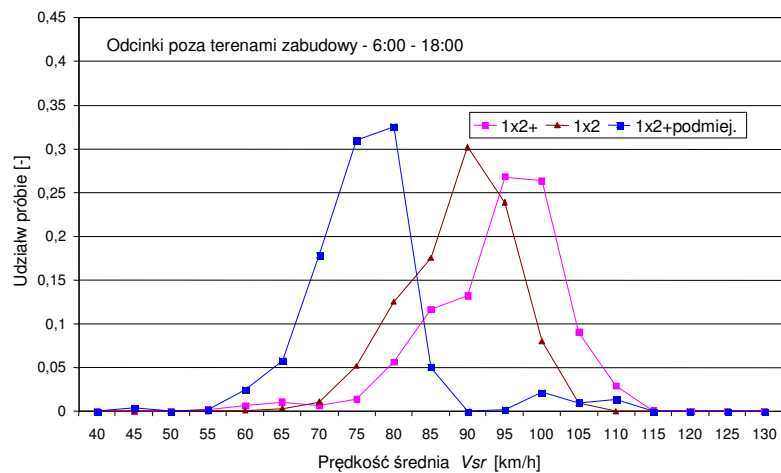
Uwzględniając opisane powyżej zależności i sposób wyznaczania uśrednionych wartości prędkości średniej zestawionych w dalszej części rozdziału, zaleca się przyjmować dla natężeń dobowych większych od 20000 P/24 h prędkości średnie w okresie dnia pomniejszane o 2 km/h na każde 2000 P/24h powyżej 20000 P/24 h w przekroju drogi jednojezdniowej dwupasowej.

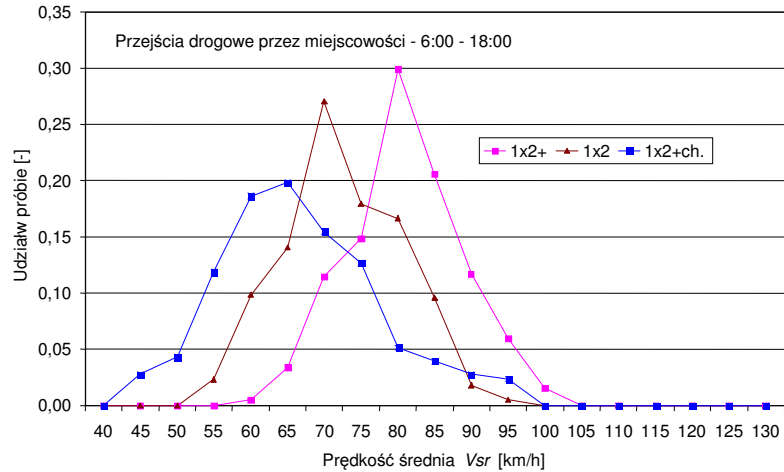
Ponieważ badania prędkości prowadzone były na odcinkach dróg o pochyleniu mniejszym od 4%, to w przypadku oszacowanych prędkości średnich dla pojazdów ciężarowych należałoby

stosować korektę na pochyleniach w zależności od ich długości. Uwzględniając najnowsze badania prędkości pojazdów ciężarowych na wzniesieniach można zaproponować zmniejszanie prędkości samochodów ciężarowych z uwagi na wpływ wzniesienia na odcinkach dróg poza terenami zabudowy w sytuacjach, gdy wyjściowa wartość prędkości średniej jest większa od 80 km/h.

Odrębnym problemem jest wyznaczanie średnich prędkości na odcinkach dróg z lokalnymi ograniczeniami prędkości. We własnych badaniach stwierdzono, że wpływ znaku ograniczenia prędkości może być zróżnicowany, a redukcja prędkości średniej w strefie znaku może wynosić $1 \div 16$ km/h w zależności od wartości prędkości przed znakiem oraz wpływu różnych czynników lokalnych. Brak jest jednak jednoznacznych danych opisujących w sposób precyzyjny skalę przestrzegania lokalnych ograniczeń prędkości. Dlatego przyjęto, że na odcinkach z lokalnymi ograniczeniami prędkości, prędkość średnią można wyznaczać sugerując się zaleceniami przy ustalaniu prędkości miarodajnej do projektowania dróg (zwiększenie prędkości w stosunku do wartości limitu z uwzględnieniem wpływu obecności chodnika na zachowania kierujących pojazdami).

Uwzględniając podane powyżej uwarunkowania oraz dostępne dane oszacowano uśrednione wartości prędkości średnich w grupie pojazdów lekkich i ciężarowych dla różnych przypadków obliczeń emisji hałasu. Należy jednak zauważyć, że uśrednione wartości reprezentują przypadki o znacznym rozrzucie prędkości średniej w każdej z analizowanych prób odcinków dróg. Skalę tego rozrzutu ilustrują histogramy empirycznych rozkładów prędkości średniej obliczanej dla interwałów godzinowych (rys. 48).





Rys. 48. Histogramy empirycznych rozkładów prędkości średnich w interwałach godzinowych na różnych odcinkach dróg w analizowanych próbach.

5.4. Przyjęte wartości prędkości średniej do obliczeń emisji hałasu

Oszacowane zgodnie z podanymi powyżej 3 uwarunkowaniami wartości prędkości średnich do obliczeń emisji hałasu zestawiono w tabl. 30 ÷ 32.

Tabl. 30. Zestawienie wyników analizy prędkości średniej pojazdów lekkich i ciężarowych w odniesieniu do całego roku

| Godziny | Lokalizacja a | TYP PRZEKROJU | Rodzaj pojazdów | |
|--------------|--------------------|--------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| | | | Pojazdy lekkie V_{sr} [km/h] | Pojazdy ciężarowe V_{sr} [km/h] |
| 6:00 – 18:00 | Odcinki zamiejskie | 1x2+ | 96 | 82 |
| | | 1x2+podmiej | 74 | 70 |
| | | 1x2 | 90 | 78 |
| | | 1x2+OBW | 96 | 84 |
| | | 1x2+EX | 106 | 85 |
| | Miejscowości | 1x2+ | 79 | 74 |
| | | 1x2 | 71 | 67 |
| | | 1x2-CH | 65 | 62 |
| | 18:00 – 22:00 | Odcinki zamiejskie | 1x2+ | 94 |
| 1x2+podmiej | | | 76 | 71 |
| 1x2 | | | 91 | 79 |
| 1x2+OBW | | | 98 | 84 |
| 1x2+EX | | | 105 | 84 |
| Miejscowości | | 1x2+ | 79 | 74 |
| | | 1x2 | 71 | 68 |
| | | 1x2-CH | 65 | 64 |
| 22:00 – 6:00 | | Odcinki zamiejskie | 1x2+ | 95 |
| | 1x2+podmiej | | 81 | 74 |
| | 1x2 | | 92 | 79 |
| | 1x2+OBW | | 97 | 83 |
| | 1x2+EX | | 103 | 83 |
| | Miejscowości | 1x2+ | 85 | 77 |
| | | 1x2 | 77 | 71 |
| | | 1x2-CH | 72 | 68 |
| | Doba | Autostrady | 110 | 85 |

| | | | |
|--|---------------------------|------------|-----------|
| | Drogi ekspresowe 2/2, 2/3 | 100 | 85 |
|--|---------------------------|------------|-----------|

Występujące w tabl. 2 symbole typu przekroju oznaczają: 1x2+ - przekrój jednojezdniowy z pobocznymi bitumicznymi, 1x2+podmiej - przekrój jednojezdniowy z pobocznymi bitumicznymi w strefie podmiejskiej, 1x2 - przekrój jednojezdniowy z pobocznymi gruntowymi, 1x2+OBW - przekrój jednojezdniowy z pobocznymi bitumicznymi w ciągu obwodnicy, 1x2+EX - przekrój jednojezdniowy drogi ekspresowej z pobocznymi bitumicznymi, 1x2-CH - przekrój jednojezdniowy z chodnikami

Tabl. 31. Oszacowanie prędkości średniej pojazdów lekkich i ciężarowych w odniesieniu do całego roku na podstawie wyrwykowych pomiarów dla wybranych typów przekroju poprzecznego

| Godziny | Lokalizacja | TYP PRZEKROJU | Rodzaj pojazdów | |
|---------------|--------------|---------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| | | | Pojazdy lekkie V_{sr} [km/h] | Pojazdy ciężarowe V_{sr} [km/h] |
| 6:00 – 18:00 | ki zamiej | 1x3 | 96 | 82 |
| | | 1x4 | 96 | 82 |
| | | 2x2 | 100 | 85 |
| | Miejscowości | 1x3 | 78 | 74 |
| | | 1x4 | 78 | 74 |
| | | 2x2 | 78 | 74 |
| 18:00 – 22:00 | ki zamiej | 1x3 | 96 | 82 |
| | | 1x4 | 96 | 82 |
| | | 2x2 | 100 | 85 |
| | Miejscowości | 1x2 | 78 | 74 |
| | | 1x4 | 78 | 74 |
| | | 2x2 | 78 | 74 |
| 22:00 – 6:00 | ki zamiej | 1x3 | 96 | 82 |
| | | 1x4 | 96 | 82 |
| | | 2x2 | 100 | 85 |
| | Miejscowości | 1x2 | 85 | 77 |
| | | 1x4 | 85 | 77 |
| | | 2x2 | 85 | 77 |

Tabl. 32. Oszacowanie prędkości średniej pojazdów lekkich i ciężarowych na odcinkach z lokalnymi ograniczeniami prędkości poza terenami zabudowy na drogach jednojezdniowych

| Grupa przekrojów poprzecznych | Ograniczenie prędkości [km/h] | Rodzaj pojazdów | |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| | | Pojazdy lekkie V_{sr} [km/h] | Pojazdy ciężarowe V_{sr} [km/h] |
| Drogi jednojezdniowe poza terenami zabudowy | | | |
| Jezdnia ograniczona krawężnikiem | 40 | 50 | 46 |
| | 50 | 60 | 56 |
| | 60 | 67 | 63 |
| | 70 | 75 | 71 |
| | 80 | 80 | 76 |
| Jezdnia nie ograniczona krawężnikiem | 40 | 55 | 51 |
| | 50 | 65 | 61 |
| | 60 | 70 | 66 |
| | 70 | 80 | 76 |

| | | | |
|--|-----|-----|----|
| | 80 | 85 | 80 |
| Drogi jednojezdniowe na terenach zabudowy | | | |
| Jezdnia ograniczona krawężnikiem | 40 | 50 | 46 |
| Jezdnia nie ograniczona krawężnikiem | 40 | 55 | 51 |
| Drogi dwujezdniowe | | | |
| - | 90 | 90 | 80 |
| - | 100 | 100 | 85 |

Zalecane korekty wartości prędkości przyjmowanych z tabl. 31 i 32.

W przypadkach wzniesień o pochyleniu 4% i więcej należy stosować korektę prędkości średnich samochodów ciężarowych zgodnie z tabl. 5 dla wyjściowych prędkości większych od 80 km/h.

Tabl. 33. Wartości korekt prędkości średniej samochodów ciężarowych na wzniesieniach.

| Długość wzniesienia [m] | Pochylenie wzniesienia | | |
|-------------------------|------------------------|-----------|-----------|
| | 4% | 5% | 6% |
| 200 ÷ 400 | - 8 km/h | - 10 km/h | - 15 km/h |
| 400 ÷ 600 | - 11 km/h | - 15 km/h | - 22 km/h |
| 600 ÷ 800 | - 14 km/h | - 20 km/h | - 30 km/h |
| 800 ÷ 1000 | - 17 km/h | - 25 km/h | - 34 km/h |
| 1000 ÷ 1200 | - 20 km/h | - 28 km/h | - 36 km/h |
| >1200 | - 23 km/h | - 30 km/h | - 38 km/h |

Jeśli przyjęta do obliczeń prędkość średnia jest mniejsza od 80 km/h należy podana w tabl. 2 poprawkę zmniejszyć o wartość $(80 - V_{sr})$, gdzie V_{sr} jest średnią prędkością samochodów ciężarowych przyjmowaną dla danego typu przekroju poprzecznego.

W przypadkach, gdy dobowe natężenie ruchu przekracza 20000 P/h zaleca się obniżyć wartości prędkości średnich w okresie dnia w przekroju drogi jednojezdniowej dwupasowej o 2 km/h na każde 2000 P/24h powyżej 20000 P/24 h.

Na drogach o dużej intensywności punktów dostępności - liczba wjazdów/1 km drogi większa od 30 – zaleca się stosować obniżenie prędkości średniej o 2 km/h na każde dodatkowe 12 wjazdów na 1 km drogi.

6. Analiza sposobu prowadzenia pomiarów hałasu w otoczeniu drogi w nawiązaniu do obowiązującego rozporządzenia

Opis metod

Metody i wymogi dotyczące wykonywania pomiarów hałasu środowiskowego reguluje obowiązujące rozporządzenie [0]. Określa ono:

- Przypadki, w których są wymagane;
 - a. ciągłe pomiary poziomów wskazanych energii w środowisku,
 - b. okresowe pomiary poziomów wskazanych substancji lub energii w środowisku.
- Referencyjne metodyki wykonywania pomiarów nazywane także metodykami referencyjnymi.
- Sposoby ewidencjonowania wyników przeprowadzonych pomiarów.

W ramach rozporządzenia [11] określono wskaźniki równoważnego poziomu hałasu w porze dnia (6-22) $L_{Aeq,D}$ oraz w porze nocy (22-6) $L_{Aeq,N}$, które służą do ustalania i kontroli warunków korzystania ze środowiska w odniesieniu do jednej doby. Rozporządzenie ani inne

obowiązujące przepisy nie wskazują w ciągu jakiej doby roku należy prowadzić pomiary. Wytyczne przygotowane w ramach tego projektu badawczego wskazują, że pomiary poziomu równoważnego hałasu powinny być wykonywane w robocze dni tygodnia z wyłączeniem wszelkich dni świątecznych i wolnych od pracy.

W rozporządzeniu wskazuje się, że wyznaczenie równoważnego poziomu dźwięku A może następować przy wykorzystaniu:

- ✓ **Ciągłej rejestracji hałasu powodowanego przez ruch drogowy – metoda pomiarów ciągłych.** Metoda ta stosowana jest w nieprzerwanych wielogodzinnych lub wielodniowych pomiarach poziomu hałasu w danym punkcie pomiarowym w czasie odniesienia T. W metodzie tej możliwe jest podzielenie czasu doniesienia T na krótsze czasy pomiaru (obserwacji) przy zachowaniu warunku, że przedziały te będą równe a ich suma będzie równa czasowi odniesienia T. Taki podział w praktyce umożliwia uzyskanie dodatkowych danych i informacji o zmienności charakterystyk źródła hałasu (np. zmienności ruchu). Pomiarom wykonywanym w ramach tej metody muszą towarzyszyć pomiary parametrów ruchu drogowego (natężenie ruchu pojazdów poszczególnych kategorii oraz ich prędkości). Szczegółowe zasady wykonywania tego rodzaju pomiarów podano w wytycznych [2]. W trakcie pomiarów ciągłych możliwe jest przerwanie pomiaru hałasu w okresie dnia (6-22) nie dłużej niż przez 1,5 godziny, a w porze nocy (6-22) nie dłużej niż 1 godzinę. Przerwy te zapewniają możliwość serwisu urządzeń, wymiany źródeł zasilania, uniknięcia pomiaru podczas występujących zakłóceń, opadów atmosferycznych itp. Przerwy w pomiarze powinny być uzupełnione metodą obliczeniową zgodnie z [11] pod warunkiem, że w tym czasie prowadzone są nadal pomiary parametrów ruchu drogowego.
- ✓ **Pomiarów poziomu ekspozycyjnego dźwięku w odniesieniu do pojedynczych zdarzeń akustycznych** (przejazdów pojazdów). Metoda stosowana jest w celu określenia poziomów hałasu wprowadzanego do środowiska w związku z eksploatacją m.in. dróg publicznych o natężeniach ruchu nieprzekraczających 300 pojazdów na godzinę. Metody tej w praktyce nie stosuje się podczas pomiarów dla odcinków dróg krajowych związanych z typowymi opracowaniami środowiskowymi (części akustyczne raportów o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko i kart informacyjnych przedsięwzięcia, analiz porealizacyjnych i przeglądów ekologicznych, map akustycznych). Szczegółowy opis tej metody znajduje się w załączniku nr 3, pkt F rozporządzenia [0].
- ✓ **Pomiarów poziomów hałasu wprowadzanego do środowiska przez ruch drogowy z wykorzystaniem próbkowania** – metoda z wykorzystaniem próbkowania. Metoda ta stosowana jest w pomiarach poziomów hałasu wprowadzanego do środowiska przez ruch drogowy o natężeniu przekraczającym 300 pojazdów na godzinę. Metodę tą stosuje się rzadko ze względu na zmienność parametrów ruchu w okresie doby, tygodnia oraz miesiąca jakie występują w przypadku większości dróg. Podobnie jak w przypadku metody pomiaru hałasu od pojedynczych zdarzeń akustycznych metody tej w praktyce nie stosuje się w typowych opracowaniach środowiskowych.
- ✓ **Obliczeń opartych o modele rozprzestrzeniania się dźwięku w środowisku – metody obliczeniowe.**

Spośród powyżej wymienionych metod pomiarów hałasu najczęściej wykorzystywana jest metoda pomiarów ciągłych w okresie pojedynczej doby w tym samym punkcie pomiarowym. Poniższy opis dotyczy głównych zasad prowadzenia pomiarów dla metody pomiarów ciągłych i pojedynczych zdarzeń a także próbkowania (p. 1-3 powyżej).

Lokalizacja punktów pomiaru hałasu w otoczeniu drogi

Lokalizacja każdego punktu pomiarowego powinna być ustalana indywidualnie. Należy brać pod uwagę przede wszystkim cel pomiarów (weryfikacja i kalibracja modelu obliczeniowego lub określenie hałasu środowiskowego na odcinku drogi albo określenie najgłośniejszych miejsc na terenach objętych ochroną przed hałasem), charakterystykę

i lokalizację drogi oraz własności pochłaniające i odbijające terenu oraz zagospodarowania terenu.

Lokalizację punktu pomiarowego należy tak wyznaczyć, aby wyniki pomiaru charakteryzowały klimat akustyczny z całego jednorodnego odcinka drogi. Jednorodność odcinka drogi oznacza, że na danym odcinku występuje to samo natężenie ruchu pojazdów jak i warunki ruchu oraz otoczenie drogi charakteryzuje się podobnym sposobem zagospodarowania. Szczegółowe warunki lokalizacji punktów pomiarowych (wysokość nad poziomem terenu lub ekranu akustycznego, odległość od drogi lub obiektu, dla którego są wykonywane pomiary) zostały podane w rozporządzeniu [11] oraz w wytycznych [2]. W wytycznych [2] podano także dodatkowe zalecenia do wykonywania pomiarów hałasu podczas wykonywania pomiarów cyklicznych (generalnego pomiaru hałasu).

Wykonana analiza na podstawie dotychczas wykonywanych pomiarów wskazuje, że w trakcie wyznaczania lokalizacji punktów pomiarowych należy uwzględnić następujące uwarunkowania i zalecenia:

- War.1.** Wybór miejsc (punktów) wykonywania pomiarów powinien być poprzedzony wizją w terenie i powinien on być uzależniony przede wszystkim od bezpieczeństwa osób wykonujących te pomiary.
- War.2.** Lokalizacja punktów pomiarowych może budzić zastrzeżenia osób mieszkających na terenie, na którym będą wykonywane pomiary. W takich przypadkach należy skonsultować lokalizację punktów pomiarowych z bezpośrednio zainteresowanymi (w trakcie wizji terenowej), w celu uniknięcia konfliktów na etapie wykonywania pomiarów lub po przedstawieniu ich wyników w opracowaniu.
- War.3.** Punkty pomiarowe w przypadku oceny narażenia ludzi na hałas powinny być lokalizowane w pobliżu pierwszej linii zabudowy od drogi w miejscach reprezentatywnych dla budynku lub grupy budynków z wyłączeniem miejsc osłoniętych np. przez budynki gospodarcze.
- War.4.** Liczba punktów pomiarowych powinna być ograniczona tylko do niezbędnych (najczęściej jeden punkt pomiarowy na odcinek jednorodny) z uwagi na koszty pomiarów oraz możliwość używania metody obliczeniowej w przypadku analiz dla obszaru czy innych punktów związanych z wielkością poziomu hałasu.
- War.5.** W przypadku występowania na poddaszu budynku mieszkalnego pomieszczeń na pobyt ludzi (np. sypialnie) punkt pomiarowy powinien być w miarę możliwości zlokalizowany w pobliżu reprezentatywnego okna połaciowego.
- War.6.** W przypadku, jeżeli celem pomiarów hałasu jest ocena skuteczności działania ekranu akustycznego lub wału ziemnego punkt pomiarowy powinien być zlokalizowany przy elewacji chronionego budynku, który znajduje się w cieniu akustycznym. Jeżeli natomiast celem pomiarów jest zebranie danych potrzebnych do weryfikacji modelu obliczeniowego, punkt pomiarowy należy lokalizować poza cieniem akustycznym powodowanym np. przez ekrany akustyczne lub inne budynki.
- War.7.** W przypadku oceny źródła dźwięku punkty pomiarowe lokalizowane są w odległości 10 m od skrajnego pasa ruchu dróg publicznych (w tym dróg krajowych) oraz przeważnie na wysokości $4.0\text{ m} \pm 0.2\text{ m}$ na terenie niezabudowanym poza granicą miasta [0, 0]. Miejsca te stanowią punkty referencyjne, w których wartości poziomu hałasu w uproszczeniu można traktować jako wielkość emisji hałasu.
- War.8.** Zgodnie z zapisami rozporządzenia [11] w przypadku, w którym pomiar był wykonywany w punkcie zlokalizowanym w odległości mniejszej niż 2.0 m od elewacji budynku, przy zamkniętych lub uchylonych oknach, równoważny poziom dźwięku pomniejsza się (obliczeniowo) o 3 dB. Konieczność odejmowania 3 dB od wyników pomiarów wykonywanych w bliskiej odległości od elewacji budynków jest w wielu przypadkach bardzo problematyczna i może prowadzić do błędów. Z reguły wpływ odbić dźwięku od elewacji budynków jest mniejszy od wartości, która musi być obligatoryjnie odejmowana od wyników pomiarów. Powoduje to sytuacje, w których wyniki pomiarów

mogą być sztucznie zaniżane do wartości mniejszych niż w rzeczywistości. Powstają także rozbieżności pomiędzy wynikami pomiarów oraz obliczeń – np. w metodzie francuskiej NMPB-Routes 96 wpływ ten jest, w zdecydowanej większości przypadków, mniejszy niż 3 dB. Obecnie wymogi prawne [11] nie pozwalają natomiast np. na obliczenie faktycznego wpływu dźwięków odbitych od elewacji budynków i odejmowanie ich od wyników pomiarów.

Urządzenia do pomiarów hałasu w otoczeniu drogi

W rozporządzeniu [11] oraz w wytycznych [2] określono szczegółowe zasady dotyczące urządzeń (nazywanych również przyrządami lub miernikami), za pomocą których wykonywane są pomiary równoważnego poziomu dźwięku pochodzącego od dróg. Zestawy pomiarowe powinny odpowiadać wymaganiom stawianym miernikom całkującym lub całkująco – uśredniającym. Mierniki poziomu dźwięku oraz kalibratory akustyczne używane do wykonywania pomiarów powinny posiadać klasę dokładności 1 oraz powinny one posiadać świadectwa wzorcowania (wydawane w laboratoriach wzorcujących wyposażonych w certyfikat akredytacji) nie starsze niż 2 lata.

W trakcie pomiarów poziomu hałasu środowiskowego urządzenia powinny mieć włączoną stałą czasową FAST i charakterystykę korekcyjną A oraz niezależnie od warunków atmosferycznych powinny być wyposażone w osłonę przeciwwietrzną. Urządzenia te powinny także zapewniać możliwość rejestrowania w pamięci przebiegu zmian poziomu dźwięku w czasie odniesienia z krokiem próbkowania nie większym niż 1 s. Dane zarejestrowane w pamięci urządzeń wraz z współczynnikiem kalibracyjnym, po zakończeniu pomiarów, powinny być możliwe do przeniesienia i zarchiwizowania w postaci źródłowej. Dodatkowo urządzenia te powinny umożliwiać przeprowadzenie analizy statystycznej sygnału akustycznego, w szczególności wyznaczenie poziomów statystycznych określonych w normie [10].

Wykonane dotychczas pomiary oraz analiza przypadków związanych z nimi wskazują, że nie powinno się ich prowadzić:

War.2. W czasie, gdy mogą one zagrażać bezpieczeństwu uczestników ruchu i osobom wykonującym pomiar. W sytuacjach takich nie należy wykonywać pomiarów lub przerwać je w przypadku zauważenia zagrożenia.

War.3. W trakcie, kiedy następują zakłócenia akustyczne nie związane z ruchem drogowym, które mogą mieć wpływ na wyniki. Częstym problemem w trakcie pomiarów całodobowych jest występowanie zakłóceń związanych z otoczeniem i charakterem przyległego do drogi terenu oraz przejazdu pojazdów uprzywilejowanych z wykorzystaniem sygnałów dźwiękowych, niskie przeloty statków powietrznych itp. W takich sytuacjach pomiar powinien zostać przerwany lub personel pomiarowy powinien dokładnie odnotować czas trwania takich zdarzeń, aby możliwe było podczas obróbki pomiaru odrzucenie wyników pomiarów z występującymi zakłóceniami.

War.4. W trakcie i po opadach atmosferycznych, kiedy nawierzchnia drogowa jest mokra, pokryta błotem, śniegiem lub lodem. W praktyce dane z pomiarów podczas opadów atmosferycznych powinny zostać wyłączone z wyników.

War.5. W warunkach meteorologicznych innych niż określone w kolejnym punkcie.

Warunki meteorologiczne podczas wykonywania pomiarów

Pomiary hałasu powinny być wykonywane wraz z pomiarami warunków meteorologicznych zgodnie z [0, 0] przy uwzględnieniu następujących uwarunkowań:

War.1. Urządzenie do pomiarów warunków meteorologicznych powinno być zlokalizowane w pobliżu punktu pomiaru hałasu na wysokości nie mniejszej niż 3,5 m.

War.2. Temperatura od - 10°C do 50°C.

War.3. Wilgotność względna od 25% do 98%.

War.4. Prędkość wiatru w zakresie od 0 do 5 m/s.

War.5. Ciśnienie atmosferyczne od 900 hPa do 1100 hPa.

War.6. Brak opadów atmosferycznych.

W praktyce powyżej podane warunki pomiarowe dotyczące warunków meteorologicznych powinny być dotrzymane dla wszystkich rodzajów pomiarów hałasu drogowego.

Z dotychczasowych obserwacji i doświadczeń wynika, że pomiar parametrów meteorologicznych może odbywać się w jednym punkcie i wyniki tych pomiarów można odnosić do kilku punktów pomiaru poziomego hałasu zlokalizowanych w pobliżu siebie, tj. w granicach jednej miejscowości lub jednego rejonu dróg krajowych. W takim przypadku konieczne jest, aby możliwe było skorelowanie pomiarów poziomego hałasu z wynikami pomiarów warunków meteorologicznych [11].

Warunki wykonywania pomiarów ruchu drogowego i prędkości potoku pojazdów

Pomiary ruchu drogowego i prędkości pojazdów powinny być wykonywane w tym samym czasie i w tym samym punkcie (przekroju) pomiarowym, co pomiary poziomego hałasu. Z pomiarów poziomego hałasu wyłącza się dni świąteczne i wolne od pracy ze względu na ruch drogowy, który w tych dniach ma inny charakter – mniejszy niż w typowym dniu udział w potoku pojazdów ciężkich powoduje zmianę wielkości poziomego hałasu. Początek pomiarów nie powinien nastąpić wcześniej niż w poniedziałek o godzinie 22.00, a koniec w piątek o godzinie 6.00. Wyjątkiem mogą być pomiary niestandardowe dla dni, które mają na celu np. wykazanie wpływu ruchu turystycznego lub związanego z konkretną działalnością na poziom hałasu. Pomiary ruchu drogowego powinny być prowadzone i sumowane w interwałach 1-godzinnych – ze względu jednak na możliwości wykonania dodatkowych analiz (np. wpływu wahań ruchu) pomiary można wykonywać w interwałach 15-minutowych. Pomiary ruchu powinny być wykonywane oddzielnie dla każdego kierunku ruchu przy zastosowaniu podziału pojazdów na kategorie – co najmniej pojazdy lekkie i pojazdy ciężkie (hałaśliwe). Szczegółowe informacje dotyczące podziału pojazdów podano w wytycznych [2]. Pomiary prędkości powinny być także wykonywane w podziale na co najmniej dwie grupy pojazdów jak w przypadku pomiarów natężeń ruchu. W przypadku pomiarów prędkości można je wykonywać je metodami automatycznymi lub ręcznymi.

Szacowanie niepewności typu A oraz B.

Niepewności typu A.

Niepewność typu A (U_A), jest to niepewność określająca statystyczny rozrzut wyników pomiaru, które traktowane są jako zmienne losowe o danych cechach:

- Powtarzalność
- Niezależność
- Takie samo prawdopodobieństwo zdarzenia
- Pomiar nie ma wpływu na wynik

Niepewność pomiarową typu A, w celu określenia takich wartości jak poziom emisji albo tło akustyczne, których podstawą jest n wykonanych pomiarów jest obliczana na podstawie podanych zasad:

- Wynik pomiarów elementarnych poziomów dźwięku, który przedstawiony jest w „dB”, przekształca się do formy ekspozycji względnej
- Obliczanie wartości średniej
- Obliczanie estymaty dla średniego odchylenia standardowego s
- Szacuje się niepewność, dla której poziom ufności wynosi 95%, uwzględnia się rozkład T-studenta
- Określenie przedziału niepewności, dla której poziom ufności wynosi 95% dla ekspozycji względnej
- Oblicza się granice przedziału niepewności, które wyrażone są w wartości poziomego dźwięku A
- Wartość niepewności obliczana jest dla średniej wartości poziomego dźwięku: $+U_{A,95}^+$ – wartość górna, $-U_{A,95}^-$ – wartość dolna, określane są jako odchylenia

addytywne w stosunku do średniej wartości poziomu dźwięku, dla przedziału niepewności, który został obliczony

Niepewności typu B.

Polega na oszacowaniu niepewności posiadającej asymetryczne granice przedziału ufności w odniesieniu do wartości średniej, wynika to z faktu, że wartość średnią określa się jako średnią energetyczną.

Niepewność pomiarowa typu B (U_B) ma związek z niedokładnością jaka dotyczy przyrządy pomiarowe, procedury badawcze oraz przyjmowane modele zjawisk akustycznych. Określa się ją metodami innymi niż statystyka matematyczna, takimi jak:

- Metryki, certyfikaty
- Dane z literatury
- Uzyskane dane pomiarowe uzyskane we wcześniejszych badaniach
- Znajomość badanego zjawiska
- Wiedza na dany temat oraz uzyskane doświadczenie

7. Analiza czasu i okresu wykonywania pomiaru hałasu drogowego i określenie uwarunkowań stosowania pomiarów wyrwykowych

7.1. Metoda pomiaru i obliczenia

W ramach opracowanie hałas komunikacyjny porównywany był metodami bezpośrednich ciągłych pomiarów w ograniczonym czasie, bezpośrednich pomiarów hałasu z wykorzystaniem próbkowania oraz metody obliczeniowej.

W tym celu przeprowadzono 24-godzinne pomiary hałasu drogowego na 6 poligonach badawczych. Punkty pomiarowe zlokalizowane były w odległości 10m od skrajnej jezdni, na wysokości 4m nad poziomem terenu. Dla każdego poligonu załączone zostało zdjęcie obrazujące lokalizację punktu pomiarowego. Badania przeprowadzono w dobrych warunkach atmosferycznych, czego potwierdzeniem są stabelaryzowane dane dotyczące warunków atmosferycznych, wykonane dla pomiarów przeprowadzonych w ramach GPR. Równoważny poziom dźwięku L_{Aeq} dla pory dnia i nocy metodą bezpośrednich pomiarów ciągłych obliczony został na podstawie wykonanego pomiaru dla każdego z poligonów.

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{T} * \sum_{i=1}^N t_i * 10^{0,1 * L_{Ai}} \right)$$

L_{Aeq} - równoważny poziom dźwięku

T- czas odniesienia [s]

t_i - czas dla, którego określono L_{Ai} [s]

L_{Ai} - średni poziom dźwięku A w kolejnej próbce [dB]

Doba podzielona została na porę dnia od 6:00 do 22:00 oraz porę nocy od 22:00 do 6:00.

Hałas komunikacyjny:

T=16 godzin pory dnia – 6:00-22:00 -> T=57600 [s]

T=8 godzin pory nocy- 22:00-6:00 -> T=28800 [s]

Dane ruchowe wykorzystano do pogrupowania godzin w których:

-Natężenie ruchu pomiędzy poszczególnymi godzinami nie różni się więcej niż 25%

- Udział pojazdów ciężkich pomiędzy poszczególnymi godzinami nie przekracza 10%

Na ich podstawie wyznaczono równoważny poziom dźwięku L_{Aeq} dla pory dnia i nocy metoda bezpośrednich pomiarów ciągłych metodą próbkowania.

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{T} * \sum_{k=1}^n t_k * 10^{0,1 * L_{Aek}} \right)$$

L_{Aeq} - równoważny poziom dźwięku

T- czas odniesienia [s]

t_k - długość k-tego okresu pomiarowego [s]

L_{Aek} - poziom emisji hałasu podczas k-tego okresu pomiarowego [dB]

n-liczba reprezentatywnych okresów pomiarowych

Na podstawie wyników możliwe było porównanie obu metod badania hałasu drogowego, przy podziale na grupy w metodzie próbkowania zgodnie z zaleceniami.

Kolejnym etapem było pogrupowanie godzin w metodzie próbkowania z zwiększonym rozrzutem udziału pojazdów ciężkich do 15% oraz zwiększonym rozrzutem natężenia ruchu do 35%. Po ponownym wyznaczeniu równoważnego poziomu dźwięku i porównaniu z metodą pomiarów ciągłych istnieje możliwość porównania jak duży wpływ na dokładność wyniku ma zwiększenie rozrzutów dotyczących natężenia ruchu oraz udziału pojazdów ciężkich, a co za tym idzie zmniejszenia ilości grup godzinowych, na które podzielone została cała doba. Dodatkowym zabiegiem, który został wykonany w wybranych poligonach badawczych, jest odgórny podział doby na 3 grupy godzinowe w dzień i 2 w nocy, pozwalające określić jak dokładne wyniki można uzyskać robiąc pomiary metodą próbkowania, bez uprzedniej znajomości rozkładu natężenia ruchu.

Dalej dla każdego z poligonów wyznaczono poziom hałasu za pomocą metody obliczeniowej z uwzględnieniem wpływu z odległości i pokrycia terenu, które na każdym poligonie było trawiaste.

$$L_{Aeq}^P = 9,7 \log q + 4,2 \log v + 0,11 p + 33,4 [dB]$$

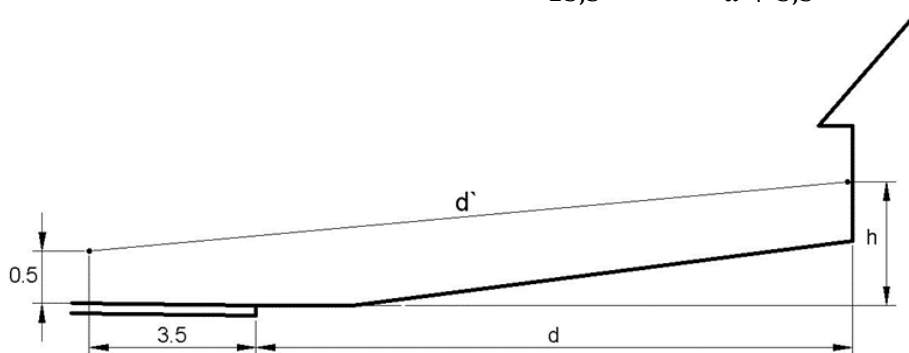
q - natężenie ruchu [P/h]

v – średnia prędkość chwilowa potoku [km/h]

p – udział pojazdów ciężkich [%]

Wpływ odległości oraz pokrycia terenu:

$$\Delta L_{eq}^d = -10,8 \log \frac{d'}{13,5} + 5,2 \log \frac{3h}{d + 3,5}$$



Rys. 49. Schemat przyjmowanych parametrów do obliczeń

W przypadku poligonów badawczych wartości te wynosiły:

h = 4m

d = 10m

$d' = 13,95m$

Końcowym etapem dla każdego z poligonów było porównanie wartości otrzymanych za pomocą metody obliczeniowej i pomiarów bezpośrednich oraz analiza otrzymanych wyników.

7.2. Analiza wybranych poligonów

Poligony badawcze zlokalizowane były zarówno w sąsiedztwie dróg szybkiego ruchu takich jak drogi ekspresowe, na których występowało duże natężenie ruchu oraz duży udział pojazdów ciężkich, jak i na drogach wojewódzkich, na których występował znikomy ruch, szczególnie w godzinach nocnych. Pozwoliło to na porównanie jak duży wpływ na dokładność wyników pomiarów objętości metodami ma natężenie ruchu oraz udział pojazdów ciężkich.

- Poligon 1 – autostrada A4-Gliwice
- Poligon 2 – autostrada A4-Chorzów-Sośnica
- Poligon 3 - droga krajowa nr 44 – Śmiłowice-Mikołów
- Poligon 4 - droga wojewódzka nr 768-Mokrzyska
- Poligon 5 - droga wojewódzka nr 933 – Brzeszcze
- Poligon 6 – droga wojewódzka nr 977 - Zborowice

Poligon 1 - autostrada A4-Gliwice

Pomiar hałasu drogowego na odcinku autostrady A4 – Gliwice wykonany został na kilometrażu 298+800 km. Punkt pomiarowy zlokalizowany był na wysokości 4m nad poziomem terenu, a odległość od krawędzi jezdni wynosiła 10m.

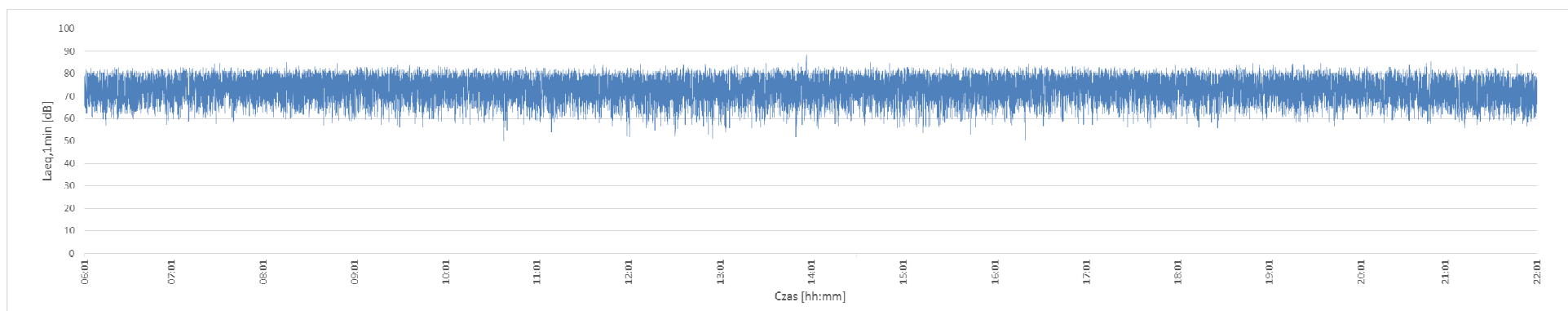
Warunki atmosferyczne w jakich przeprowadzono pomiary:

Tab.34-Warunki atmosferyczne A4- Gliwice

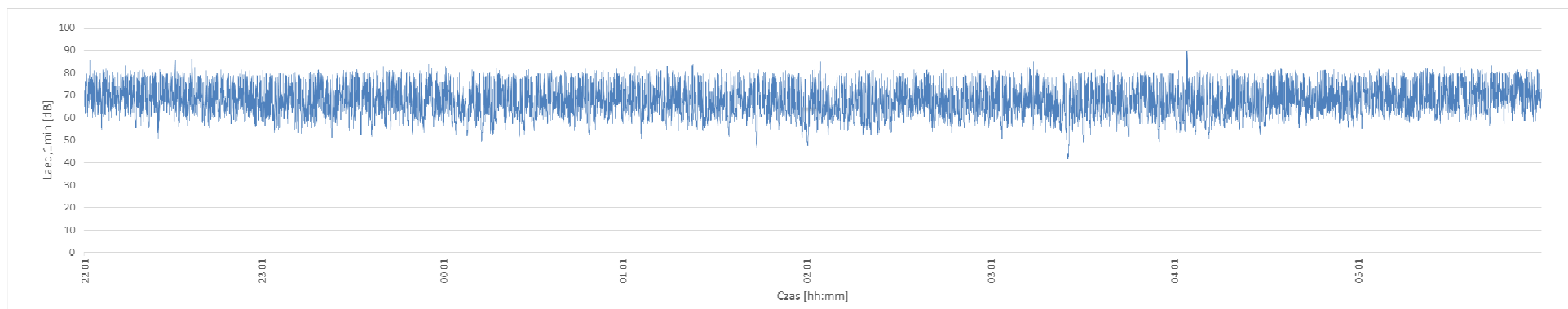
| Wartości mierzone | Wartość maksymalna | Wartość minimalna | Wartość średnia |
|---|--------------------------|-------------------|-----------------|
| Prędkość [m/s] | 6 | 2 | 3 |
| Temperatura otoczenia [°C] | 15 | 5 | 11 |
| Wilgotność względna [%] | 85 | 51 | 76 |
| Ciśnienie atmosferyczne [hPa] | 1015 | 1012 | 1014 |
| Stan pogody w okresie wykonywania pomiaru | Zachmurzenie umiarkowane | | |
| Inne spostrzeżenia | Brak opadu | | |



Rys.50- pomiar hałasu drogowego A4-Gliwice



Rys. 51- zmienność zmierzonego poziomu hałasu drogowego w porze dnia dla odcinka A4-Gliwice



Rys. 52- zmienność zmierzonego poziomu hałasu drogowego w porze nocy dla odcinka A4-Gliwice

Na podstawie danych z całodobowego pomiaru hałasu drogowego dokonano obliczeń równoważnego poziomu dźwięku metodą bezpośrednich ciągłych pomiarów w ograniczonym czasie:

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{57600} * \sum_{i=1}^{57600} t_i * 10^{0,1 * L_{Ai}} \right) = 74,92 [dB] - \text{pora dnia}$$

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{28800} * \sum_{i=1}^{28800} t_i * 10^{0,1 * L_{Ai}} \right) = 71,34 [dB] - \text{pora nocy}$$

t_i - czas dla którego określono L_{Ai} [s]

L_{Ai} - średni poziom dźwięku A w kolejnej próbce [dB]

Na podstawie danych odnośnie natężenia ruchu w poszczególnych godzinach oraz udziału pojazdów ciężkich opracowano diagramy obrazujące strukturę rodzajową pojazdów oraz wykresu zmienności natężenia w poszczególnych grupach.

Tab.35- Godzinowa zmienność natężenia oraz udziału pojazdów ciężkich dla odcinka A4- Gliwice

| godz. | lekkie | ciężkie | suma | Qc% |
|-------------|--------|---------|-------|--------|
| 06:00-07:00 | 688 | 406 | 1094 | 37,11% |
| 07:00-08:00 | 911 | 448 | 1359 | 32,97% |
| 08:00-09:00 | 1208 | 412 | 1620 | 25,43% |
| 09:00-10:00 | 1148 | 461 | 1609 | 28,65% |
| 10:00-11:00 | 936 | 478 | 1414 | 33,80% |
| 11:00-12:00 | 743 | 475 | 1218 | 39,00% |
| 12:00-13:00 | 863 | 469 | 1332 | 35,21% |
| 13:00-14:00 | 1005 | 569 | 1574 | 36,15% |
| 14:00-15:00 | 880 | 505 | 1385 | 36,46% |
| 15:00-16:00 | 918 | 408 | 1326 | 30,77% |
| 16:00-17:00 | 1014 | 479 | 1493 | 32,08% |
| 17:00-18:00 | 942 | 499 | 1441 | 34,63% |
| 18:00-19:00 | 843 | 392 | 1235 | 31,74% |
| 19:00-20:00 | 770 | 381 | 1151 | 33,10% |
| 20:00-21:00 | 604 | 344 | 948 | 36,29% |
| 21:00-22:00 | 360 | 190 | 550 | 34,55% |
| 22:00-23:00 | 311 | 226 | 537 | 42,09% |
| 23:00-00:00 | 287 | 181 | 468 | 38,68% |
| 00:00-1:00 | 233 | 183 | 416 | 43,99% |
| 1:00-2:00 | 195 | 162 | 357 | 45,38% |
| 2:00-3:00 | 168 | 193 | 361 | 53,46% |
| 3:00-4:00 | 209 | 203 | 412 | 49,27% |
| 4:00-5:00 | 253 | 211 | 464 | 45,47% |
| 5:00-6:00 | 390 | 365 | 755 | 48,34% |
| SUMA | 15879 | 8640 | 24519 | 35,24 |



Rys. 53- struktura rodzajowa pojazdów w porze dnia dla odcinka A4-Gliwice

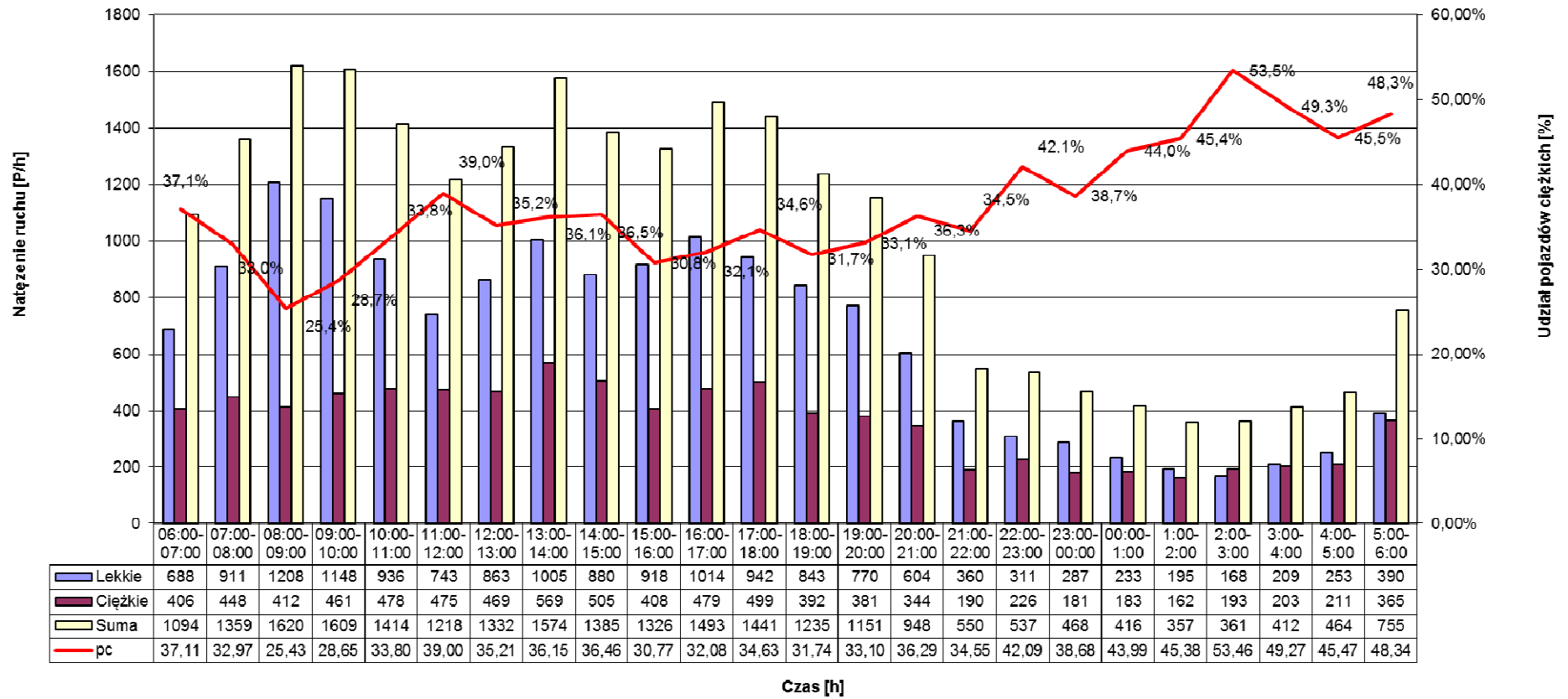


Rys. 54- struktura rodzajowa pojazdów w porze nocy dla odcinka A4-Gliwice



Rys. 55- struktura rodzajowa pojazdów w całej dobie dla odcinka A4-Gliwice

A4 - Gliwice



Rys.56- Natężenie ruchu oraz udział pojazdów ciężkich w czasie dla odcinka A4-Gliwice

Pogrupowanie godzin, ze względu na natężenie ruchu oraz udział pojazdów ciężkich potrzebne do metody próbkowania.

Tab.36- Podział na grupy, ze względu na natężenie i udział pojazdów ciężkich dla odcinka A4-Gliwice

| godz. | lekkie | ciężkie | suma | Qc% | Nr.grupy |
|-------------|--------|---------|-------|--------|----------|
| 06:00-07:00 | 688 | 406 | 1094 | 37,11% | I |
| 07:00-08:00 | 911 | 448 | 1359 | 32,97% | I |
| 08:00-09:00 | 1208 | 412 | 1620 | 25,43% | II |
| 09:00-10:00 | 1148 | 461 | 1609 | 28,65% | II |
| 10:00-11:00 | 936 | 478 | 1414 | 33,80% | II |
| 11:00-12:00 | 743 | 475 | 1218 | 39,00% | I |
| 12:00-13:00 | 863 | 469 | 1332 | 35,21% | I |
| 13:00-14:00 | 1005 | 569 | 1574 | 36,15% | III |
| 14:00-15:00 | 880 | 505 | 1385 | 36,46% | III |
| 15:00-16:00 | 918 | 408 | 1326 | 30,77% | III |
| 16:00-17:00 | 1014 | 479 | 1493 | 32,08% | III |
| 17:00-18:00 | 942 | 499 | 1441 | 34,63% | III |
| 18:00-19:00 | 843 | 392 | 1235 | 31,74% | I |
| 19:00-20:00 | 770 | 381 | 1151 | 33,10% | I |
| 20:00-21:00 | 604 | 344 | 948 | 36,29% | IV |
| 21:00-22:00 | 360 | 190 | 550 | 34,55% | V |
| 22:00-23:00 | 311 | 226 | 537 | 42,09% | V |
| 23:00-00:00 | 287 | 181 | 468 | 38,68% | V |
| 00:00-1:00 | 233 | 183 | 416 | 43,99% | V |
| 1:00-2:00 | 195 | 162 | 357 | 45,38% | VII |
| 2:00-3:00 | 168 | 193 | 361 | 53,46% | VII |
| 3:00-4:00 | 209 | 203 | 412 | 49,27% | VII |
| 4:00-5:00 | 253 | 211 | 464 | 45,47% | VI |
| 5:00-6:00 | 390 | 365 | 755 | 48,34% | VIII |
| SUMA | 15879 | 8640 | 24519 | 35,24 | |

Na podstawie powyższej tabeli oraz wykresów można stwierdzić, że pomiędzy porą dnia i nocy jest duża różnica natężenia ruchu, które znacząco maleje w nocy, występują też wtedy duże różnice w udziale pojazdów ciężkich co wpływa na powstanie dużej ilości grup. Wyznaczenie równoważnego poziomu dźwięku metodą próbkowania, dla poszczególnych grup, a następnie pory dnia i nocy.

Tab.37- Równoważny poziom dźwięku pory dnia i nocy metodą próbkowania dla odcinka A4-Gliwice

| Nr.okresu pomiarowego | Lp | czas pomiaru t w min. | Zmierzony poziom dźwięku w dB | Średni poziom dźwięku w dB | Rozrzut pomiędzy próbkami w dB | Czas odniesienia T[godz.] w porze | | Odpowiadające okresowi godziny rzeczywiste |
|--|----|-----------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|------|--|
| | | | | | | dnia | nocy | |
| I | 1 | 10 | 74,9 | 75,3 | 0,6 | 6 | - | 6:00-8:00 11:00-13:00 18:00-20:00 |
| | 2 | 10 | 75,5 | | | | | |
| | 3 | 10 | 75,4 | | | | | |
| II | 1 | 10 | 75,4 | 75,1 | 0,5 | 3 | - | 8:00-11:00 |
| | 2 | 10 | 74,9 | | | | | |
| | 3 | 10 | 75,1 | | | | | |
| III | 1 | 10 | 75,5 | 75,4 | 0,4 | 5 | - | 13:00-18:00 |
| | 2 | 10 | 75,5 | | | | | |
| | 3 | 10 | 75,1 | | | | | |
| IV | 1 | 10 | 74,4 | 74,1 | 0,9 | 1 | - | 20:00-21:00 |
| | 2 | 10 | 74,4 | | | | | |
| | 3 | 10 | 73,5 | | | | | |
| V | 1 | 10 | 74,1 | 72,1 | 3 | 1 | 3 | 21:00-1:00 |
| | 2 | 10 | 71,2 | | | | | |
| | 3 | 10 | 71,1 | | | | | |
| VI | 1 | 10 | 71,3 | 71,4 | 0,3 | - | 1 | 4:00-5:00 |
| | 2 | 10 | 71,6 | | | | | |
| | 3 | 10 | 71,3 | | | | | |
| VII | 1 | 10 | 71,4 | 71,4 | 0,3 | - | 3 | 1:00-4:00 |
| | 2 | 10 | 71,2 | | | | | |
| | 3 | 10 | 71,5 | | | | | |
| VIII | 1 | 10 | 72,6 | 73,0 | 0,7 | - | 1 | 5:00-6:00 |
| | 2 | 10 | 73,3 | | | | | |
| | 3 | 10 | 73 | | | | | |
| Równoważny poziom dźwięku w porze dnia | | | | | | | | 75,00 |
| Równoważny poziom dźwięku w porze nocy | | | | | | | | 70,60 |

Równoważny poziom dźwięku metodą próbkowania dla odcinka A4- Gliwice wynosi kolejno:

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{9600} \sum_{k=1}^{16} 600 * 10^{0,1L_{Aek}} \right) = 75,00 [dB] - \text{pora dnia}$$

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{4800} \sum_{k=1}^8 600 * 10^{0,1L_{Aek}} \right) = 70,60 [dB] - \text{pora nocy}$$

L_{Aek} – poziom emisji hałasu podczas k-tego okresu pomiarowego [dB]

Zwiększenie różnicy natężenia oraz udziału pojazdów ciężkich odpowiednio z 25% do 35% oraz z 10% do 15% pomiędzy poszczególnymi godzinami dla ich pogrupowania w celu porównania rozbieżności wyników pomiędzy założeniami przyjętymi na podstawie zaleceń oraz założeniami przyjętymi konkretnie do tej pracy.

Tab.38- Podział na grupy, ze względu na natężenie i udział pojazdów ciężkich dla odcinka A4-Gliwice, po zwiększeniu różnicy w udziale pojazdów ciężkich oraz natężenia.

| godz. | lekkie | ciężkie | suma | Qc% | Nr.grupy |
|-------------|--------|---------|-------|--------|----------|
| 06:00-07:00 | 688 | 406 | 1094 | 37,11% | I |
| 07:00-08:00 | 911 | 448 | 1359 | 32,97% | II |
| 08:00-09:00 | 1208 | 412 | 1620 | 25,43% | II |
| 09:00-10:00 | 1148 | 461 | 1609 | 28,65% | II |
| 10:00-11:00 | 936 | 478 | 1414 | 33,80% | II |
| 11:00-12:00 | 743 | 475 | 1218 | 39,00% | II |
| 12:00-13:00 | 863 | 469 | 1332 | 35,21% | II |
| 13:00-14:00 | 1005 | 569 | 1574 | 36,15% | II |
| 14:00-15:00 | 880 | 505 | 1385 | 36,46% | II |
| 15:00-16:00 | 918 | 408 | 1326 | 30,77% | II |
| 16:00-17:00 | 1014 | 479 | 1493 | 32,08% | II |
| 17:00-18:00 | 942 | 499 | 1441 | 34,63% | II |
| 18:00-19:00 | 843 | 392 | 1235 | 31,74% | II |
| 19:00-20:00 | 770 | 381 | 1151 | 33,10% | I |
| 20:00-21:00 | 604 | 344 | 948 | 36,29% | I |
| 21:00-22:00 | 360 | 190 | 550 | 34,55% | III |
| 22:00-23:00 | 311 | 226 | 537 | 42,09% | III |
| 23:00-00:00 | 287 | 181 | 468 | 38,68% | III |
| 00:00-1:00 | 233 | 183 | 416 | 43,99% | III |
| 1:00-2:00 | 195 | 162 | 357 | 45,38% | IV |
| 2:00-3:00 | 168 | 193 | 361 | 53,46% | IV |
| 3:00-4:00 | 209 | 203 | 412 | 49,27% | IV |
| 4:00-5:00 | 253 | 211 | 464 | 45,47% | V |
| 5:00-6:00 | 390 | 365 | 755 | 48,34% | VI |
| SUMA | 15879 | 8640 | 24519 | 35,24 | |

Tab.39- Równoważny poziom dźwięku pory dnia i nocy metodą próbkowania dla odcinka A4- Gliwice, po zwiększeniu różnicy udziału pojazdów ciężkich oraz natężenia

| | | | | | | | | |
|--|---|----|------|------|-----|----|---|--------------------------|
| I | 1 | 10 | 73,5 | 74,4 | 1,3 | 3 | - | 6:00-7:00 19:00-21:00 |
| | 2 | 10 | 74,8 | | | | | |
| | 3 | 10 | 74,8 | | | | | |
| II | 1 | 10 | 75,8 | 75,5 | 0,9 | 12 | - | 7:00-19:00 |
| | 2 | 10 | 74,9 | | | | | |
| | 3 | 10 | 75,7 | | | | | |
| III | 1 | 10 | 74,1 | 72,2 | 3,1 | 1 | 3 | 21:00-1:00 |
| | 2 | 10 | 71,5 | | | | | |
| | 3 | 10 | 71 | | | | | |
| IV | 1 | 10 | 71,1 | 71,2 | 0,4 | - | 3 | 1:00-4:00 |
| | 2 | 10 | 71 | | | | | |
| | 3 | 10 | 71,4 | | | | | |
| V | 1 | 10 | 71,2 | 71,5 | 0,5 | - | 1 | 4:00-5:00 |
| | 2 | 10 | 71,7 | | | | | |
| | 3 | 10 | 71,6 | | | | | |
| VI | 1 | 10 | 72,5 | 73,0 | 0,8 | - | 1 | 5:00-6:00 |
| | 2 | 10 | 73,3 | | | | | |
| | 3 | 10 | 73,2 | | | | | |
| Równoważny poziom dźwięku w porze dnia | | | | | | | | 75,20 |
| Równoważny poziom dźwięku w porze nocy | | | | | | | | 70,60 |

Równoważny poziom dźwięku metodą próbkowania dla odcinka A4- Gliwice, po zwiększeniu różnicy udziału pojazdów ciężkich oraz natężenia wynosi kolejno:

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{9600} \sum_{k=1}^{16} 600 * 10^{0,1L_{Aek}} \right) = 75,20 [dB] - \text{pora dnia}$$

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{4800} \sum_{k=1}^8 600 * 10^{0,1L_{Aek}} \right) = 70,60 [dB] - \text{pora nocy}$$

L_{Aek} – poziom emisji hałasu podczas k-tego okresu pomiarowego [dB]

Wyznaczenie hałasu drogowego za pomocą metody obliczeniowej dla pory dnia i nocy oraz porównanie otrzymanych wyników z metodami pomiarów bezpośrednich.

$$L_{Aeqd}^P = 9,7 \log q + 4,2 \log v + 0,11p + 33,4 [dB] = 75,56 [dB]$$

$$L_{Aeqn}^P = 9,7 \log q + 4,2 \log v + 0,11p + 33,4 [dB] = 72,59 [dB]$$

$$q_d = 1296,8 \left[\frac{P}{h} \right]$$

$$q_n = 471,25 \left[\frac{P}{h} \right]$$

$$v_d = 93,2 \left[\frac{km}{h} \right]$$

$$v_n = 90,5 \left[\frac{km}{h} \right]$$

$$p_d = 33,6 [\%]$$

$$p_n = 45,8 [\%]$$

Wpływ odległości oraz pokrycia terenu:

$$\Delta L_{eq}^d = -10,8 \log \frac{d'}{13,5} + 5,2 \log \frac{3h}{d+3,5} = -0,42 [dB]$$

$$h = 4 [m]$$

$$d = 10 [m]$$

$$d' = 13,95 [m]$$

$$L_{Aeqd} = L_{Aeqd}^P + \Delta L_{eq}^d = 75,1 [dB] - \text{pora dnia}$$

$$L_{Aeqn} = L_{Aeqn}^P + \Delta L_{eq}^d = 72,2 [dB] - \text{pora nocy}$$

Tab.40- Zestawienie równoważnych poziomów dźwięku pory dnia i nocy obliczonych różnymi metodami dla odcinka A4- Gliwice

| | Metoda bezpośrednich ciągłych pomiarów w ograniczonym czasie | Metoda bezpośrednich pomiarów hałasu z wykorzystaniem próbkowania | Metoda bezpośrednich pomiarów hałasu z wykorzystaniem próbkowania, po zwiększeniu różnicy udziału p.ciężkich i natężenia | Metoda obliczeniowa |
|--|--|---|--|---------------------|
| Równoważny poziom dźwięku w porze dnia | 74,92 | 75,00 | 75,20 | 75,1 |
| Równoważny poziom dźwięku w porze nocy | 71,34 | 70,60 | 70,60 | 72,2 |

Wniosek:

Rozbieżność pomiędzy poziomem hałasu w porze dnia pomiędzy metodą bezpośrednich ciągłych pomiarów oraz metodą próbkowania wynosi odpowiednio 0,08 dB oraz 0,28 dB po zwiększeniu natężenia oraz udziału pojazdów ciężkich. Wynika ona z mniejszej dokładności podczas segregacji godzin na odpowiednie grupy. W przypadku pory nocy rozbieżności te już są wyższe i wynoszą 0,74 dB, spowodowane jest to mniejszym natężeniem ruchu oraz większymi wahaniami pomiędzy udziałem pojazdów ciężkich. W obu przypadkach metody próbkowania osiągnięto takie same wyniki, ze względu na taki samo podział na grupy godzin nocnych. Wyniki otrzymane za pomocą metody obliczeniowej są zbliżone do wartości otrzymanych metodami bezpośrednich pomiarów, szczególnie w porze dnia.

Poligon 2 - autostrada A4 – Chorzów-Sośnica

Pomiar hałasu drogowego na odcinku autostrady A4 – Chorzów-Sośnica wykonany został na kilometrażu 316+300 km. Punkt pomiarowy zlokalizowany był na wysokości 4m nad poziomem terenu, a odległość od krawędzi jezdni wynosiła 10m.

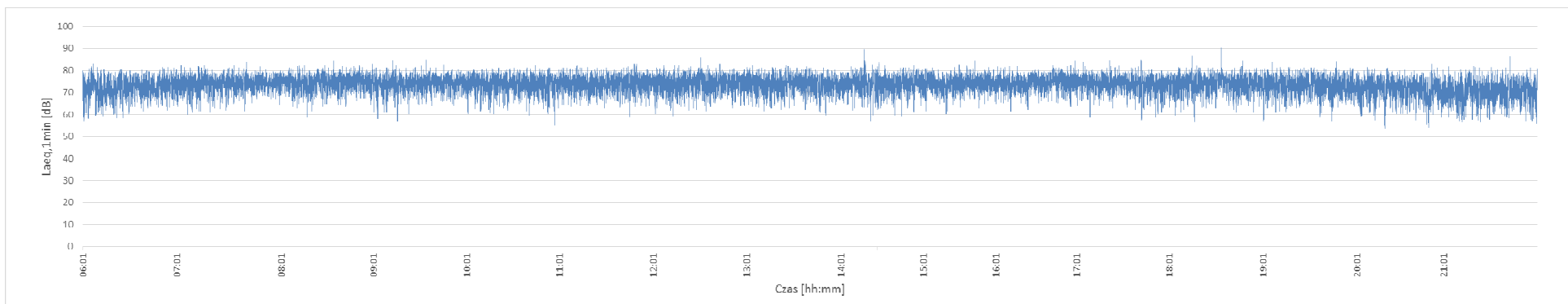
Warunki atmosferyczne w jakich przeprowadzono pomiary:

Tab.41-Warunki atmosferyczne A4- Chorzów-Sośnica

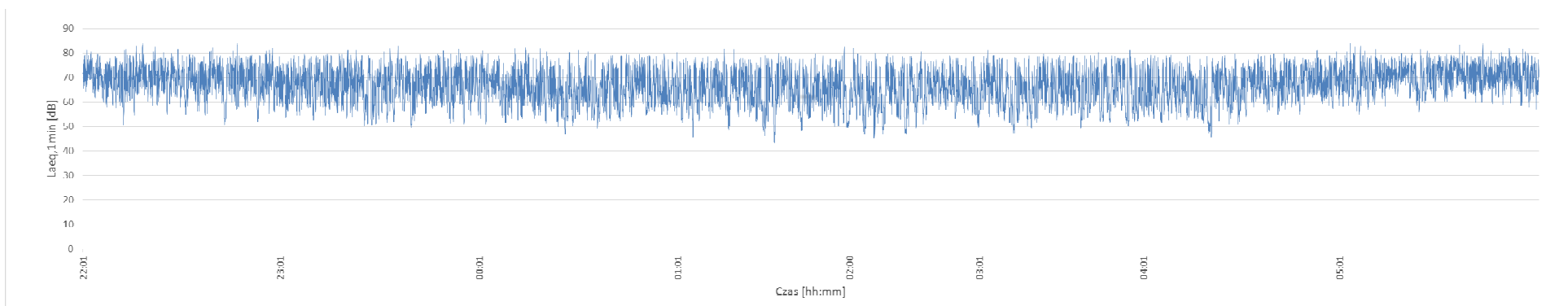
| Wartości mierzone | Wartość maksymalna | Wartość minimalna | Wartość średnia |
|---|---------------------------------|-------------------|-----------------|
| Prędkość [m/s] | 7 | 3 | 4 |
| Temperatura otoczenia [°C] | 15 | 6 | 11 |
| Wilgotność względna [%] | 97 | 55 | 80 |
| Ciśnienie atmosferyczne [hPa] | 1015 | 1008 | 1010 |
| Stan pogody w okresie wykonywania pomiaru | Zachmurzenie umiarkowane | | |
| Inne spostrzeżenia | Brak opadu | | |



Rys.57- pomiar hałasu drogowego A4-Chorzów-Sośnica



Rys. 58- zmienność zmierzonego poziomu hałasu drogowego w porze dnia dla odcinka A4-Chorzów-Sośnica



Rys.59- zmienność zmierzonego poziomu hałasu drogowego w porze nocy dla odcinka A4-Chorzów-Sośnica

Równoważny poziom dźwięku metodą bezpośrednich ciągłych pomiarów w ograniczonym czasie:

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{57600} * \sum_{i=1}^{57600} t_i * 10^{0,1 * L_{Ai}} \right) = 74,50 [dB] - \text{pora dnia}$$

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{28800} * \sum_{i=1}^{28800} t_i * 10^{0,1 * L_{Ai}} \right) = 70,20 [dB] - \text{pora nocy}$$

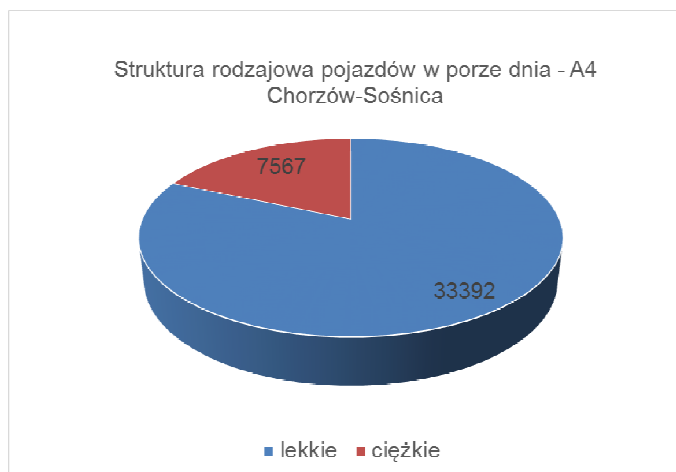
t_i - czas dla, którego określono L_{Ai} [s]

L_{Ai} - średni poziom dźwięku A w kolejnej próbce [dB]

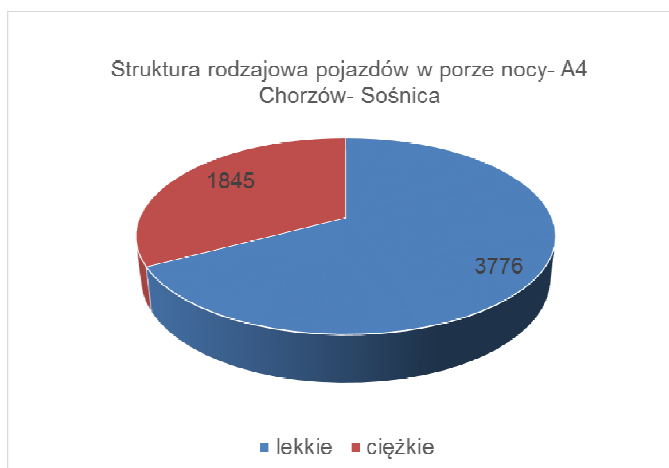
Natężenie ruchu w poszczególnych godzinach oraz udziału pojazdów ciężkich pozwoliły na opracowanie diagramów obrazujących strukturę rodzajową pojazdów oraz wykresu zmienności natężenia w poszczególnych grupach.

Tab.42- Godzinowa zmienność natężenia oraz udziału pojazdów ciężkich dla odcinka A4- Chorzów-Sośnica

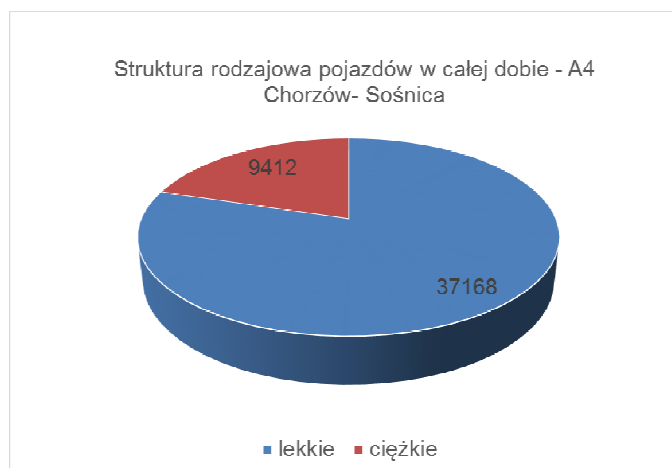
| godz. | lekkie | ciężkie | suma | Qc% |
|-------------|--------|---------|-------|--------|
| 06:00-07:00 | 1577 | 414 | 1991 | 20,79% |
| 07:00-08:00 | 2485 | 384 | 2869 | 13,38% |
| 08:00-09:00 | 2535 | 421 | 2956 | 14,24% |
| 09:00-10:00 | 2468 | 525 | 2993 | 17,54% |
| 10:00-11:00 | 2246 | 647 | 2893 | 22,36% |
| 11:00-12:00 | 2240 | 674 | 2914 | 23,13% |
| 12:00-13:00 | 1965 | 643 | 2608 | 24,65% |
| 13:00-14:00 | 2124 | 622 | 2746 | 22,65% |
| 14:00-15:00 | 2153 | 471 | 2624 | 17,95% |
| 15:00-16:00 | 2600 | 449 | 3049 | 14,73% |
| 16:00-17:00 | 2773 | 449 | 3222 | 13,94% |
| 17:00-18:00 | 2360 | 474 | 2834 | 16,73% |
| 18:00-19:00 | 1945 | 423 | 2368 | 17,86% |
| 19:00-20:00 | 1574 | 381 | 1955 | 19,49% |
| 20:00-21:00 | 1269 | 301 | 1570 | 19,17% |
| 21:00-22:00 | 1078 | 289 | 1367 | 21,14% |
| 22:00-23:00 | 819 | 275 | 1094 | 25,14% |
| 23:00-00:00 | 533 | 236 | 769 | 30,69% |
| 00:00-1:00 | 428 | 188 | 616 | 30,52% |
| 1:00-2:00 | 279 | 155 | 434 | 35,71% |
| 2:00-3:00 | 221 | 175 | 396 | 44,19% |
| 3:00-4:00 | 276 | 187 | 463 | 40,39% |
| 4:00-5:00 | 422 | 251 | 673 | 37,30% |
| 5:00-6:00 | 798 | 378 | 1176 | 32,14% |
| SUMA | 37168 | 9412 | 46580 | 20,21 |



Rys. 60- struktura rodzajowa pojazdów w porze dnia dla odcinka A4-Chorzów-Sośnica

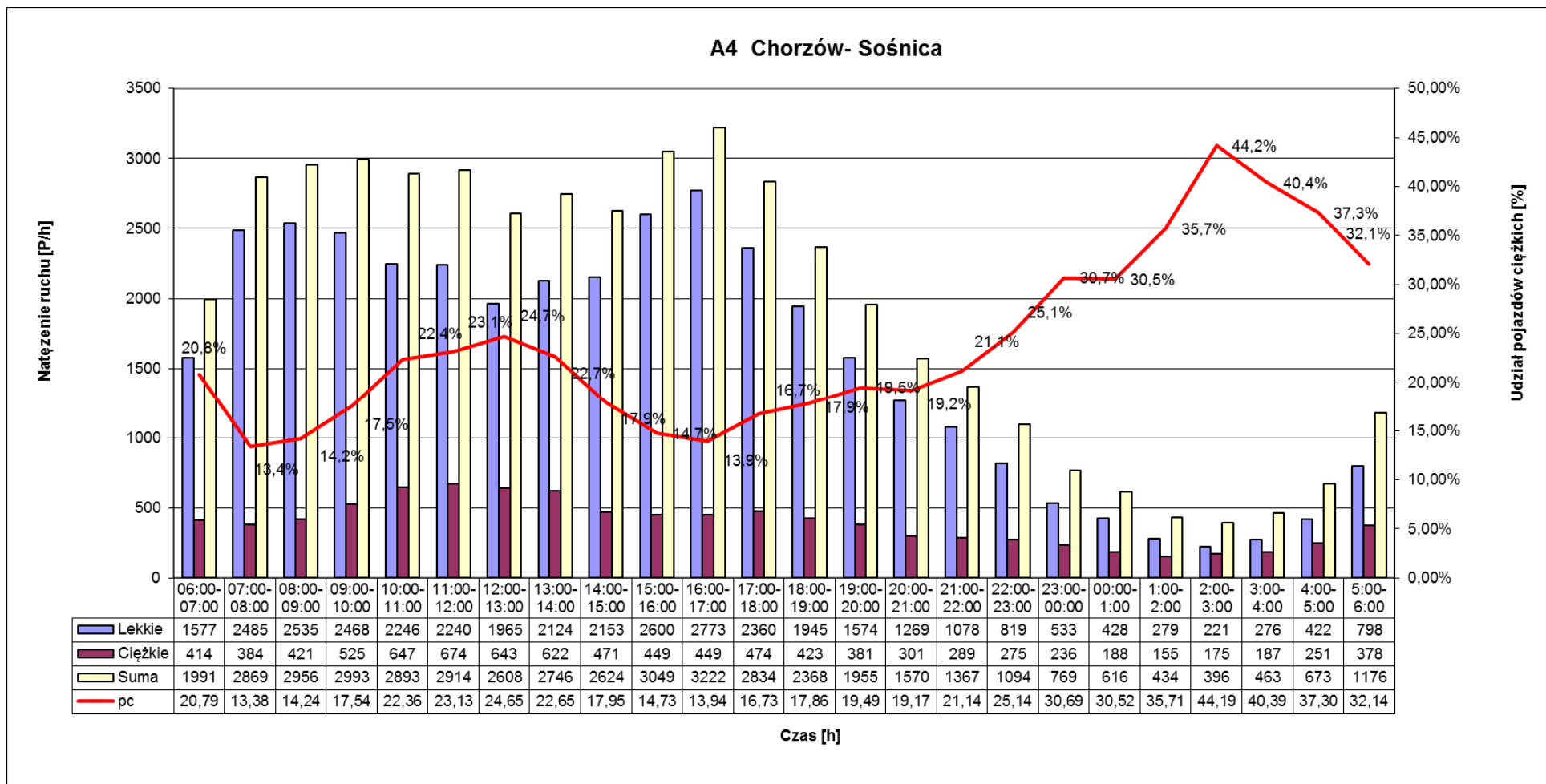


Rys. 61- struktura rodzajowa pojazdów w porze nocy dla odcinka A4-Chorzów-Sośnica



Rys. 62- struktura rodzajowa pojazdów w całej dobie dla odcinka A4-Chorzów-Sośnica

A4-Chorzów-Sośnica



Rys. 63- Natężenie ruchu oraz udział pojazdów ciężkich w czasie dla odcinka A4-Chorzów-Sośnica

Tab.43- Podział na grupy, ze względu na natężenie i udział pojazdów ciężkich dla odcinka A4-Chorzów-Sośnica

| godz. | lekkie | ciężkie | suma | Qc% | Nr.grupy |
|-------------|--------|---------|-------|--------|----------|
| 06:00-07:00 | 1577 | 414 | 1991 | 20,79% | I |
| 07:00-08:00 | 2485 | 384 | 2869 | 13,38% | II |
| 08:00-09:00 | 2535 | 421 | 2956 | 14,24% | II |
| 09:00-10:00 | 2468 | 525 | 2993 | 17,54% | II |
| 10:00-11:00 | 2246 | 647 | 2893 | 22,36% | III |
| 11:00-12:00 | 2240 | 674 | 2914 | 23,13% | III |
| 12:00-13:00 | 1965 | 643 | 2608 | 24,65% | III |
| 13:00-14:00 | 2124 | 622 | 2746 | 22,65% | III |
| 14:00-15:00 | 2153 | 471 | 2624 | 17,95% | II |
| 15:00-16:00 | 2600 | 449 | 3049 | 14,73% | II |
| 16:00-17:00 | 2773 | 449 | 3222 | 13,94% | II |
| 17:00-18:00 | 2360 | 474 | 2834 | 16,73% | II |
| 18:00-19:00 | 1945 | 423 | 2368 | 17,86% | I |
| 19:00-20:00 | 1574 | 381 | 1955 | 19,49% | I |
| 20:00-21:00 | 1269 | 301 | 1570 | 19,17% | IV |
| 21:00-22:00 | 1078 | 289 | 1367 | 21,14% | IV |
| 22:00-23:00 | 819 | 275 | 1094 | 25,14% | V |
| 23:00-00:00 | 533 | 236 | 769 | 30,69% | VI |
| 00:00-1:00 | 428 | 188 | 616 | 30,52% | VI |
| 1:00-2:00 | 279 | 155 | 434 | 35,71% | VII |
| 2:00-3:00 | 221 | 175 | 396 | 44,19% | VII |
| 3:00-4:00 | 276 | 187 | 463 | 40,39% | VII |
| 4:00-5:00 | 422 | 251 | 673 | 37,30% | VI |
| 5:00-6:00 | 798 | 378 | 1176 | 32,14% | V |
| SUMA | 37168 | 9412 | 46580 | 20,21 | |

W trakcie dnia występuje duże natężenie ruchu, które maleje znacznie w porze nocy. Udział pojazdów ciężkich w ruchu jest wysoki przez całą dobę, w szczególności pomiędzy 2:00 – 4:00 nad ranem.

Tab.44- Równoważny poziom dźwięku pory dnia i nocy metodą próbkowania dla odcinka A4-Chorzów-Sośnica

| Nr.okresu pomiarowego | L.p | czas pomiaru t w min. | Zmierzony poziom dźwięku w dB | Średni poziom dźwięku w dB | Rozrzut pomiędzy próbkami w dB | Czas odniesienia T[godz.] w porze | | Odpowiadające okresowi godziny rzeczywiste |
|--|-----|-----------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|------|--|
| | | | | | | dnia | nocy | |
| I | 1 | 10 | 72,9 | 74,2 | 2,1 | 3 | - | 6:00-7:00 18:00-20:00 |
| | 2 | 10 | 75 | | | | | |
| | 3 | 10 | 74,6 | | | | | |
| II | 1 | 10 | 75,4 | 74,9 | 0,5 | 7 | - | 7:00-10:00 14:00-18:00 |
| | 2 | 10 | 73,9 | | | | | |
| | 3 | 10 | 75,4 | | | | | |
| III | 1 | 10 | 74,6 | 74,8 | 0,7 | 4 | - | 10:00-14:00 |
| | 2 | 10 | 74,6 | | | | | |
| | 3 | 10 | 75,3 | | | | | |
| IV | 1 | 10 | 73,6 | 73,2 | 1,0 | 2 | - | 20:00-22:00 |
| | 2 | 10 | 73,5 | | | | | |
| | 3 | 10 | 72,6 | | | | | |
| V | 1 | 10 | 71,8 | 72,3 | 1,6 | - | 2 | 22:00-23:00 5:00-6:00 |
| | 2 | 10 | 71,7 | | | | | |
| | 3 | 10 | 73,3 | | | | | |
| VI | 1 | 10 | 70,9 | 69,9 | 2,3 | - | 3 | 23:00-1:00 4:00-5:00 |
| | 2 | 10 | 68,6 | | | | | |
| | 3 | 10 | 70,1 | | | | | |
| VII | 1 | 10 | 69,4 | 69,6 | 0,8 | - | 3 | 1:00-4:00 |
| | 2 | 10 | 69,3 | | | | | |
| | 3 | 10 | 70,1 | | | | | |
| Równoważny poziom dźwięku w porze dnia | | | | | | | | 74,80 |
| Równoważny poziom dźwięku w porze nocy | | | | | | | | 69,70 |

Równoważny poziom dźwięku metodą próbkowania dla odcinka A4- Chorzów-Sośnica wynosi kolejno:

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{9600} \sum_{k=1}^{16} 600 * 10^{0,1L_{Aek}} \right) = 74,80 [dB] - \text{pora dnia}$$

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{4800} \sum_{k=1}^8 600 * 10^{0,1L_{Aek}} \right) = 69,70 [dB] - \text{pora nocy}$$

L_{Aek} – poziom emisji hałasu podczas k-tego okresu pomiarowego [dB]

Zwiększenie różnicy natężenia oraz udziału pojazdów ciężkich odpowiednio z 25% do 35% oraz z 10% do 15%; porównanie rozbieżności pomiędzy otrzymanymi wynikami.

Tab.45- Podział na grupy, ze względu na natężenie i udział pojazdów ciężkich dla odcinka A4-Sośnica-Chorzów, po zwiększeniu różnicy w udziale pojazdów ciężkich oraz natężeniu.

| godz. | lekkie | ciężkie | suma | Qc% | Nr.grupy |
|-------------|--------|---------|-------|--------|----------|
| 06:00-07:00 | 1577 | 414 | 1991 | 20,79% | I |
| 07:00-08:00 | 2485 | 384 | 2869 | 13,38% | II |
| 08:00-09:00 | 2535 | 421 | 2956 | 14,24% | II |
| 09:00-10:00 | 2468 | 525 | 2993 | 17,54% | II |
| 10:00-11:00 | 2246 | 647 | 2893 | 22,36% | II |
| 11:00-12:00 | 2240 | 674 | 2914 | 23,13% | II |
| 12:00-13:00 | 1965 | 643 | 2608 | 24,65% | II |
| 13:00-14:00 | 2124 | 622 | 2746 | 22,65% | II |
| 14:00-15:00 | 2153 | 471 | 2624 | 17,95% | II |
| 15:00-16:00 | 2600 | 449 | 3049 | 14,73% | II |
| 16:00-17:00 | 2773 | 449 | 3222 | 13,94% | II |
| 17:00-18:00 | 2360 | 474 | 2834 | 16,73% | II |
| 18:00-19:00 | 1945 | 423 | 2368 | 17,86% | I |
| 19:00-20:00 | 1574 | 381 | 1955 | 19,49% | I |
| 20:00-21:00 | 1269 | 301 | 1570 | 19,17% | III |
| 21:00-22:00 | 1078 | 289 | 1367 | 21,14% | III |
| 22:00-23:00 | 819 | 275 | 1094 | 25,14% | IV |
| 23:00-00:00 | 533 | 236 | 769 | 30,69% | V |
| 00:00-1:00 | 428 | 188 | 616 | 30,52% | V |
| 1:00-2:00 | 279 | 155 | 434 | 35,71% | VI |
| 2:00-3:00 | 221 | 175 | 396 | 44,19% | VI |
| 3:00-4:00 | 276 | 187 | 463 | 40,39% | VI |
| 4:00-5:00 | 422 | 251 | 673 | 37,30% | V |
| 5:00-6:00 | 798 | 378 | 1176 | 32,14% | IV |
| SUMA | 37168 | 9412 | 46580 | 20,21 | |

Zwiększenie różnic pomiędzy wynikami pozwoliło na zmniejszenie o 1 ilości występujących grup.

Tab.46- Równoważny poziom dźwięku pory dnia i nocy metodą próbkowania dla odcinka A4-Chorzów-Sośnica, po zwiększeniu różnicy udziału pojazdów ciężkich oraz natężenia.

| Nr.okresu pomiarowego | L _p | czas pomiaru t w min. | Zmierzony poziom dźwięku w dB | Średni poziom dźwięku w dB | Rozrzut pomiędzy próbkami w dB | Czas odniesienia | | Odpowiadające okresowi godziny |
|--|----------------|-----------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|------|--------------------------------|
| | | | | | | dnia | nocy | |
| I | 1 | 10 | 72,9 | 74,2 | 2,1 | 3 | - | 6:00-7:00 18:00-20:00 |
| | 2 | 10 | 75 | | | | | |
| | 3 | 10 | 74,6 | | | | | |
| II | 1 | 10 | 75,4 | 75,1 | 0,8 | 11 | - | 7:00-18:00 |
| | 2 | 10 | 74,6 | | | | | |
| | 3 | 10 | 75,4 | | | | | |
| III | 1 | 10 | 73,6 | 73,2 | 1,0 | 2 | - | 20:00-22:00 |
| | 2 | 10 | 73,5 | | | | | |
| | 3 | 10 | 72,6 | | | | | |
| IV | 1 | 10 | 71,8 | 72,3 | 1,6 | - | 2 | 22:00-23:00 5:00-6:00 |
| | 2 | 10 | 71,7 | | | | | |
| | 3 | 10 | 73,3 | | | | | |
| V | 1 | 10 | 70,9 | 69,9 | 2,3 | - | 3 | 23:00-1:00 4:00-5:00 |
| | 2 | 10 | 68,6 | | | | | |
| | 3 | 10 | 70,1 | | | | | |
| VI | 1 | 10 | 69,4 | 69,6 | 0,8 | - | 3 | 1:00-4:00 |
| | 2 | 10 | 69,3 | | | | | |
| | 3 | 10 | 70,1 | | | | | |
| Równoważny poziom dźwięku w porze dnia | | | | | | | | 74,80 |
| Równoważny poziom dźwięku w porze nocy | | | | | | | | 69,70 |

Równoważny poziom dźwięku metodą próbkowania dla odcinka A4- Chorzów-Sośnica, po zwiększeniu różnicy w udziale pojazdów ciężkich oraz natężeniu wynosi kolejno:

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{9600} \sum_{k=1}^{16} 600 * 10^{0,1L_{Aek}} \right) = 74,80 [dB] - \text{pora dnia}$$

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{4800} \sum_{k=1}^8 600 * 10^{0,1L_{Aek}} \right) = 69,70 [dB] - \text{pora nocy}$$

L_{Aek} – poziom emisji hałasu podczas k-tego okresu pomiarowego [dB]

Wyznaczenie hałasu drogowego za pomocą metody obliczeniowej dla pory dnia i nocy.

$$L_{Aeqd}^P = 9,7 \log q + 4,2 \log v + 0,11p + 33,4 [dB] = 76,96 [dB]$$

$$L_{Aeqn}^P = 9,7 \log q + 4,2 \log v + 0,11p + 33,4 [dB] = 73,23 [dB]$$

$$q_d = 2559,9 \left[\frac{P}{h} \right]$$

$$q_n = 702,6 \left[\frac{P}{h} \right]$$

$$v_d = 102,2 \left[\frac{km}{h} \right]$$

$$v_n = 103,1 \left[\frac{km}{h} \right]$$

$$p_d = 18,7 [\%]$$

$$p_n = 34,5 [\%]$$

Wpływ odległości oraz pokrycia terenu:

$$\Delta L_{eq}^d = -10,8 \log \frac{d'}{13,5} + 5,2 \log \frac{3h}{d+3,5} = -0,42 [dB]$$

Równoważny poziom dźwięku wyznaczony metodą obliczeniową:

$$L_{Aeqd} = L_{Aeqd}^P + \Delta L_{eq}^d = 76,5 [dB] - \text{pora dnia}$$

$$L_{Aeqn} = L_{Aeqn}^P + \Delta L_{eq}^d = 72,8 [dB] - \text{pora nocy}$$

Tab.47- Zestawienie równoważnych poziomów dźwięku pory dnia i nocy obliczonych różnymi metodami dla odcinka A4- Chorzów-Sośnica

| | Metoda bezpośrednich ciągłych pomiarów w ograniczonym czasie | Metoda bezpośrednich pomiarów hałasu z wykorzystaniem próbkowania | Metoda bezpośrednich pomiarów hałasu z wykorzystaniem próbkowania, po zwiększeniu udziału p.ciężkich i natężenia | Metoda obliczeniowa |
|--|--|---|--|---------------------|
| Równoważny poziom dźwięku w porze dnia | 74,50 | 74,80 | 74,80 | 76,5 |
| Równoważny poziom dźwięku w porze nocy | 70,20 | 69,70 | 69,70 | 72,8 |

Wniosek:

Różnica pomiędzy poziomem hałasu w porze dnia i nocy pomiędzy metodą bezpośrednich ciągłych pomiarów oraz metodą próbkowania wynosi odpowiednio 0,3 dB oraz 0,5 dB, po zwiększeniu natężenia oraz udziału pojazdów ciężkich, nie uległa ona zmianie. Wynika to z takiego samego podziału na grupy w porze nocy oraz nieznacznych zmianach występujących w porze dnia. Metoda obliczeniowa daje nam wynik różniący się o ponad 2 [dB] w stosunku do wyników otrzymanych metodą bezpośrednich pomiarów ciągłych.

Dodatkowym zabiegiem wykonanym na tym poligonie było zbadanie dokładności wyników w sytuacji, gdy nie mamy wiedzy na temat natężenia ruchu oraz udziału pojazdów ciężkich w ruchu, polegającym na przyjętym podziale doby na 5 grup godzin i porównaniu dokładności wyników z wynikami uzyskanymi metodą bezpośrednich pomiarów ciągłych. Na

potrzeby niniejszej pracy założono podział doby na 5 grup godzinowych, 3 grupy w porze dnia i 2 grupy w porze nocy. W dzień wyróżniamy następujące grupy godzin:

- 6:00-10:00 & 14:00-18:00
- 14:00-18:00
- 18:00-22:00

Natomiast w nocy:

- 22:00-0:00 & 5:00-6:00
- 0:00-5:00

Tab.48- Równoważny poziom dźwięku pory dnia i nocy metodą próbkowania dla odcinka A4- Chorzów-Sośnica, po odgórnym pogrupowaniu godzin.

| Nr.okresu pomiarowe | L.p | czas pomiaru | Zmierzony poziom dźwięku w dB | Średni poziom dźwięku w dB | Rozrzut pomiędzy próbkami w dB | Czas odniesienia T[godz.] | | Odpowiadające okresowi godziny |
|--|-----|--------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------------------|---------------------------|------|--------------------------------|
| | | | | | | dnia | nocy | |
| I | 1 | 10 | 75,4 | 75,5 | 1,1 | 8 | - | 6:00-10:00 14:00-18:00 |
| | 2 | 10 | 75,0 | | | | | |
| | 3 | 10 | 76,1 | | | | | |
| II | 1 | 10 | 74,7 | 74,9 | 0,5 | 4 | - | 10:00-14:00 |
| | 2 | 10 | 74,8 | | | | | |
| | 3 | 10 | 75,2 | | | | | |
| III | 1 | 10 | 75,3 | 74,3 | 1,9 | 4 | - | 18:00-22:00 |
| | 2 | 10 | 74,3 | | | | | |
| | 3 | 10 | 73,4 | | | | | |
| IV | 1 | 10 | 71,9 | 71,8 | 1,6 | - | 3 | 22:00-0:00 5:00-6:00 |
| | 2 | 10 | 71,0 | | | | | |
| | 3 | 10 | 72,6 | | | | | |
| V | 1 | 10 | 70,4 | 69,8 | 0,6 | - | 5 | 0:00-5:00 |
| | 2 | 10 | 69,3 | | | | | |
| | 3 | 10 | 69,8 | | | | | |
| Równoważny poziom dźwięku w porze dnia | | | | | | | | 75,00 |
| Równoważny poziom dźwięku w porze nocy | | | | | | | | 69,10 |

Tab.49- Zestawienie równoważnych poziomów dźwięku pory dnia i nocy obliczonych metodą bezpośrednich pomiarów ciągłych w ograniczonym czasie oraz metodą próbkowania po odgórnym podziale na grupy

| | Metoda bezpośrednich ciągłych pomiarów w ograniczonym czasie | Metoda bezpośrednich pomiarów hałasu z wykorzystaniem próbkowania, po odgórnym podziale na grupy |
|--|--|--|
| Równoważny poziom dźwięku w porze dnia | 74,50 | 75,00 |
| Równoważny poziom dźwięku w porze nocy | 70,20 | 69,10 |

Wniosek:

W przypadku podziału zgodnie z założeniami przyjętym konkretnie do tego opracowania można stwierdzić, że wartości w dzień różnią się o 0,5 dB, natomiast w nocy o 1,1 dB. Należy zauważyć, że podział na grupy w tym przypadku jest bardzo podobny do podziału na grupy w metodzie próbkowania po zwiększeniu różnic pomiędzy poszczególnymi godzinami odnośnie natężenia ruchu oraz udziału pojazdów ciężkich, co może wskazywać na poprawność założonego odgórnie podziału.

Poligon 3 – droga krajowa nr 44 – Śmiłowice-Mikołów

Pomiar hałasu drogowego na odcinku drogi krajowej nr 44 – Śmiłowice-Mikołów wykonany został na kilometrażu 24+350 km. Punkt pomiarowy zlokalizowany był na wysokości 4m nad poziomem terenu, a odległość od krawędzi jezdni wynosiła 10m.

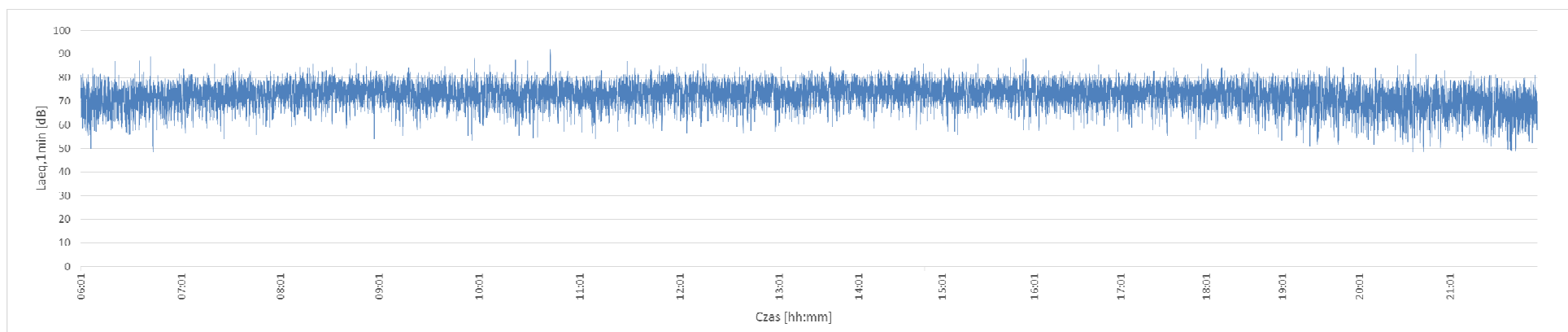
Warunki atmosferyczne w jakich przeprowadzono pomiary:

Tab.50-Warunki atmosferyczne dk nr 44- Śmitowice-Mikołów

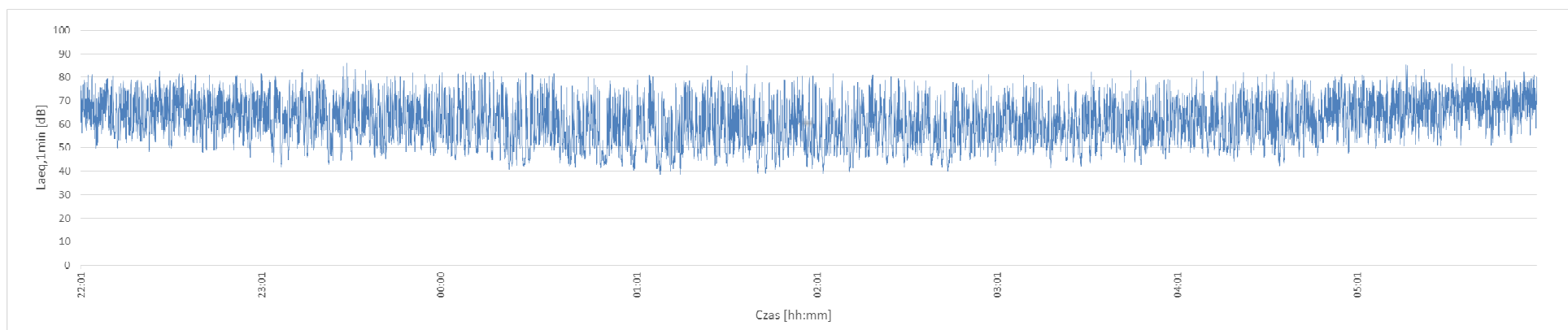
| Wartości mierzone | Wartość maksymalna | Wartość minimalna | Wartość średnia |
|---|-----------------------|-------------------|-----------------|
| Prędkość [m/s] | 7 | 4 | 5,5 |
| Temperatura otoczenia [°C] | 16 | 8 | 12 |
| Wilgotność względna [%] | 97 | 50 | 66 |
| Ciśnienie atmosferyczne [hPa] | 1010 | 1008 | 1009 |
| Stan pogody w okresie wykonywania pomiaru | Zachmurzenie | | |
| Inne spostrzeżenia | Przelotny opad | | |



Rys.64- pomiar hałasu drogowego dk nr 44-Śmitowice-Mikołów



Rys. 65- zmienność zmierzonego poziomu hałasu drogowego w porze dnia dla odcinka dk nr 44-Śmiłowice-Mikołów



Rys. 66- zmienność zmierzonego poziomu hałasu drogowego w porze nocy dla odcinka dk nr 44-Śmiłowice-Mikołów

Równoważny poziom dźwięku metodą bezpośrednich ciągłych pomiarów w ograniczonym czasie:

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{57600} * \sum_{i=1}^{57600} t_i * 10^{0,1 * L_{Ai}} \right) = 73,90 [dB] - \text{pora dnia}$$

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{28800} * \sum_{i=1}^{28800} t_i * 10^{0,1 * L_{Ai}} \right) = 68,30 [dB] - \text{pora nocy}$$

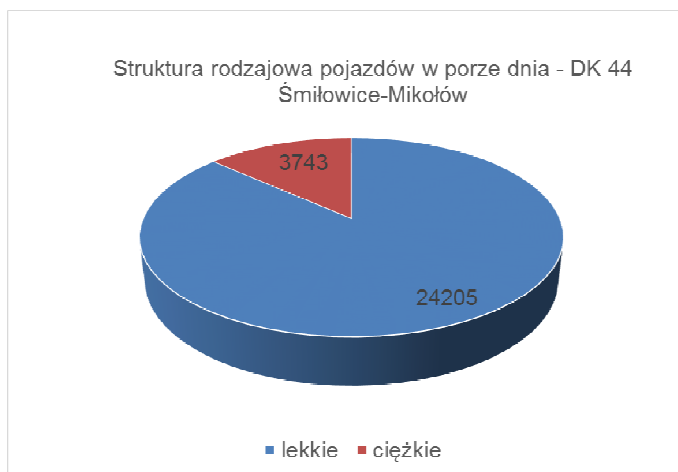
t_i - czas dla którego określono L_{Ai} [s]

L_{Ai} - średni poziom dźwięku A w kolejnej próbce [dB]

Natężenie ruchu w poszczególnych godzinach oraz udział pojazdów ciężkich pozwoliły na opracowanie diagramów obrazujących strukturę rodzajową pojazdów oraz wykresu zmienności natężenia w poszczególnych grupach.

Tab.51- Godzinowa zmienność natężenia oraz udziału pojazdów ciężkich dla odcinka dk nr 44-Śmitowice-Mikołów

| godz. | lekkie | ciężkie | suma | Qc% |
|-------------|--------|---------|-------|--------|
| 06:00-07:00 | 1691 | 227 | 1918 | 11,84% |
| 07:00-08:00 | 1860 | 268 | 2128 | 12,59% |
| 08:00-09:00 | 1764 | 311 | 2075 | 14,99% |
| 09:00-10:00 | 2076 | 372 | 2448 | 15,20% |
| 10:00-11:00 | 1769 | 324 | 2093 | 15,48% |
| 11:00-12:00 | 1492 | 256 | 1748 | 14,65% |
| 12:00-13:00 | 1546 | 288 | 1834 | 15,70% |
| 13:00-14:00 | 1455 | 259 | 1714 | 15,11% |
| 14:00-15:00 | 1631 | 257 | 1888 | 13,61% |
| 15:00-16:00 | 1461 | 212 | 1673 | 12,67% |
| 16:00-17:00 | 1801 | 219 | 2020 | 10,84% |
| 17:00-18:00 | 1815 | 194 | 2009 | 9,66% |
| 18:00-19:00 | 1324 | 193 | 1517 | 12,72% |
| 19:00-20:00 | 1237 | 150 | 1387 | 10,81% |
| 20:00-21:00 | 736 | 102 | 838 | 12,17% |
| 21:00-22:00 | 547 | 111 | 658 | 16,87% |
| 22:00-23:00 | 432 | 83 | 515 | 16,12% |
| 23:00-00:00 | 157 | 65 | 222 | 29,28% |
| 00:00-1:00 | 128 | 62 | 190 | 32,63% |
| 1:00-2:00 | 176 | 79 | 255 | 30,98% |
| 2:00-3:00 | 209 | 71 | 280 | 25,36% |
| 3:00-4:00 | 273 | 73 | 346 | 21,10% |
| 4:00-5:00 | 376 | 122 | 498 | 24,50% |
| 5:00-6:00 | 784 | 196 | 980 | 20,00% |
| SUMA | 26740 | 4494 | 31234 | 14,39 |



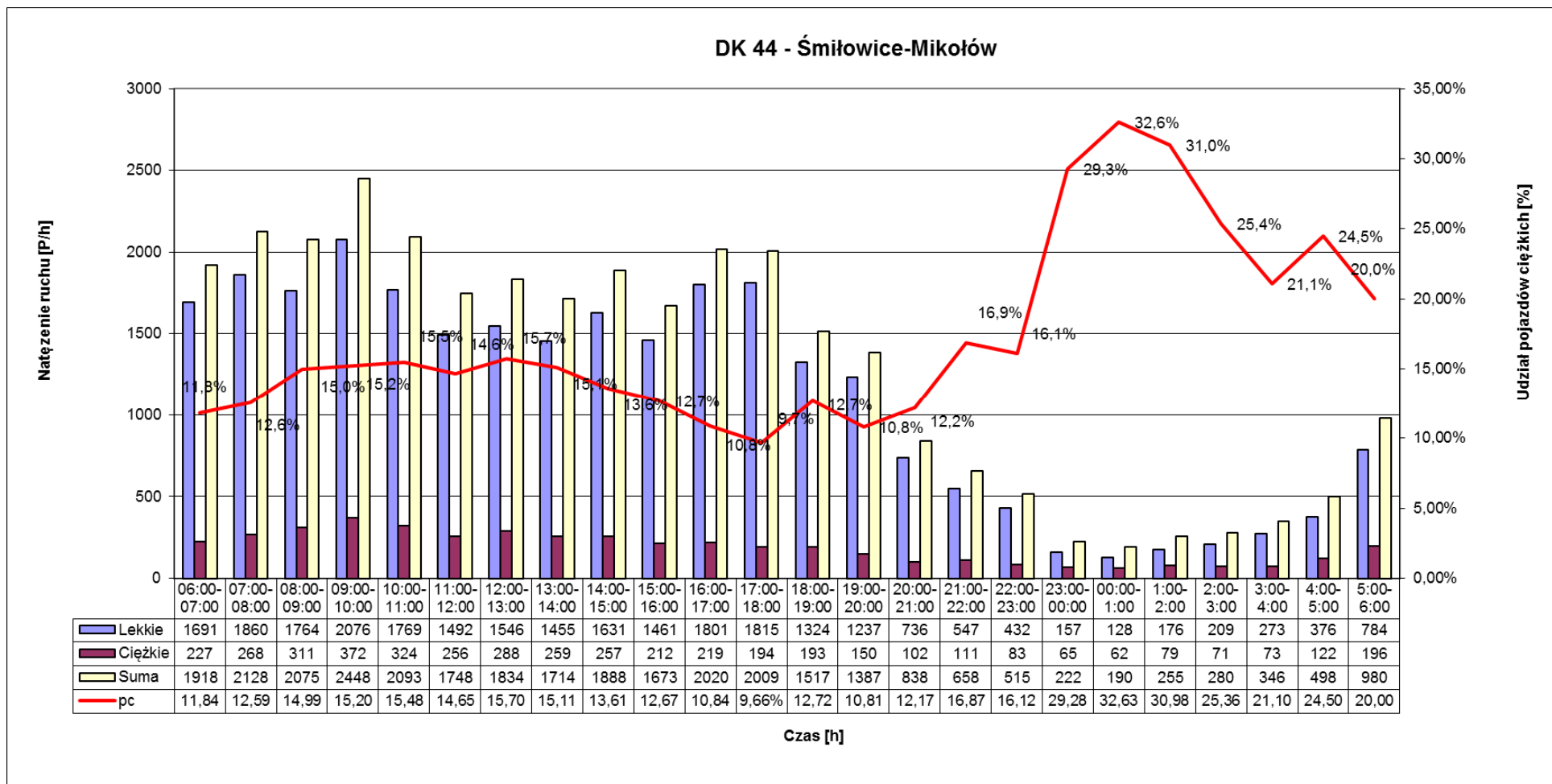
Rys. 67- struktura rodzajowa pojazdów w porze dnia dla odcinka dk nr 44-Śmiłowice-Mikołów



Rys. 68- struktura rodzajowa pojazdów w porze nocy dla odcinka dk nr 44-Śmiłowice-Mikołów



Rys. 69- struktura rodzajowa pojazdów w całej dobie dla odcinka dk nr 44-Śmiłowice-Mikołów



Rys. 70- Natężenie ruchu oraz udział pojazdów ciężkich w czasie dla odcinka dk nr 44- Śmiłowice-Mikołów

Tab.52- Podział na grupy, ze względu na natężenie i udział pojazdów ciężkich dla odcinka dk nr 44- Śmiłowice-Mikołów

| godz. | lekkie | ciężkie | suma | Qc% | Nr.grupy |
|-------------|--------|---------|-------|--------|----------|
| 06:00-07:00 | 1691 | 227 | 1918 | 11,84% | I |
| 07:00-08:00 | 1860 | 268 | 2128 | 12,59% | II |
| 08:00-09:00 | 1764 | 311 | 2075 | 14,99% | II |
| 09:00-10:00 | 2076 | 372 | 2448 | 15,20% | II |
| 10:00-11:00 | 1769 | 324 | 2093 | 15,48% | II |
| 11:00-12:00 | 1492 | 256 | 1748 | 14,65% | I |
| 12:00-13:00 | 1546 | 288 | 1834 | 15,70% | I |
| 13:00-14:00 | 1455 | 259 | 1714 | 15,11% | I |
| 14:00-15:00 | 1631 | 257 | 1888 | 13,61% | I |
| 15:00-16:00 | 1461 | 212 | 1673 | 12,67% | I |
| 16:00-17:00 | 1801 | 219 | 2020 | 10,84% | I |
| 17:00-18:00 | 1815 | 194 | 2009 | 9,66% | I |
| 18:00-19:00 | 1324 | 193 | 1517 | 12,72% | III |
| 19:00-20:00 | 1237 | 150 | 1387 | 10,81% | III |
| 20:00-21:00 | 736 | 102 | 838 | 12,17% | IV |
| 21:00-22:00 | 547 | 111 | 658 | 16,87% | V |
| 22:00-23:00 | 432 | 83 | 515 | 16,12% | V |
| 23:00-00:00 | 157 | 65 | 222 | 29,28% | VI |
| 00:00-1:00 | 128 | 62 | 190 | 32,63% | VI |
| 1:00-2:00 | 176 | 79 | 255 | 30,98% | VII |
| 2:00-3:00 | 209 | 71 | 280 | 25,36% | VII |
| 3:00-4:00 | 273 | 73 | 346 | 21,10% | VIII |
| 4:00-5:00 | 376 | 122 | 498 | 24,50% | IX |
| 5:00-6:00 | 784 | 196 | 980 | 20,00% | IV |
| SUMA | 26740 | 4494 | 31234 | 14,39 | |

Odcinek drogowy charakteryzuje się dużo wyższym natężeniem ruchu w dzień niż w nocy, które maleje szczególnie w godzinach 23:00-2:00. W trakcie dnia mamy bardzo zbliżony udział pojazdów ciężkich, natomiast w nocy występują duże wahania, co skutkuje powstaniem dużej ilości grup.

Tab.53- Równoważny poziom dźwięku pory dnia i nocy metodą próbkowania dla odcinka dk nr 44- Śmiłowice-Mikołów

| Nr.okresu pomiarowego | L.p | czas pomiaru t w min. | Zmierzony poziom dźwięku w dB | Średni poziom dźwięku w dB | Rozrzut pomiędzy próbkami w dB | Czas odniesienia T[godz.] w porze | | Odpowiadające okresowi godzinny rzeczywiste |
|--|-----|-----------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|------|---|
| | | | | | | dnia | nocy | |
| I | 1 | 10 | 72,7 | 73,7 | 1,9 | 8 | - | 6:00-7:00 11:00-18:00 |
| | 2 | 10 | 73,8 | | | | | |
| | 3 | 10 | 74,6 | | | | | |
| II | 1 | 10 | 73,8 | 74,4 | 1,1 | 4 | - | 7:00-11:00 |
| | 2 | 10 | 74,9 | | | | | |
| | 3 | 10 | 74,6 | | | | | |
| III | 1 | 10 | 74,7 | 74,3 | 0,9 | 2 | - | 18:00-20:00 |
| | 2 | 10 | 73,8 | | | | | |
| | 3 | 10 | 74,3 | | | | | |
| IV | 1 | 10 | 71,9 | 71,3 | 1,3 | 1 | 1 | 20:00-21:00 5:00-6:00 |
| | 2 | 10 | 70,6 | | | | | |
| | 3 | 10 | 71,3 | | | | | |
| V | 1 | 10 | 71,4 | 70,5 | 1,5 | 1 | 1 | 21:00-22:00 22:00-23:00 |
| | 2 | 10 | 70,1 | | | | | |
| | 3 | 10 | 69,9 | | | | | |
| VI | 1 | 10 | 69,9 | 65,9 | 7,4 | - | 2 | 23:00-1:00 |
| | 2 | 10 | 62,5 | | | | | |
| | 3 | 10 | 65,3 | | | | | |
| VII | 1 | 10 | 67,8 | 66,7 | 1,7 | - | 2 | 1:00-3:00 |
| | 2 | 10 | 66,2 | | | | | |
| | 3 | 10 | 66,1 | | | | | |
| VIII | 1 | 10 | 65 | 66,1 | 2,1 | - | 1 | 3:00-4:00 |
| | 2 | 10 | 67,1 | | | | | |
| | 3 | 10 | 66,1 | | | | | |
| IX | 1 | 10 | 65,5 | 62,9 | 11,9 | - | 1 | 4:00-5:00 |
| | 2 | 10 | 67,5 | | | | | |
| | 3 | 10 | 55,6 | | | | | |
| Równoważny poziom dźwięku w porze dnia | | | | | | | | 74,1 |
| Równoważny poziom dźwięku w porze nocy | | | | | | | | 67,7 |

Równoważny poziom dźwięku metodą próbkowania dla odcinka dk nr 44- Śmitowice-Mikołów wynosi kolejno:

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{9600} \sum_{k=1}^{16} 600 * 10^{0,1L_{Aek}} \right) = 74,10 [dB] - \text{pora dnia}$$

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{4800} \sum_{k=1}^8 600 * 10^{0,1L_{Aek}} \right) = 67,70 [dB] - \text{pora nocy}$$

L_{Aek} – poziom emisji hałasu podczas k-tego okresu pomiarowego [dB]

Zwiększenie różnicy natężenia oraz udziału pojazdów ciężkich odpowiednio z 25% do 35% oraz z 10% do 15%; porównanie rozbieżności pomiędzy otrzymanymi wynikami.

Tab.54- Podział na grupy, ze względu na natężenie i udział pojazdów ciężkich dla odcinka dk nr 44- Śmitowice-Mikołów, po zwiększeniu różnicy udziału pojazdów ciężkich oraz natężenia.

| godz. | lekkie | ciężkie | suma | Qc% | Nr.grupy |
|-------------|--------|---------|-------|--------|----------|
| 06:00-07:00 | 1691 | 227 | 1918 | 11,84% | I |
| 07:00-08:00 | 1860 | 268 | 2128 | 12,59% | I |
| 08:00-09:00 | 1764 | 311 | 2075 | 14,99% | I |
| 09:00-10:00 | 2076 | 372 | 2448 | 15,20% | I |
| 10:00-11:00 | 1769 | 324 | 2093 | 15,48% | I |
| 11:00-12:00 | 1492 | 256 | 1748 | 14,65% | II |
| 12:00-13:00 | 1546 | 288 | 1834 | 15,70% | II |
| 13:00-14:00 | 1455 | 259 | 1714 | 15,11% | II |
| 14:00-15:00 | 1631 | 257 | 1888 | 13,61% | I |
| 15:00-16:00 | 1461 | 212 | 1673 | 12,67% | II |
| 16:00-17:00 | 1801 | 219 | 2020 | 10,84% | I |
| 17:00-18:00 | 1815 | 194 | 2009 | 9,66% | I |
| 18:00-19:00 | 1324 | 193 | 1517 | 12,72% | II |
| 19:00-20:00 | 1237 | 150 | 1387 | 10,81% | II |
| 20:00-21:00 | 736 | 102 | 838 | 12,17% | III |
| 21:00-22:00 | 547 | 111 | 658 | 16,87% | III |
| 22:00-23:00 | 432 | 83 | 515 | 16,12% | IV |
| 23:00-00:00 | 157 | 65 | 222 | 29,28% | V |
| 00:00-1:00 | 128 | 62 | 190 | 32,63% | V |
| 1:00-2:00 | 176 | 79 | 255 | 30,98% | V |
| 2:00-3:00 | 209 | 71 | 280 | 25,36% | VI |
| 3:00-4:00 | 273 | 73 | 346 | 21,10% | VI |
| 4:00-5:00 | 376 | 122 | 498 | 24,50% | IV |
| 5:00-6:00 | 784 | 196 | 980 | 20,00% | III |
| SUMA | 26740 | 4494 | 31234 | 14,39 | |

Zwiększenie różnic udziału pojazdów ciężkich oraz natężenia pozwoliło na zmniejszenie, aż o 3 ilości grup, co szczególnie widoczne jest w porze nocy.

Tab.55- Równoważny poziom dźwięku pory dnia i nocy metodą próbkowania dla odcinka dk nr 44- Śmiłowice-Mikołów, po zwiększeniu różnicy udziału pojazdów ciężkich oraz natężenia.

| Nr.okresu pomiarowego | Lp | czas pomiaru t w min. | Zmierzony poziom dźwięku w dB | Średni poziom dźwięku w dB | Rozrzut pomiędzy próbkami w dB | Czas odniesienia T[godz.] w porze | | Odpowiadające okresowi godziny rzeczywiste |
|--|----|-----------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|------|--|
| | | | | | | dnia | nocy | |
| I | 1 | 10 | 72,9 | 73,9 | 1,5 | 8 | - | 6:00-11:00 14:00-15:00 16:00-18:00 |
| | 2 | 10 | 74,3 | | | | | |
| | 3 | 10 | 74,4 | | | | | |
| II | 1 | 10 | 75,1 | 74,9 | 1,3 | 6 | - | 11:00-14:00 15:00-16:00 18:00-20:00 |
| | 2 | 10 | 75,4 | | | | | |
| | 3 | 10 | 74,1 | | | | | |
| III | 1 | 10 | 70,4 | 70,1 | 1,3 | 2 | 1 | 20:00-22:00 5:00-6:00 |
| | 2 | 10 | 69,3 | | | | | |
| | 3 | 10 | 70,6 | | | | | |
| IV | 1 | 10 | 65,5 | 67,6 | 4,4 | - | 2 | 4:00-5:00 22:00-23:00 |
| | 2 | 10 | 67,5 | | | | | |
| | 3 | 10 | 69,9 | | | | | |
| V | 1 | 10 | 69,9 | 68,6 | 2,1 | - | 3 | 23:00-2:00 |
| | 2 | 10 | 68,2 | | | | | |
| | 3 | 10 | 67,8 | | | | | |
| VI | 1 | 10 | 66,1 | 66,4 | 1 | - | 2 | 2:00-4:00 |
| | 2 | 10 | 67,1 | | | | | |
| | 3 | 10 | 66,1 | | | | | |
| Równoważny poziom dźwięku w porze dnia | | | | | | | | 74,5 |
| Równoważny poziom dźwięku w porze nocy | | | | | | | | 67,5 |

Równoważny poziom dźwięku metodą próbkowania dla odcinka dk nr 44- Śmiłowice-Mikołów, po zwiększeniu udziału pojazdów ciężkich oraz natężenia wynosi kolejno:

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{9600} \sum_{k=1}^{16} 600 * 10^{0,1L_{Aek}} \right) = 74,50 [dB] - \text{pora dnia}$$

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{4800} \sum_{k=1}^8 600 * 10^{0,1L_{Aek}} \right) = 67,50 [dB] - \text{pora nocy}$$

L_{Aek} – poziom emisji hałasu podczas k-tego okresu pomiarowego [dB]

Wyznaczenie hałasu drogowego za pomocą metody obliczeniowej dla pory dnia i nocy.

$$L_{Aeqd}^P = 9,7 \log q + 4,2 \log v + 0,11p + 33,4 [dB] = 76,96 [dB]$$

$$L_{Aeqn}^P = 9,7 \log q + 4,2 \log v + 0,11p + 33,4 [dB] = 73,23 [dB]$$

$$q_d = 1746,8 \left[\frac{P}{h} \right]$$

$$q_n = 410,8 \left[\frac{P}{h} \right]$$

$$v_d = 78,4 \left[\frac{km}{h} \right]$$

$$v_n = 78,0 \left[\frac{km}{h} \right]$$

$$p_d = 13,4 [\%]$$

$$p_n = 25,0 [\%]$$

Wpływ odległości oraz pokrycia terenu:

$$\Delta L_{eq}^d = -10,8 \log \frac{d'}{13,5} + 5,2 \log \frac{3h}{d+3,5} = -0,42 [dB]$$

Równoważny poziom dźwięku wyznaczony metodą obliczeniową:

$$L_{Aeqd} = L_{Aeqd}^P + \Delta L_{eq}^d = 73,9 [dB] - \text{pora dnia}$$

$$L_{Aeqn} = L_{Aeqn}^P + \Delta L_{eq}^d = 69,0 [dB] - \text{pora nocy}$$

Tab.56- Zestawienie równoważnych poziomów dźwięku pory dnia i nocy obliczonych różnymi metodami dla odcinka dk nr 44- Śmitowice-Mikołów.

| | Metoda bezpośrednich ciągłych pomiarów w ograniczonym czasie | Metoda bezpośrednich pomiarów hałasu z wykorzystaniem próbkowania | Metoda bezpośrednich pomiarów hałasu z wykorzystaniem próbkowania, po zwiększeniu udziału p.ciężkich i natężenia | Metoda obliczeniowa |
|--|--|---|--|---------------------|
| Równoważny poziom dźwięku w porze dnia | 73,90 | 74,10 | 74,50 | 73,9 |
| Równoważny poziom dźwięku w porze nocy | 68,30 | 67,70 | 67,50 | 69,0 |

Wniosek:

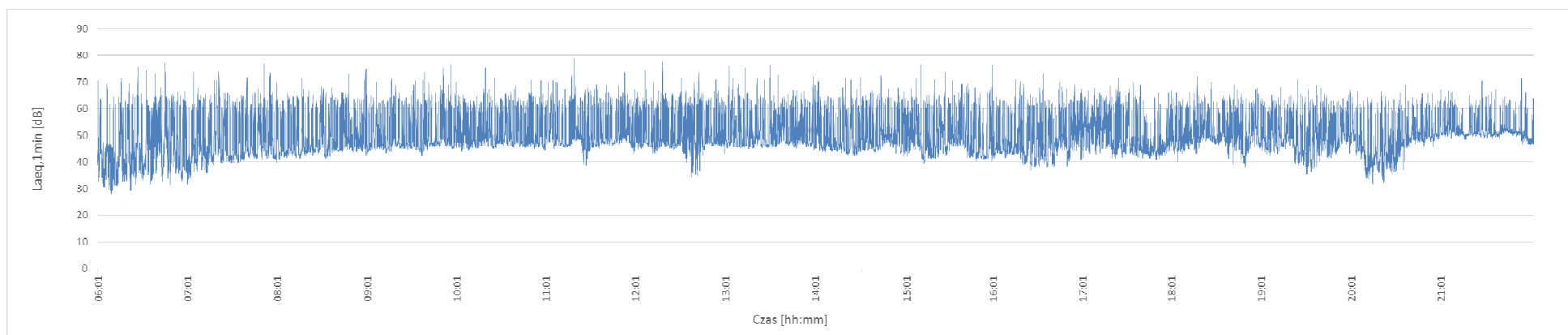
Rozbieżność pomiędzy poziomem hałasu w porze dnia pomiędzy metodą bezpośrednich ciągłych pomiarów oraz metodą próbkowania wynosi odpowiednio 0,2 dB oraz 0,6 dB po zwiększeniu natężenia oraz udziału pojazdów ciężkich. W przypadku pory nocy różnice te wynoszą odpowiednio 0,6 dB oraz 0,8 dB. Metoda obliczeniowa dała dokładnie takie same wyniki w porze dnia jak metoda pomiarów ciągłych, różnica w porze nocy wynosiła już 0,7 dB.

Poligon 4 – droga wojewódzka nr 768 - Mokrzyńska

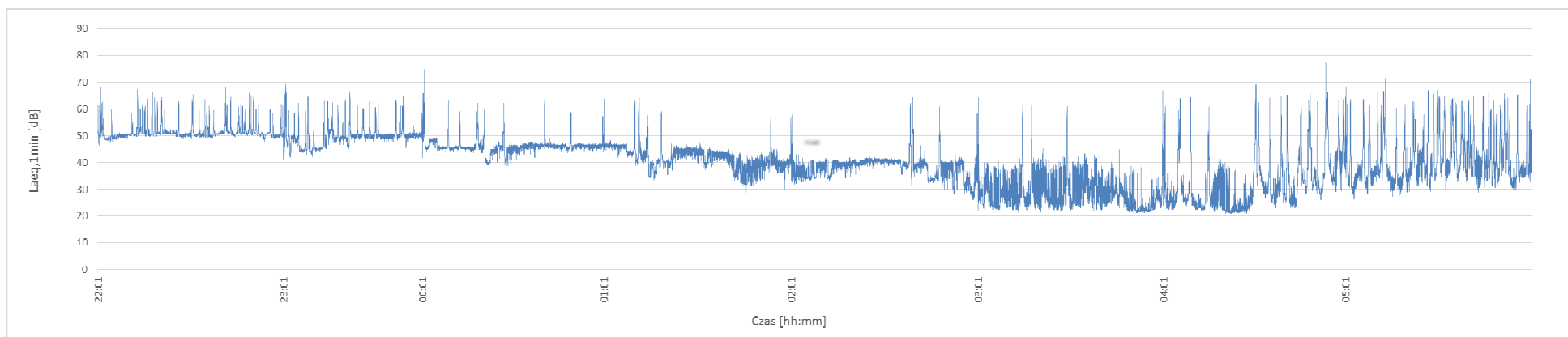
Pomiar hałasu drogowego wykonany został na drodze wojewódzkiej nr 768 na odcinku pomiędzy Brzeskiem i Szczurową w miejscowości Mokrzyńska. Punkt pomiarowy zlokalizowany był na wysokości 4m nad poziomem terenu, a odległość od krawędzi jezdni wynosiła 10m.



Rys.71- pomiar hałasu drogowego dw nr 768-Mokrzyńska



Rys. 72- zmienność zmierzonego poziomu hałasu drogowego w porze dnia dla odcinka dw nr 768-Mokrzyska



Rys. 73- zmienność zmierzonego poziomu hałasu drogowego w porze nocy dla odcinka dw nr 768-Mokrzyska

Równoważny poziom dźwięku metodą bezpośrednich ciągłych pomiarów w ograniczonym czasie:

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{57600} * \sum_{i=1}^{57600} t_i * 10^{0,1 * L_{Ai}} \right) = 55,89 [dB] - \text{pora dnia}$$

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{28800} * \sum_{i=1}^{28800} t_i * 10^{0,1 * L_{Ai}} \right) = 49,70 [dB] - \text{pora nocy}$$

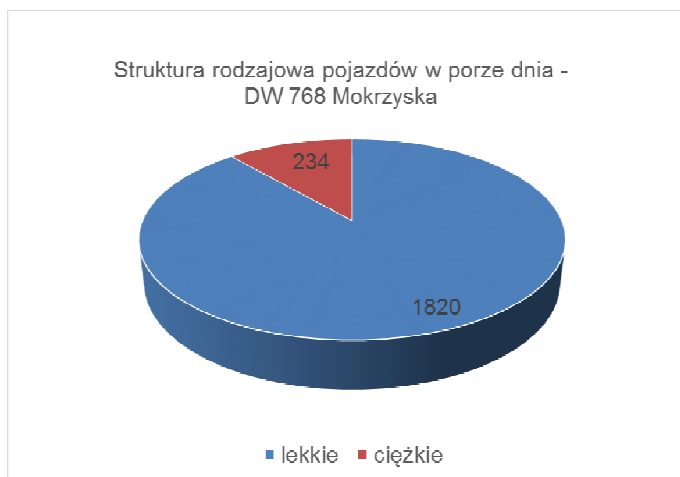
t_i - czas dla, którego określono L_{Ai} [s]

L_{Ai} - średni poziom dźwięku A w kolejnej próbce [dB]

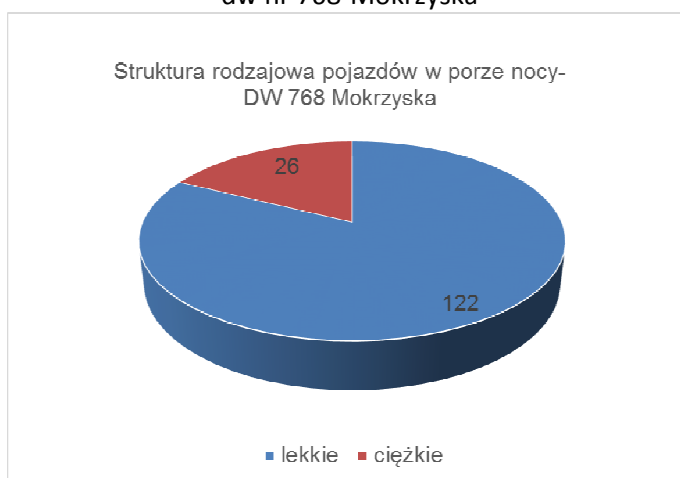
Natężenie ruchu w poszczególnych godzinach oraz udziału pojazdów ciężkich pozwoliły na opracowanie diagramów obrazujących strukturę rodzajową pojazdów oraz wykresu zmienności natężenia w poszczególnych grupach.

Tab.57- Godzinowa zmienność natężenia oraz udziału pojazdów ciężkich dla odcinka dw nr 768-Mokrzyska

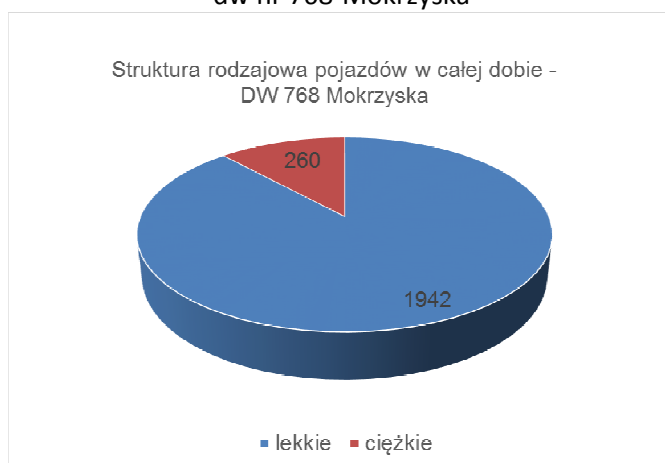
| godz. | lekkie | ciężkie | suma | Qc% |
|-------------|--------|---------|------|--------|
| 06:00-07:00 | 77 | 20 | 97 | 20,62% |
| 07:00-08:00 | 110 | 21 | 131 | 16,03% |
| 08:00-09:00 | 121 | 13 | 134 | 9,70% |
| 09:00-10:00 | 129 | 22 | 151 | 14,57% |
| 10:00-11:00 | 129 | 11 | 140 | 7,86% |
| 11:00-12:00 | 140 | 15 | 155 | 9,68% |
| 12:00-13:00 | 139 | 12 | 151 | 7,95% |
| 13:00-14:00 | 126 | 22 | 148 | 14,86% |
| 14:00-15:00 | 133 | 15 | 148 | 10,14% |
| 15:00-16:00 | 136 | 18 | 154 | 11,69% |
| 16:00-17:00 | 107 | 18 | 125 | 14,40% |
| 17:00-18:00 | 126 | 21 | 147 | 14,29% |
| 18:00-19:00 | 120 | 14 | 134 | 10,45% |
| 19:00-20:00 | 94 | 10 | 104 | 9,62% |
| 20:00-21:00 | 84 | 1 | 85 | 1,18% |
| 21:00-22:00 | 49 | 1 | 50 | 2,00% |
| 22:00-23:00 | 24 | 1 | 25 | 4,00% |
| 23:00-00:00 | 13 | 0 | 13 | 0,00% |
| 00:00-1:00 | 5 | 2 | 7 | 28,57% |
| 1:00-2:00 | 5 | 2 | 7 | 28,57% |
| 2:00-3:00 | 1 | 0 | 1 | 0,00% |
| 3:00-4:00 | 10 | 2 | 12 | 16,67% |
| 4:00-5:00 | 14 | 3 | 17 | 17,65% |
| 5:00-6:00 | 50 | 16 | 66 | 24,24% |
| SUMA | 1942 | 260 | 2202 | 11,81 |



Rys. 74- struktura rodzajowa pojazdów w porze dnia dla odcinka dw nr 768-Mokrzyńska

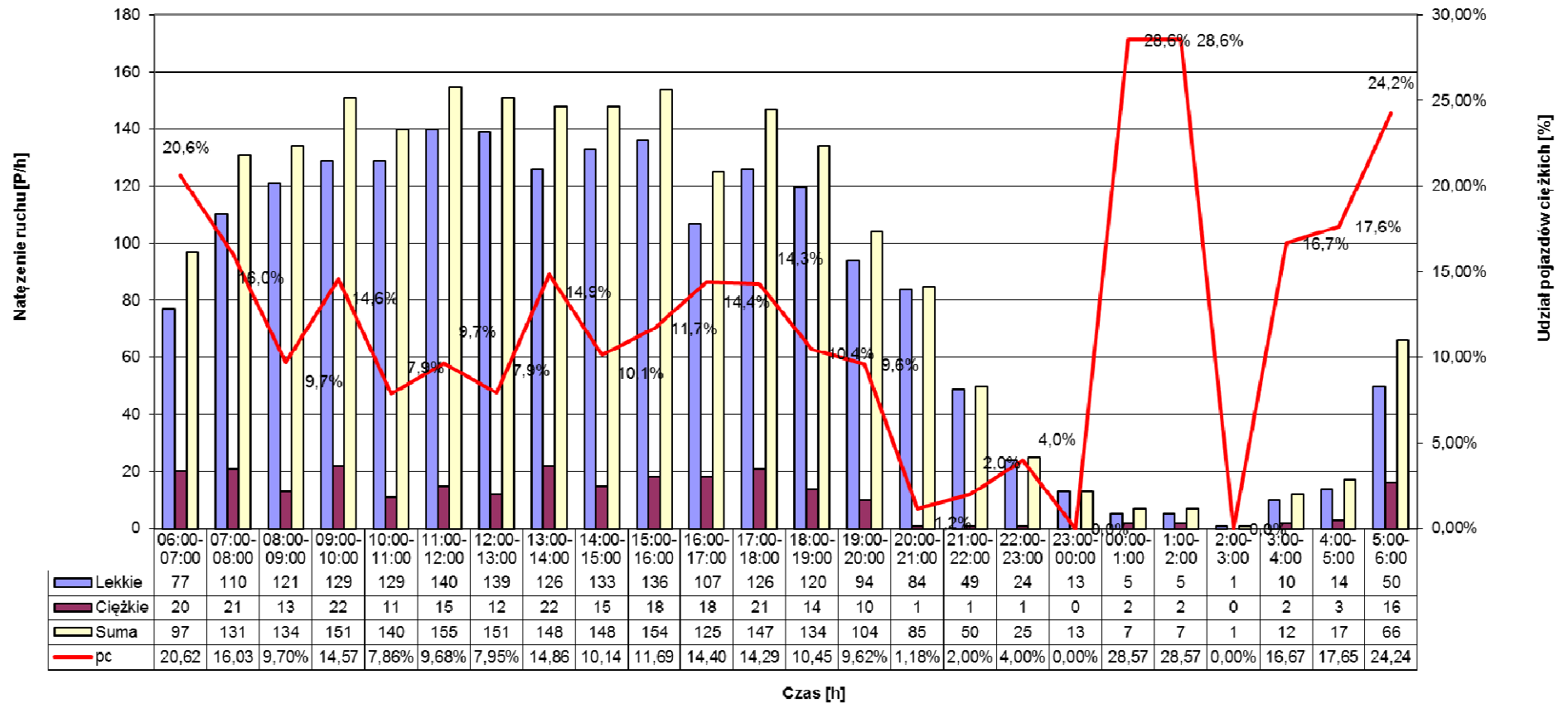


Rys. 75- struktura rodzajowa pojazdów w porze nocy dla odcinka dw nr 768-Mokrzyńska



Rys.76- struktura rodzajowa pojazdów w całej dobie dla odcinka dw nr 768- Mokrzyńska

DW 768 - Mokrzycka



Rys. 77- Natężenie ruchu oraz udział pojazdów ciężkich w czasie dla odcinka dw nr 768-Mokrzycka

Tab.58- Podział na grupy, ze względu na natężenie i udział pojazdów ciężkich dla odcinka dw nr 768-Mokrzyska

| godz. | lekkie | ciężkie | suma | Qc% | Nr.grupy |
|-------------|--------|---------|------|--------|----------|
| 06:00-07:00 | 77 | 20 | 97 | 20,62% | I |
| 07:00-08:00 | 110 | 21 | 131 | 16,03% | II |
| 08:00-09:00 | 121 | 13 | 134 | 9,70% | II |
| 09:00-10:00 | 129 | 22 | 151 | 14,57% | II |
| 10:00-11:00 | 129 | 11 | 140 | 7,86% | II |
| 11:00-12:00 | 140 | 15 | 155 | 9,68% | II |
| 12:00-13:00 | 139 | 12 | 151 | 7,95% | II |
| 13:00-14:00 | 126 | 22 | 148 | 14,86% | II |
| 14:00-15:00 | 133 | 15 | 148 | 10,14% | II |
| 15:00-16:00 | 136 | 18 | 154 | 11,69% | II |
| 16:00-17:00 | 107 | 18 | 125 | 14,40% | II |
| 17:00-18:00 | 126 | 21 | 147 | 14,29% | II |
| 18:00-19:00 | 120 | 14 | 134 | 10,45% | II |
| 19:00-20:00 | 94 | 10 | 104 | 9,62% | III |
| 20:00-21:00 | 84 | 1 | 85 | 1,18% | III |
| 21:00-22:00 | 49 | 1 | 50 | 2,00% | IV |
| 22:00-23:00 | 24 | 1 | 25 | 4,00% | V |
| 23:00-00:00 | 13 | 0 | 13 | 0,00% | VI |
| 00:00-1:00 | 5 | 2 | 7 | 28,57% | VII |
| 1:00-2:00 | 5 | 2 | 7 | 28,57% | VII |
| 2:00-3:00 | 1 | 0 | 1 | 0,00% | VIII |
| 3:00-4:00 | 10 | 2 | 12 | 16,67% | IX |
| 4:00-5:00 | 14 | 3 | 17 | 17,65% | X |
| 5:00-6:00 | 50 | 16 | 66 | 24,24% | XI |
| SUMA | 1942 | 260 | 2202 | 11,81 | |

Odcinek charakteryzuje się generalnie bardzo niskim natężeniem ruchu, które w godzinach późno nocnych ogranicza się zaledwie do kilku pojazdów na godzinę, ma to duży wpływ na wahania udziału pojazdów ciężkich, co z kolei przekłada się na powstanie bardzo wielu grup godzin.

Tab.59- Równoważny poziom dźwięku pory dnia i nocy metodą próbkowania dla odcinka dw nr 768-Mokrzyska

| Nr.okresu pomiarowego | L.p | czas pomiaru t w min. | Zmierzony poziom dźwięku w dB | Średni poziom dźwięku w dB | Rozrzut pomiędzy próbkami w dB | Czas odniesienia T[godz.] w porze | | Odpowiadające okresowi godziny rzeczywiste |
|--|-----|-----------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|------|--|
| | | | | | | dnia | nocy | |
| I | 1 | 10 | 53,5 | 55,0 | 3,3 | 1 | - | 6:00-7:00 |
| | 2 | 10 | 56,8 | | | | | |
| | 3 | 10 | 54,7 | | | | | |
| II | 1 | 10 | 55,6 | 56,1 | 0,7 | 12 | - | 7:00-19:00 |
| | 2 | 10 | 56,3 | | | | | |
| | 3 | 10 | 56,3 | | | | | |
| III | 1 | 10 | 55,0 | 53,4 | 4,8 | 2 | - | 19:00-21:00 |
| | 2 | 10 | 50,2 | | | | | |
| | 3 | 10 | 55,0 | | | | | |
| IV | 1 | 10 | 55,5 | 55,0 | 1,0 | 1 | - | 21:00-22:00 |
| | 2 | 10 | 55,0 | | | | | |
| | 3 | 10 | 54,5 | | | | | |
| V | 1 | 10 | 52,7 | 53,2 | 0,8 | - | 1 | 22:00-23:00 |
| | 2 | 10 | 53,5 | | | | | |
| | 3 | 10 | 53,5 | | | | | |
| VI | 1 | 10 | 50,1 | 51,5 | 2,5 | - | 1 | 23:00-0:00 |
| | 2 | 10 | 52,6 | | | | | |
| | 3 | 10 | 51,7 | | | | | |
| VII | 1 | 10 | 47,6 | 44,4 | 8,3 | - | 2 | 0:00-2:00 |
| | 2 | 10 | 46,4 | | | | | |
| | 3 | 10 | 39,3 | | | | | |
| VIII | 1 | 10 | 38,4 | 42,2 | 7,6 | - | 1 | 2:00-3:00 |
| | 2 | 10 | 46 | | | | | |
| | 3 | 10 | 42,3 | | | | | |
| IX | 1 | 10 | 31,9 | 34,3 | 10,1 | - | 1 | 3:00-4:00 |
| | 2 | 10 | 40,5 | | | | | |
| | 3 | 10 | 30,4 | | | | | |
| X | 1 | 10 | 44,3 | 49,5 | 11,4 | - | 1 | 4:00-5:00 |
| | 2 | 10 | 48,5 | | | | | |
| | 3 | 10 | 55,7 | | | | | |
| XI | 1 | 10 | 53,4 | 52,3 | 3,1 | - | 1 | 5:00-6:00 |
| | 2 | 10 | 53,1 | | | | | |
| | 3 | 10 | 50,3 | | | | | |
| Równoważny poziom dźwięku w porze dnia | | | | | | | | 56,10 |
| Równoważny poziom dźwięku w porze nocy | | | | | | | | 48,5 |

Równoważny poziom dźwięku metodą próbkowania dla odcinka dw nr 768-Mokrzyska wynosi kolejno:

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{9600} \sum_{k=1}^{16} 600 * 10^{0,1L_{Aek}} \right) = 56,10 [dB] - \text{pora dnia}$$

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{4800} \sum_{k=1}^8 600 * 10^{0,1L_{Aek}} \right) = 48,50 [dB] - \text{pora nocy}$$

L_{Aek} – poziom emisji hałasu podczas k-tego okresu pomiarowego [dB]

Zwiększenie różnicy natężenia oraz udziału pojazdów ciężkich odpowiednio z 25% do 35% oraz z 10% do 15%; porównanie rozbieżności pomiędzy otrzymanymi wynikami.

Tab.60- Podział na grupy, ze względu na natężenie i udział pojazdów ciężkich dla odcinka dw nr 768-Mokrzyska, po zwiększeniu różnicy udziału pojazdów ciężkich oraz natężenia.

| godz. | lekke | ciężkie | suma | Qc% | Nr.grupy |
|-------------|-------|---------|------|--------|----------|
| 06:00-07:00 | 77 | 20 | 97 | 20,62% | I |
| 07:00-08:00 | 110 | 21 | 131 | 16,03% | II |
| 08:00-09:00 | 121 | 13 | 134 | 9,70% | II |
| 09:00-10:00 | 129 | 22 | 151 | 14,57% | II |
| 10:00-11:00 | 129 | 11 | 140 | 7,86% | II |
| 11:00-12:00 | 140 | 15 | 155 | 9,68% | II |
| 12:00-13:00 | 139 | 12 | 151 | 7,95% | II |
| 13:00-14:00 | 126 | 22 | 148 | 14,86% | II |
| 14:00-15:00 | 133 | 15 | 148 | 10,14% | II |
| 15:00-16:00 | 136 | 18 | 154 | 11,69% | II |
| 16:00-17:00 | 107 | 18 | 125 | 14,40% | II |
| 17:00-18:00 | 126 | 21 | 147 | 14,29% | II |
| 18:00-19:00 | 120 | 14 | 134 | 10,45% | II |
| 19:00-20:00 | 94 | 10 | 104 | 9,62% | III |
| 20:00-21:00 | 84 | 1 | 85 | 1,18% | III |
| 21:00-22:00 | 49 | 1 | 50 | 2,00% | IV |
| 22:00-23:00 | 24 | 1 | 25 | 4,00% | V |
| 23:00-00:00 | 13 | 0 | 13 | 0,00% | VI |
| 00:00-1:00 | 5 | 2 | 7 | 28,57% | VII |
| 1:00-2:00 | 5 | 2 | 7 | 28,57% | VII |
| 2:00-3:00 | 1 | 0 | 1 | 0,00% | VIII |
| 3:00-4:00 | 10 | 2 | 12 | 16,67% | IX |
| 4:00-5:00 | 14 | 3 | 17 | 17,65% | IX |
| 5:00-6:00 | 50 | 16 | 66 | 24,24% | X |
| SUMA | 1942 | 260 | 2202 | 11,81 | |

Po zwiększeniu różnicy natężenia i udziału pojazdów ciężkich udało się zmniejszyć ilość grup zaledwie o jedną, jest to spowodowane zbyt dużymi wahaniami wartości w udziale pojazdów ciężkich pomiędzy poszczególnymi godzinami.

Tab.61- Równoważny poziom dźwięku pory dnia i nocy metodą próbkowania dla odcinka dw nr 768-Mokrzyska, po zwiększeniu różnicy udziału pojazdów ciężkich oraz natężenia.

| Nr. okresu pomiarowego | L.p | czas pomiaru t w min. | Zmierzony poziom dźwięku w dB | Średni poziom dźwięku w dB | Rozrzut pomiędzy | Czas odniesienia | | Odpowiadające okresowi godziny |
|--|-----|-----------------------|-------------------------------|----------------------------|------------------|------------------|------|--------------------------------|
| | | | | | | dnia | nocy | |
| I | 1 | 10 | 53,5 | 55,0 | 3,3 | 1 | - | 6:00-7:00 |
| | 2 | 10 | 56,8 | | | | | |
| | 3 | 10 | 54,7 | | | | | |
| II | 1 | 10 | 55,6 | 56,1 | 0,7 | 12 | - | 7:00-19:00 |
| | 2 | 10 | 56,3 | | | | | |
| | 3 | 10 | 56,3 | | | | | |
| III | 1 | 10 | 55,0 | 53,4 | 4,8 | 2 | - | 19:00-21:00 |
| | 2 | 10 | 50,2 | | | | | |
| | 3 | 10 | 55,0 | | | | | |
| IV | 1 | 10 | 55,5 | 55,0 | 1,0 | 1 | - | 21:00-22:00 |
| | 2 | 10 | 55,0 | | | | | |
| | 3 | 10 | 54,5 | | | | | |
| V | 1 | 10 | 52,7 | 53,2 | 0,8 | - | 1 | 22:00-23:00 |
| | 2 | 10 | 53,5 | | | | | |
| | 3 | 10 | 53,5 | | | | | |
| VI | 1 | 10 | 50,1 | 51,5 | 2,5 | - | 1 | 23:00-0:00 |
| | 2 | 10 | 52,6 | | | | | |
| | 3 | 10 | 51,7 | | | | | |
| VII | 1 | 10 | 47,6 | 44,4 | 8,3 | - | 2 | 0:00-2:00 |
| | 2 | 10 | 46,4 | | | | | |
| | 3 | 10 | 39,3 | | | | | |
| VIII | 1 | 10 | 38,4 | 42,2 | 7,6 | - | 1 | 2:00-3:00 |
| | 2 | 10 | 46 | | | | | |
| | 3 | 10 | 42,3 | | | | | |
| IX | 1 | 10 | 40,5 | 39,8 | 18,1 | - | 2 | 3:00-5:00 |
| | 2 | 10 | 30,4 | | | | | |
| | 3 | 10 | 48,5 | | | | | |
| X | 1 | 10 | 53,4 | 52,3 | 3,1 | - | 1 | 5:00-6:00 |
| | 2 | 10 | 53,1 | | | | | |
| | 3 | 10 | 50,3 | | | | | |
| Równoważny poziom dźwięku w porze dnia | | | | | | | | 56,10 |
| Równoważny poziom dźwięku w porze nocy | | | | | | | | 48,2 |

Równoważny poziom dźwięku metodą próbkowania dla odcinka dw nr 768-Mokrzyska, po zwiększeniu różnicy udziału pojazdów ciężkich oraz natężenia wynosi kolejno:

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{9600} \sum_{k=1}^{16} 600 * 10^{0,1L_{Aek}} \right) = 56,10 [dB] - \text{pora dnia}$$

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{4800} \sum_{k=1}^8 600 * 10^{0,1L_{Aek}} \right) = 48,20 [dB] - \text{pora nocy}$$

L_{Aek} – poziom emisji hałasu podczas k-tego okresu pomiarowego [dB]

Wyznaczenie hałasu drogowego za pomocą metody obliczeniowej dla pory dnia i nocy.

$$L_{Aeqd}^P = 9,7 \log q + 4,2 \log v + 0,11p + 33,4 [dB] = 76,96 [dB]$$

$$L_{Aeqn}^P = 9,7 \log q + 4,2 \log v + 0,11p + 33,4 [dB] = 73,23 [dB]$$

$$q_d = 128,4 \left[\frac{P}{h} \right]$$

$$q_n = 18,5 \left[\frac{P}{h} \right]$$

$$v_d = 63,7 \left[\frac{km}{h} \right]$$

$$v_n = 70,5 \left[\frac{km}{h} \right]$$

$$p_d = 10,9 [\%]$$

$$p_n = 15,0 [\%]$$

Wpływ odległości oraz pokrycia terenu:

$$\Delta L_{eq}^d = -10,8 \log \frac{d'}{13,5} + 5,2 \log \frac{3h}{d+3,5} = -0,42 [dB]$$

Równoważny poziom dźwięku wyznaczony metodą obliczeniową:

$$L_{Aeqd} = L_{Aeqd}^P + \Delta L_{eq}^d = 62,2 [dB] - \text{pora dnia}$$

$$L_{Aeqn} = L_{Aeqn}^P + \Delta L_{eq}^d = 54,7 [dB] - \text{pora nocy}$$

Tab.62- Zestawienie równoważnych poziomów dźwięku pory dnia i nocy obliczonych różnymi metodami dla odcinka dw nr 768-Mokrzyska

| | Metoda bezpośrednich ciągłych pomiarów w ograniczonym czasie | Metoda bezpośrednich pomiarów hałasu z wykorzystaniem próbkowania | Metoda bezpośrednich pomiarów hałasu z wykorzystaniem próbkowania, po zwiększeniu różnicy udziału p.ciężkich i natężenia | Metoda obliczeniowa |
|--|--|---|--|---------------------|
| Równoważny poziom dźwięku w porze dnia | 55,89 | 56,10 | 56,10 | 62,2 |
| Równoważny poziom dźwięku w porze nocy | 49,70 | 48,5 | 48,20 | 54,7 |

Wniosek:

Rozbieżność pomiędzy poziomem hałasu w porze dnia pomiędzy metodą bezpośrednich ciągłych pomiarów oraz metodą próbkowania wynosi 0,21 dB, natomiast po zwiększeniu natężenia oraz udziału pojazdów ciężkich wynosi tyle samo, ze względu na taki sam podział na grupy. W przypadku pory nocy różnice te wynoszą odpowiednio 1,2 dB oraz 1,5 dB. Z Uwagi na niewielkie natężenie ruchu różnice pomiędzy metodą obliczeniową oraz pomiarów ciągłych są znaczące i wynoszą 6,31 dB w dzień i 5,0 dB w nocy.

Na poligonie przeprowadzono dodatkowe badanie pozwalające sprawdzić dokładność wyników w sytuacji, gdy nie ma się wiedzy na temat natężenia ruchu oraz udziału pojazdów ciężkich. W związku z tym dokonano podziału doby jak w przypadku poligonu badawczego Chorzów-Sośnica na 5 grup godzinowych i porównanie dokładności wyników z wynikami uzyskanymi metodą bezpośrednich pomiarów ciągłych. Wyróżniamy następujące grupy w dzień:

- 6:00-10:00 & 14:00-18:00
- 14:00-18:00
- 18:00-22:00

Natomiast w nocy:

- 22:00-0:00 & 5:00-6:00
- 0:00-5:00

Tab.63- Równoważny poziom dźwięku pory dnia i nocy metodą próbkowania dla odcinka dw nr 768 - Mokrzyska, po odpórnym pogrupowaniu godzin.

| Nr. okresu pomiarowego | L.p | czas pomiaru t w min. | Zmierzony poziom dźwięku w dB | Średni poziom dźwięku w dB | Rozrzut pomiędzy | Czas odniesienia | | Odpowiadające okresowi godziny |
|--|-----|-----------------------|-------------------------------|----------------------------|------------------|------------------|------|--------------------------------|
| | | | | | | dnia | nocy | |
| I | 1 | 10 | 55,6 | 54,3 | 3,7 | 8 | - | 6:00-10:00 14:00-18:00 |
| | 2 | 10 | 55,4 | | | | | |
| | 3 | 10 | 51,9 | | | | | |
| II | 1 | 10 | 57,1 | 57,1 | 2,9 | 4 | - | 10:00-14:00 |
| | 2 | 10 | 58,6 | | | | | |
| | 3 | 10 | 55,7 | | | | | |
| III | 1 | 10 | 53,3 | 53,7 | 1,2 | 4 | - | 18:00-22:00 |
| | 2 | 10 | 53,3 | | | | | |
| | 3 | 10 | 54,5 | | | | | |
| IV | 1 | 10 | 53,5 | 52,8 | 1,8 | - | 3 | 22:00-0:00 5:00-6:00 |
| | 2 | 10 | 51,7 | | | | | |
| | 3 | 10 | 53,1 | | | | | |
| V | 1 | 10 | 47,9 | 42,3 | 8,7 | - | 5 | 0:00-5:00 |
| | 2 | 10 | 39,7 | | | | | |
| | 3 | 10 | 39,2 | | | | | |
| Równoważny poziom dźwięku w porze dnia | | | | | | | | 57,10 |
| Równoważny poziom dźwięku w porze nocy | | | | | | | | 48,4 |

Tab.64- Zestawienie równoważnych poziomów dźwięku pory dnia i nocy obliczonych metodą bezpośrednich pomiarów ciągłych w ograniczonym czasie oraz metodą próbkowania po odgórnym podziale na grupy.

| | Metoda bezpośrednich ciągłych pomiarów w ograniczonym czasie | Metoda bezpośrednich pomiarów hałasu z wykorzystaniem próbkowania, po odgórnym podziale na grupy |
|--|--|--|
| Równoważny poziom dźwięku w porze dnia | 55,89 | 57,10 |
| Równoważny poziom dźwięku w porze nocy | 49,70 | 48,40 |

Wniosek:

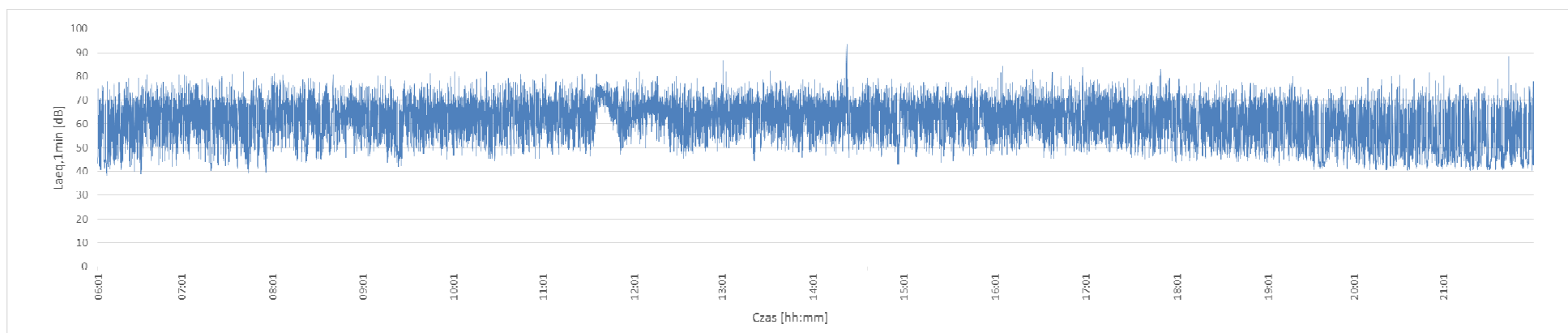
Po dokonaniu podziału na grupy zgodnie z wcześniej przyjętymi zasadami otrzymano różnicę 1,21 dB w dzień i 1,3 dB w nocy pomiędzy metodą pomiarów ciągłych oraz metodą próbkowania po odgórnym podziale na grupy. W stosunku do różnicy pomiędzy metodą pomiarów ciągłych, a metodą próbkowania przy znajomości natężenia ruchu oraz udziału pojazdów ciężkich różnice te są porównywalne w porze nocy, natomiast są o wiele wyższe w porze dnia, ponieważ wynosiły ok.0,2 dB.

Poligon 5 – droga wojewódzka nr 933 - Brzeszcze

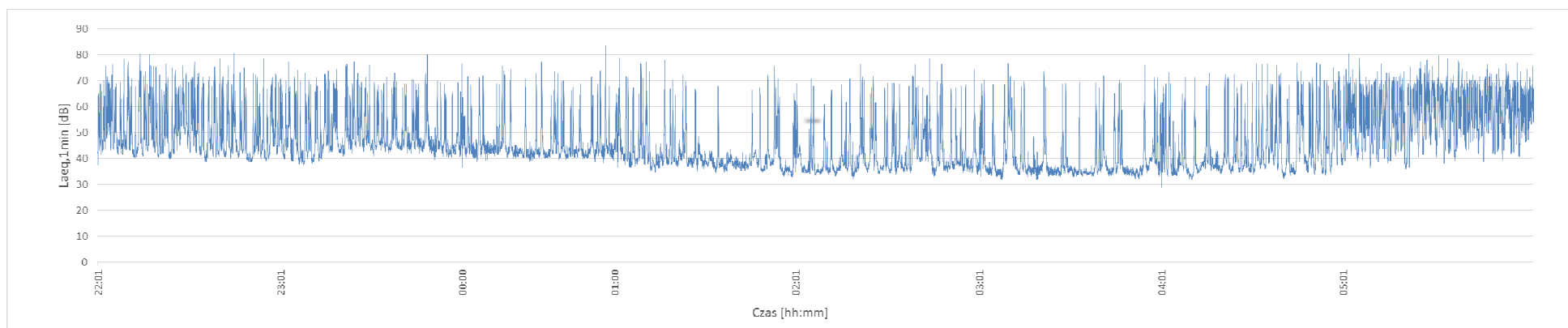
Pomiar hałasu drogowego wykonany został na drodze wojewódzkiej nr 933 na odcinku Brzeszcze – Oświęcim. Punkt pomiarowy zlokalizowany był na wysokości 4m nad poziomem terenu, a odległość od krawędzi jezdni wynosiła 10m.



Rys.78 pomiar hałasu drogowego dw nr 933-Brzeszcze



Rys. 79- zmienność zmierzonego poziomu hałasu drogowego w porze dnia dla odcinka dw nr 933-Brzeszcze



Rys. 80- zmienność zmierzonego poziomu hałasu drogowego w porze nocy dla odcinka dw nr 933-Brzeszcze

Równoważny poziom dźwięku metodą bezpośrednich ciągłych pomiarów w ograniczonym czasie:

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{57600} * \sum_{i=1}^{57600} t_i * 10^{0,1 * L_{Ai}} \right) = 66,30 [dB] - \text{pora dnia}$$

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{28800} * \sum_{i=1}^{28800} t_i * 10^{0,1 * L_{Ai}} \right) = 59,91 [dB] - \text{pora nocy}$$

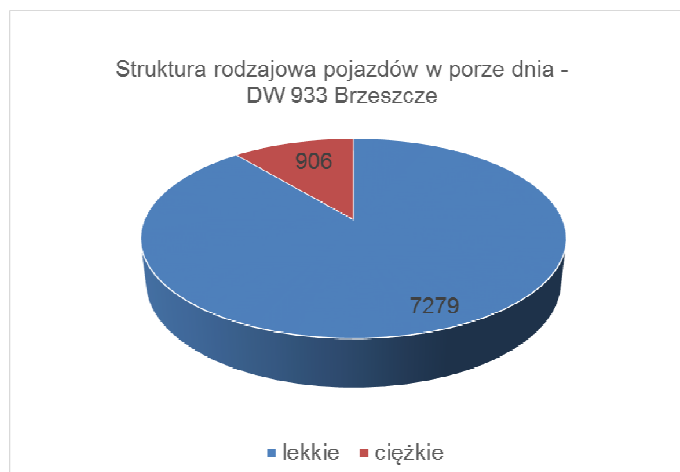
t_i - czas dla, którego określono L_{Ai} [s]

L_{Ai} - średni poziom dźwięku A w kolejnej próbce [dB]

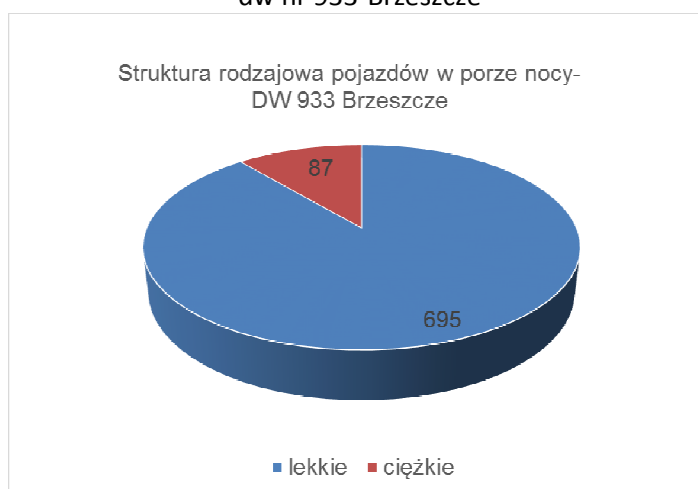
Natężenie ruchu w poszczególnych godzinach oraz udziału pojazdów ciężkich pozwoliły na opracowanie diagramów obrazujących strukturę rodzajową pojazdów oraz wykresu zmienności natężenia w poszczególnych grupach.

Tab.65- Godzinowa zmienność natężenia oraz udziału pojazdów ciężkich dla odcinka dw nr 933-Brzeszcze

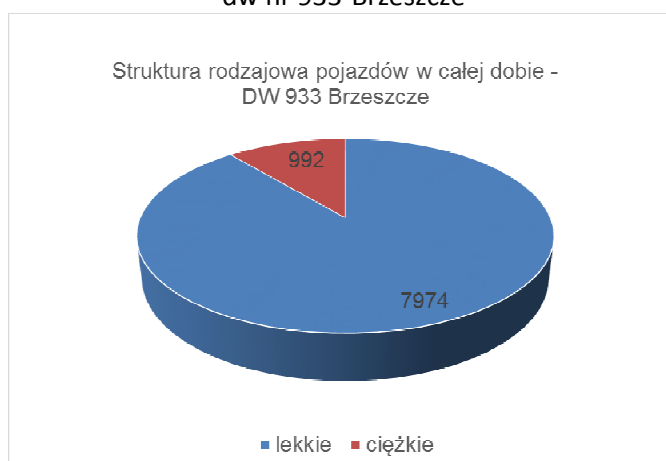
| godz. | lekkie | ciężkie | suma | Qc% |
|-------------|--------|---------|------|--------|
| 06:00-07:00 | 476 | 46 | 522 | 8,81% |
| 07:00-08:00 | 493 | 54 | 547 | 9,87% |
| 08:00-09:00 | 395 | 61 | 456 | 13,38% |
| 09:00-10:00 | 434 | 62 | 496 | 12,50% |
| 10:00-11:00 | 462 | 72 | 534 | 13,48% |
| 11:00-12:00 | 481 | 68 | 549 | 12,39% |
| 12:00-13:00 | 471 | 61 | 532 | 11,47% |
| 13:00-14:00 | 556 | 97 | 653 | 14,85% |
| 14:00-15:00 | 621 | 78 | 699 | 11,16% |
| 15:00-16:00 | 639 | 81 | 720 | 11,25% |
| 16:00-17:00 | 538 | 56 | 594 | 9,43% |
| 17:00-18:00 | 536 | 67 | 603 | 11,11% |
| 18:00-19:00 | 452 | 44 | 496 | 8,87% |
| 19:00-20:00 | 312 | 19 | 331 | 5,74% |
| 20:00-21:00 | 223 | 26 | 249 | 10,44% |
| 21:00-22:00 | 190 | 14 | 204 | 6,86% |
| 22:00-23:00 | 124 | 18 | 142 | 12,68% |
| 23:00-00:00 | 97 | 9 | 106 | 8,49% |
| 00:00-1:00 | 31 | 4 | 34 | 11,76% |
| 1:00-2:00 | 24 | 6 | 30 | 20,00% |
| 2:00-3:00 | 33 | 4 | 37 | 10,81% |
| 3:00-4:00 | 19 | 3 | 22 | 13,64% |
| 4:00-5:00 | 56 | 12 | 68 | 17,65% |
| 5:00-6:00 | 311 | 31 | 342 | 9,06% |
| SUMA | 7974 | 992 | 8966 | 11,06 |



Rys. 81- struktura rodzajowa pojazdów w porze dnia dla odcinka dw nr 933-Brzeszcze

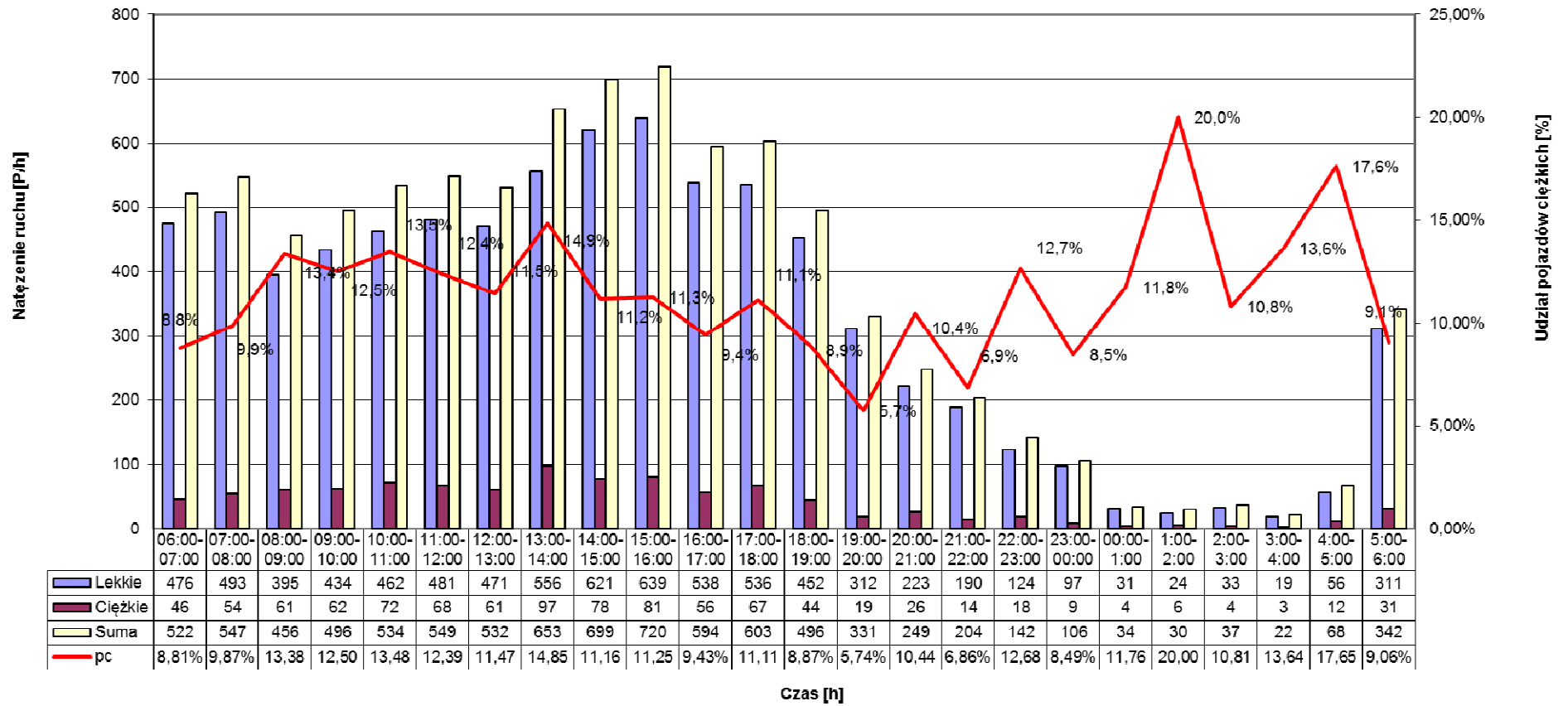


Rys. 82- struktura rodzajowa pojazdów w porze nocy dla odcinka dw nr 933-Brzeszcze



Rys. 83- struktura rodzajowa pojazdów w całej dobie dla odcinka dw nr 933- Brzeszcze

DW 933- Brzeszcze



Rys. 84- Natężenie ruchu oraz udział pojazdów ciężkich w czasie dla odcinka dw nr 933-Brzeszcze

Tab.66- Podział na grupy, ze względu na natężenie i udział pojazdów ciężkich dla odcinka DW nr 933-Brzeszcze

| godz. | lekkie | ciężkie | suma | Qc% | Nr.grupy |
|-------------|--------|---------|------|--------|----------|
| 06:00-07:00 | 476 | 46 | 522 | 8,81% | I |
| 07:00-08:00 | 493 | 54 | 547 | 9,87% | I |
| 08:00-09:00 | 395 | 61 | 456 | 13,38% | I |
| 09:00-10:00 | 434 | 62 | 496 | 12,50% | I |
| 10:00-11:00 | 462 | 72 | 534 | 13,48% | I |
| 11:00-12:00 | 481 | 68 | 549 | 12,39% | I |
| 12:00-13:00 | 471 | 61 | 532 | 11,47% | I |
| 13:00-14:00 | 556 | 97 | 653 | 14,85% | II |
| 14:00-15:00 | 621 | 78 | 699 | 11,16% | II |
| 15:00-16:00 | 639 | 81 | 720 | 11,25% | II |
| 16:00-17:00 | 538 | 56 | 594 | 9,43% | II |
| 17:00-18:00 | 536 | 67 | 603 | 11,11% | II |
| 18:00-19:00 | 452 | 44 | 496 | 8,87% | I |
| 19:00-20:00 | 312 | 19 | 331 | 5,74% | III |
| 20:00-21:00 | 223 | 26 | 249 | 10,44% | IV |
| 21:00-22:00 | 190 | 14 | 204 | 6,86% | IV |
| 22:00-23:00 | 124 | 18 | 142 | 12,68% | V |
| 23:00-00:00 | 97 | 9 | 106 | 8,49% | VI |
| 00:00-1:00 | 31 | 4 | 34 | 11,76% | VII |
| 1:00-2:00 | 24 | 6 | 30 | 20,00% | VII |
| 2:00-3:00 | 33 | 4 | 37 | 10,81% | VII |
| 3:00-4:00 | 19 | 3 | 22 | 13,64% | VIII |
| 4:00-5:00 | 56 | 12 | 68 | 17,65% | IX |
| 5:00-6:00 | 311 | 31 | 342 | 9,06% | III |
| SUMA | 7974 | 992 | 8966 | 11,06% | |

W porze dnia występuje dość równomierne natężenie ruchu oraz udział pojazdów ciężkich czego wynikiem jest mała liczba grup w dzień. Natężenie zdecydowanie spada w godzinach 0:00-5:00, wzrastają wahania udziału pojazdów ciężkich, co powoduje powstanie dużej ilości grup godzin w nocy.

Tab.67- Równoważny poziom dźwięku pory dnia i nocy metodą próbkowania dla odcinka dw nr 933-Brzeszcze

| Nr.okresu pomiarowego | L.p | czas pomiaru t w min. | Zmierzony poziom dźwięku w dB | Średni poziom dźwięku w dB | Rozrzut pomiędzy próbkami w dB | Czas odniesienia T[godz.] w porze | | Odpowiadające okresowi godziny rzeczywiste |
|--|-----|-----------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|------|--|
| | | | | | | dnia | nocy | |
| I | 1 | 10 | 67,0 | 66,9 | 3,2 | 8 | - | 6:00-13:00 18:00-19:00 |
| | 2 | 10 | 68,5 | | | | | |
| | 3 | 10 | 65,3 | | | | | |
| II | 1 | 10 | 66,8 | 66,2 | 1,4 | 5 | - | 13:00-18:00 |
| | 2 | 10 | 66,5 | | | | | |
| | 3 | 10 | 65,4 | | | | | |
| III | 1 | 10 | 62,3 | 64,0 | 4,0 | 1 | 1 | 19:00-20:00 5:00-6:00 |
| | 2 | 10 | 63,4 | | | | | |
| | 3 | 10 | 66,3 | | | | | |
| IV | 1 | 10 | 64,9 | 64,1 | 4,2 | 2 | - | 20:00-22:00 |
| | 2 | 10 | 61,6 | | | | | |
| | 3 | 10 | 65,8 | | | | | |
| V | 1 | 10 | 64,3 | 62,8 | 2,8 | - | 1 | 22:00-23:00 |
| | 2 | 10 | 62,6 | | | | | |
| | 3 | 10 | 61,5 | | | | | |
| VI | 1 | 10 | 59,7 | 59,2 | 1,2 | - | 1 | 23:00-0:00 |
| | 2 | 10 | 58,5 | | | | | |
| | 3 | 10 | 59,3 | | | | | |
| VII | 1 | 10 | 58,0 | 57,6 | 0,8 | - | 3 | 0:00-3:00 |
| | 2 | 10 | 57,6 | | | | | |
| | 3 | 10 | 57,2 | | | | | |
| VIII | 1 | 10 | 58,3 | 54,9 | 5,7 | - | 1 | 3:00-4:00 |
| | 2 | 10 | 52,6 | | | | | |
| | 3 | 10 | 53,7 | | | | | |
| IX | 1 | 10 | 52,0 | 57,0 | 8,5 | - | 1 | 4:00-5:00 |
| | 2 | 10 | 58,6 | | | | | |
| | 3 | 10 | 60,5 | | | | | |
| Równoważny poziom dźwięku w porze dnia | | | | | | | | 66,10 |
| Równoważny poziom dźwięku w porze nocy | | | | | | | | 56,8 |

Równoważny poziom dźwięku metodą próbkowania dla odcinka dw nr 933-Brzeszcze wynosi kolejno:

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{9600} \sum_{k=1}^{16} 600 * 10^{0,1L_{Aek}} \right) = 66,10 [dB] - \text{pora dnia}$$

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{4800} \sum_{k=1}^8 600 * 10^{0,1L_{Aek}} \right) = 56,80 [dB] - \text{pora nocy}$$

L_{Aek} – poziom emisji hałasu podczas k-tego okresu pomiarowego [dB]

Zwiększenie różnicy natężenia oraz udziału pojazdów ciężkich odpowiednio z 25% do 35% oraz z 10% do 15%; porównanie rozbieżności pomiędzy otrzymanymi wynikami.

Tab.68- Podział na grupy, ze względu na natężenie i udział pojazdów ciężkich dla odcinka dw nr 933-Brzeszcze, po zwiększeniu różnicy udziału pojazdów ciężkich oraz natężenia.

| godz. | lekkie | ciężkie | suma | Qc% | Nr.grupy |
|-------------|--------|---------|------|--------|----------|
| 06:00-07:00 | 476 | 46 | 522 | 8,81% | I |
| 07:00-08:00 | 493 | 54 | 547 | 9,87% | I |
| 08:00-09:00 | 395 | 61 | 456 | 13,38% | I |
| 09:00-10:00 | 434 | 62 | 496 | 12,50% | I |
| 10:00-11:00 | 462 | 72 | 534 | 13,48% | I |
| 11:00-12:00 | 481 | 68 | 549 | 12,39% | I |
| 12:00-13:00 | 471 | 61 | 532 | 11,47% | I |
| 13:00-14:00 | 556 | 97 | 653 | 14,85% | II |
| 14:00-15:00 | 621 | 78 | 699 | 11,16% | II |
| 15:00-16:00 | 639 | 81 | 720 | 11,25% | II |
| 16:00-17:00 | 538 | 56 | 594 | 9,43% | II |
| 17:00-18:00 | 536 | 67 | 603 | 11,11% | II |
| 18:00-19:00 | 452 | 44 | 496 | 8,87% | I |
| 19:00-20:00 | 312 | 19 | 331 | 5,74% | III |
| 20:00-21:00 | 223 | 26 | 249 | 10,44% | IV |
| 21:00-22:00 | 190 | 14 | 204 | 6,86% | IV |
| 22:00-23:00 | 124 | 18 | 142 | 12,68% | V |
| 23:00-00:00 | 97 | 9 | 106 | 8,49% | V |
| 00:00-1:00 | 31 | 4 | 34 | 11,76% | VI |
| 1:00-2:00 | 24 | 6 | 30 | 20,00% | VI |
| 2:00-3:00 | 33 | 4 | 37 | 10,81% | VI |
| 3:00-4:00 | 19 | 3 | 22 | 13,64% | VII |
| 4:00-5:00 | 56 | 12 | 68 | 17,65% | VIII |
| 5:00-6:00 | 311 | 31 | 342 | 9,06% | III |
| SUMA | 7974 | 992 | 8966 | 11,06 | |

Po zwiększeniu różnicy pomiędzy poszczególnymi godzinami odnośnie natężenia i udziału pojazdów ciężkich w porze dnia liczba grup nie zmniejszyła się, natomiast w porze dnia zmalała o 1 grupę.

Tab.69- Równoważny poziom dźwięku pory dnia i nocy metodą próbkowania dla odcinka dw nr 933-Brzeszcze, po zwiększeniu różnicy udziału pojazdów ciężkich oraz natężenia.

| Nr.okresu pomiarowego | L.p | czas pomiaru t w min. | Zmierzony poziom dźwięku w dB | Średni poziom dźwięku w dB | Rozrzut pomiędzy próbkami w dB | Czas odniesienia | | Odpowiadające okresowi godziny |
|--|-----|-----------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|------|--------------------------------|
| | | | | | | dnia | nocy | |
| I | 1 | 10 | 67,0 | 66,9 | 3,2 | 8 | - | 6:00-13:00 18:00-19:00 |
| | 2 | 10 | 68,5 | | | | | |
| | 3 | 10 | 65,3 | | | | | |
| II | 1 | 10 | 66,8 | 66,2 | 1,4 | 5 | - | 13:00-18:00 |
| | 2 | 10 | 66,5 | | | | | |
| | 3 | 10 | 65,4 | | | | | |
| III | 1 | 10 | 62,3 | 64,0 | 4,0 | 1 | 1 | 19:00-20:00 5:00-6:00 |
| | 2 | 10 | 63,4 | | | | | |
| | 3 | 10 | 66,3 | | | | | |
| IV | 1 | 10 | 64,9 | 64,1 | 4,2 | 2 | - | 20:00-22:00 |
| | 2 | 10 | 61,6 | | | | | |
| | 3 | 10 | 65,8 | | | | | |
| V | 1 | 10 | 64,3 | 61,1 | 5,0 | - | 2 | 22:00-0:00 |
| | 2 | 10 | 59,7 | | | | | |
| | 3 | 10 | 59,3 | | | | | |
| VI | 1 | 10 | 58,0 | 57,6 | 0,8 | - | 3 | 0:00-3:00 |
| | 2 | 10 | 57,6 | | | | | |
| | 3 | 10 | 57,2 | | | | | |
| VII | 1 | 10 | 58,3 | 54,9 | 5,7 | - | 1 | 3:00-4:00 |
| | 2 | 10 | 52,6 | | | | | |
| | 3 | 10 | 53,7 | | | | | |
| VIII | 1 | 10 | 52,0 | 57,0 | 8,5 | - | 1 | 4:00-5:00 |
| | 2 | 10 | 58,6 | | | | | |
| | 3 | 10 | 60,5 | | | | | |
| Równoważny poziom dźwięku w porze dnia | | | | | | | | 66,10 |
| Równoważny poziom dźwięku w porze nocy | | | | | | | | 56,6 |

Równoważny poziom dźwięku metodą próbkowania dla dw nr 933-Brzeszcze, po zwiększeniu różnicy udziału pojazdów ciężkich oraz natężenia wynosi kolejno:

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{9600} \sum_{k=1}^{16} 600 * 10^{0,1L_{Aek}} \right) = 66,10 [dB] - \text{pora dnia}$$

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{4800} \sum_{k=1}^8 600 * 10^{0,1L_{Aek}} \right) = 56,60 [dB] - \text{pora nocy}$$

L_{Aek} – poziom emisji hałasu podczas k-tego okresu pomiarowego [dB]

Wyznaczenie hałasu drogowego za pomocą metody obliczeniowej dla pory dnia i nocy.

$$L_{Aeqd}^P = 9,7 \log q + 4,2 \log v + 0,11p + 33,4 [dB] = 76,96 [dB]$$

$$L_{Aeqn}^P = 9,7 \log q + 4,2 \log v + 0,11p + 33,4 [dB] = 73,23 [dB]$$

$$q_d = 511,6 \left[\frac{P}{h} \right]$$

$$q_n = 97,6 \left[\frac{P}{h} \right]$$

$$v_d = 61,2 \left[\frac{km}{h} \right]$$

$$v_n = 57,2 \left[\frac{km}{h} \right]$$

$$p_d = 10,7 [\%]$$

$$p_n = 13,0 [\%]$$

Wpływ odległości oraz pokrycia terenu:

$$\Delta L_{eq}^d = -10,8 \log \frac{d'}{13,5} + 5,2 \log \frac{3h}{d+3,5} = -0,42 [dB]$$

Równoważny poziom dźwięku wyznaczony metodą obliczeniową:

$$L_{Aeqd} = L_{Aeqd}^P + \Delta L_{eq}^d = 67,9 [dB] - \text{pora dnia}$$

$$L_{Aeqn} = L_{Aeqn}^P + \Delta L_{eq}^d = 61,1 [dB] - \text{pora nocy}$$

Tab.70- Zestawienie równoważnych poziomów dźwięku pory dnia i nocy obliczonych różnymi metodami dla odcinka dw nr 933-Brzeszcze

| | Metoda bezpośrednich ciągłych pomiarów w ograniczonym czasie | Metoda bezpośrednich pomiarów hałasu z wykorzystaniem próbkowania | Metoda bezpośrednich pomiarów hałasu z wykorzystaniem próbkowania, po zwiększeniu różnicy udziału p.ciężkich i natężenia | Metoda obliczeniowa |
|--|--|---|--|---------------------|
| Równoważny poziom dźwięku w porze dnia | 66,30 | 66,10 | 66,10 | 67,9 |
| Równoważny poziom dźwięku w porze nocy | 59,91 | 56,8 | 56,60 | 61,1 |

Wniosek:

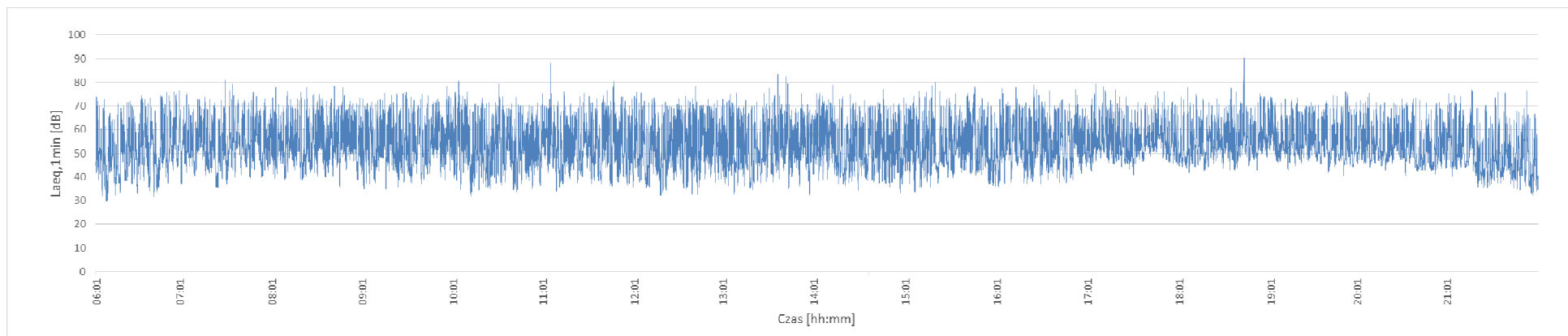
Rozbieżność pomiędzy poziomem hałasu w porze dnia pomiędzy metodą bezpośrednich ciągłych pomiarów oraz metodą próbkowania wynosi 0,2 dB i nie zmienia się po zwiększeniu natężenia oraz udziału pojazdów ciężkich, spowodowane jest to dużymi wahaniami natężenia ruchu, przez co liczba grup w dzień nie zmniejsza się. W przypadku pory nocy różnice te wynoszą odpowiednio 3,11 dB oraz 3,31 dB. Metoda obliczeniowa różni się w stosunku do metody pomiarów ciągłych o 1,6 dB w porze dnia oraz 1,19 dB w porze nocy.

Poligon 6 – droga wojewódzka nr 977 - Zborowice

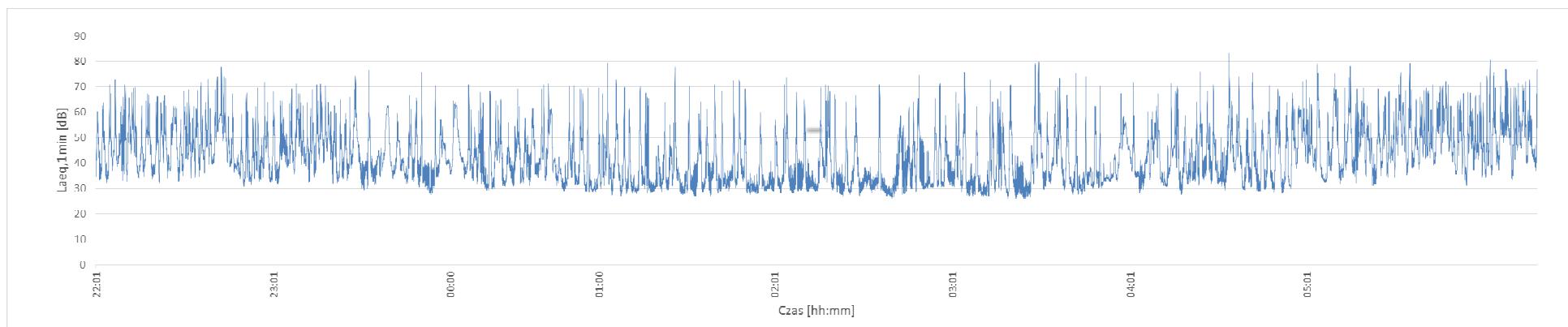
Pomiar hałasu drogowego wykonany został na drodze wojewódzkiej nr 977 na odcinku Tarnów – Gorlice w miejscowości Zborowice. Punkt pomiarowy zlokalizowany był na wysokości 4m nad poziomem terenu, a odległość od krawędzi jezdni wynosiła 10m.



Rys.85- pomiar hałasu drogowego dw nr 977-Zborowice



Rys. 86- zmienność zmierzonego poziomu hałasu drogowego w porze dnia dla odcinka dw nr 977-Zborowice



Rys. 87- zmienność zmierzonego poziomu hałasu drogowego w porze nocy dla odcinka dw nr 977-Zborowice

Równoważny poziom dźwięku metodą bezpośrednich ciągłych pomiarów w ograniczonym czasie:

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{57600} * \sum_{i=1}^{57600} t_i * 10^{0,1 * L_{Ai}} \right) = 60,96 [dB] - \text{pora dnia}$$

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{28800} * \sum_{i=1}^{28800} t_i * 10^{0,1 * L_{Ai}} \right) = 56,37 [dB] - \text{pora nocy}$$

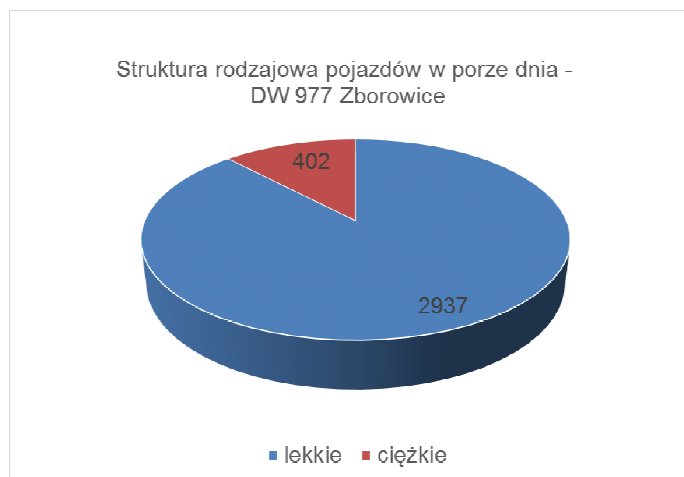
t_i - czas dla, którego określono L_{Ai} [s]

L_{Ai} - średni poziom dźwięku A w kolejnej próbce [dB]

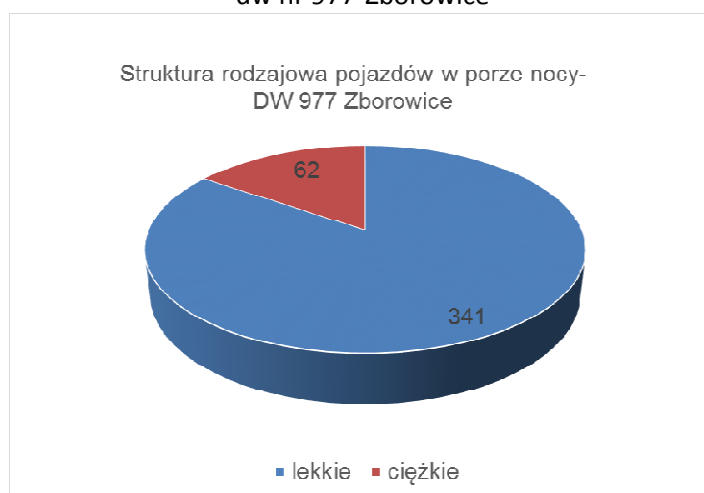
Natężenie ruchu w poszczególnych godzinach oraz udziału pojazdów ciężkich pozwoliły na opracowanie diagramów obrazujących strukturę rodzajową pojazdów oraz wykresu zmienności natężenia w poszczególnych grupach

Tab.71- Godzinowa zmienność natężenia oraz udziału pojazdów ciężkich dla odcinka dw nr 977-Zborowice

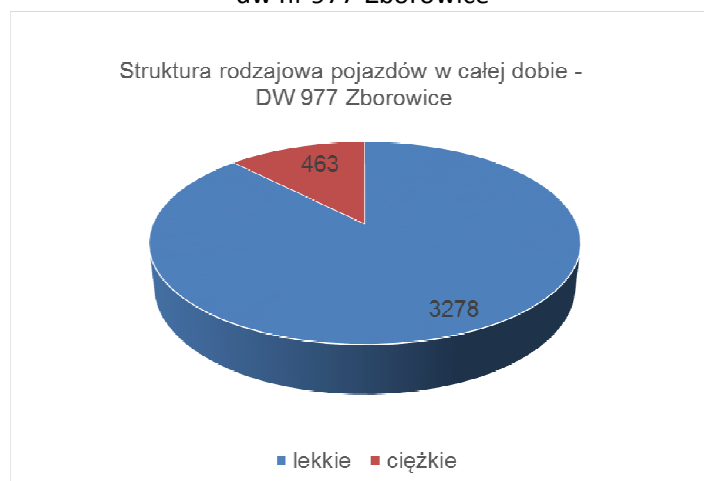
| godz. | lekkie | ciężkie | suma | Qc% |
|-------------|--------|---------|------|--------|
| 06:00-07:00 | 115 | 30 | 145 | 20,69% |
| 07:00-08:00 | 160 | 31 | 191 | 16,23% |
| 08:00-09:00 | 213 | 35 | 248 | 14,11% |
| 09:00-10:00 | 230 | 28 | 258 | 10,85% |
| 10:00-11:00 | 202 | 18 | 220 | 8,18% |
| 11:00-12:00 | 213 | 28 | 241 | 11,62% |
| 12:00-13:00 | 228 | 20 | 248 | 8,06% |
| 13:00-14:00 | 199 | 30 | 229 | 13,10% |
| 14:00-15:00 | 242 | 21 | 263 | 7,98% |
| 15:00-16:00 | 176 | 41 | 217 | 18,89% |
| 16:00-17:00 | 179 | 44 | 223 | 19,73% |
| 17:00-18:00 | 200 | 22 | 222 | 9,91% |
| 18:00-19:00 | 178 | 18 | 196 | 9,18% |
| 19:00-20:00 | 174 | 16 | 190 | 8,42% |
| 20:00-21:00 | 134 | 11 | 145 | 7,59% |
| 21:00-22:00 | 94 | 9 | 103 | 8,74% |
| 22:00-23:00 | 77 | 6 | 83 | 7,23% |
| 23:00-00:00 | 32 | 7 | 39 | 17,95% |
| 00:00-1:00 | 29 | 8 | 37 | 21,62% |
| 1:00-2:00 | 19 | 3 | 22 | 13,64% |
| 2:00-3:00 | 23 | 3 | 25 | 12,00% |
| 3:00-4:00 | 17 | 2 | 19 | 10,53% |
| 4:00-5:00 | 32 | 15 | 47 | 31,91% |
| 5:00-6:00 | 112 | 18 | 130 | 13,85% |
| SUMA | 3278 | 463 | 3741 | 12,38 |



Rys. 88- struktura rodzajowa pojazdów w porze dnia dla odcinka dw nr 977-Zborowice

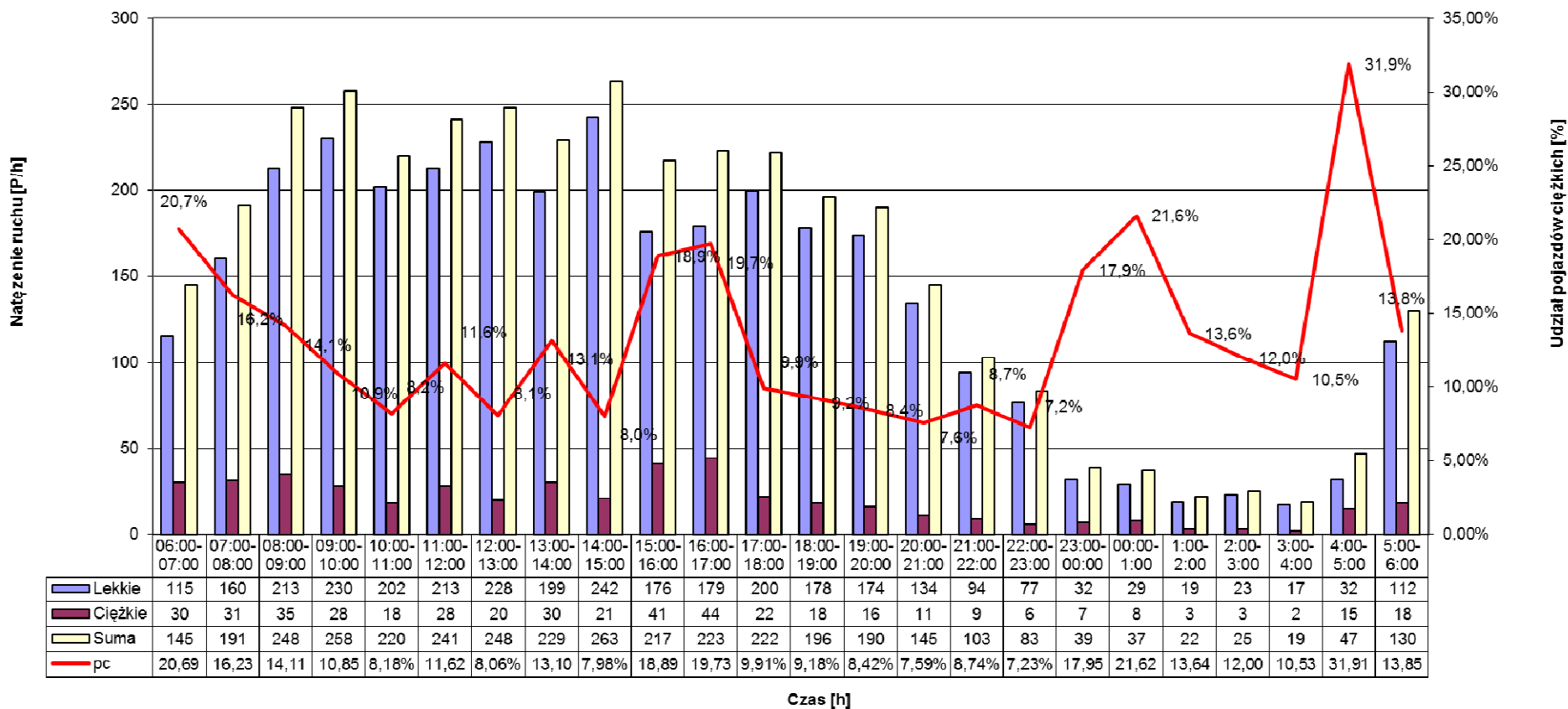


Rys. 89- struktura rodzajowa pojazdów w porze nocy dla odcinka dw nr 977-Zborowice



Rys. 90- struktura rodzajowa pojazdów w całej dobie dla odcinka dw nr 977- Zborowice

DW 977 - Zborowice



Rys. 91- Natężenie ruchu oraz udział pojazdów ciężkich w czasie dla odcinka dw nr 977-Zborowice

Tab.72- Podział na grupy, ze względu na natężenie i udział pojazdów ciężkich dla odcinka dw nr 977-Zborowice

| godz. | lekkie | ciężkie | suma | Qc% | Nr.grupy |
|-------------|--------|---------|------|--------|----------|
| 06:00-07:00 | 115 | 30 | 145 | 20,69% | I |
| 07:00-08:00 | 160 | 31 | 191 | 16,23% | II |
| 08:00-09:00 | 213 | 35 | 248 | 14,11% | III |
| 09:00-10:00 | 230 | 28 | 258 | 10,85% | III |
| 10:00-11:00 | 202 | 18 | 220 | 8,18% | III |
| 11:00-12:00 | 213 | 28 | 241 | 11,62% | III |
| 12:00-13:00 | 228 | 20 | 248 | 8,06% | III |
| 13:00-14:00 | 199 | 30 | 229 | 13,10% | III |
| 14:00-15:00 | 242 | 21 | 263 | 7,98% | III |
| 15:00-16:00 | 176 | 41 | 217 | 18,89% | IV |
| 16:00-17:00 | 179 | 44 | 223 | 19,73% | IV |
| 17:00-18:00 | 200 | 22 | 222 | 9,91% | III |
| 18:00-19:00 | 178 | 18 | 196 | 9,18% | II |
| 19:00-20:00 | 174 | 16 | 190 | 8,42% | II |
| 20:00-21:00 | 134 | 11 | 145 | 7,59% | V |
| 21:00-22:00 | 94 | 9 | 103 | 8,74% | VI |
| 22:00-23:00 | 77 | 6 | 83 | 7,23% | VI |
| 23:00-00:00 | 32 | 7 | 39 | 17,95% | VII |
| 00:00-1:00 | 29 | 8 | 37 | 21,62% | VII |
| 1:00-2:00 | 19 | 3 | 22 | 13,64% | VIII |
| 2:00-3:00 | 23 | 3 | 25 | 12,00% | VIII |
| 3:00-4:00 | 17 | 2 | 19 | 10,53% | VIII |
| 4:00-5:00 | 32 | 15 | 47 | 31,91% | IX |
| 5:00-6:00 | 112 | 18 | 130 | 13,85% | I |
| SUMA | 3278 | 463 | 3741 | 12,38 | |

Jest to odcinek drogowy o niewielkim natężeniu ruchu w ciągu całej doby, które szczególnie maleje w godzinach 23:00-5:00 wyróżniamy wtedy największe wahania udziału pojazdów ciężkich w ruchu.

Tab.73- Równoważny poziom dźwięku pory dnia i nocy metodą próbkowania dla odcinka dw nr 977-Zborowice

| Nr.okresu pomiarowego | L.p | czas pomiaru t w min. | Zmierzony poziom dźwięku w dB | Średni poziom dźwięku w dB | Rozrzut pomiędzy próbkami w dB | Czas odniesienia T[godz.] w porze | | Odpowiadające okresowi godziny rzeczywiste |
|--|-----|-----------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|------|--|
| | | | | | | dnia | nocy | |
| I | 1 | 10 | 56,1 | 58,0 | 3,3 | 1 | 1 | 6:00-7:00 5:00-6:00 |
| | 2 | 10 | 59,4 | | | | | |
| | 3 | 10 | 58,4 | | | | | |
| II | 1 | 10 | 61,7 | 63,5 | 8,5 | 3 | - | 7:00-8:00 18:00-20:00 |
| | 2 | 10 | 68,6 | | | | | |
| | 3 | 10 | 60,1 | | | | | |
| III | 1 | 10 | 61,2 | 60,6 | 2,5 | 8 | - | 8:00-15:00 17:00-18:00 |
| | 2 | 10 | 61,5 | | | | | |
| | 3 | 10 | 59 | | | | | |
| IV | 1 | 10 | 61,4 | 61,1 | 1,4 | 2 | - | 15:00-17:00 |
| | 2 | 10 | 61,6 | | | | | |
| | 3 | 10 | 60,2 | | | | | |
| V | 1 | 10 | 57,5 | 58,9 | 3,5 | 1 | - | 20:00-21:00 |
| | 2 | 10 | 58,2 | | | | | |
| | 3 | 10 | 61,0 | | | | | |
| VI | 1 | 10 | 54,3 | 55,1 | 3,1 | 1 | 1 | 21:00-22:00 22:00-23:00 |
| | 2 | 10 | 57,1 | | | | | |
| | 3 | 10 | 54,0 | | | | | |
| VII | 1 | 10 | 57,2 | 56,1 | 3,2 | - | 2 | 23:00-1:00 |
| | 2 | 10 | 54,0 | | | | | |
| | 3 | 10 | 57,2 | | | | | |
| VIII | 1 | 10 | 53,7 | 52,8 | 1,5 | - | 3 | 1:00-4:00 |
| | 2 | 10 | 52,6 | | | | | |
| | 3 | 10 | 52,2 | | | | | |
| IX | 1 | 10 | 56,4 | 56,9 | 7,8 | - | 1 | 4:00-5:00 |
| | 2 | 10 | 53,2 | | | | | |
| | 3 | 10 | 61,0 | | | | | |
| Równoważny poziom dźwięku w porze dnia | | | | | | | | 61,6 |
| Równoważny poziom dźwięku w porze nocy | | | | | | | | 54,8 |

Równoważny poziom dźwięku metodą próbkowania dla odcinka dw nr 977-Zborowice wynosi kolejno:

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{9600} \sum_{k=1}^{16} 600 * 10^{0,1L_{Aek}} \right) = 61,60 [dB] - \text{pora dnia}$$

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{4800} \sum_{k=1}^8 600 * 10^{0,1L_{Aek}} \right) = 54,80 [dB] - \text{pora nocy}$$

L_{Aek} – poziom emisji hałasu podczas k-tego okresu pomiarowego [dB]

Zwiększenie natężenia oraz udziału pojazdów ciężkich odpowiednio z 25% do 35% oraz z 10% do 15%; porównanie rozbieżności pomiędzy otrzymanymi wynikami.

Tab.74- Podział na grupy, ze względu na natężenie i udział pojazdów ciężkich dla odcinka dw nr 977-Zborowice, po zwiększeniu różnicy udziału pojazdów ciężkich oraz natężenia.

| godz. | lekkie | ciężkie | suma | Qc% | Nr.grupy |
|-------------|--------|---------|------|--------|----------|
| 06:00-07:00 | 115 | 30 | 145 | 20,69% | I |
| 07:00-08:00 | 160 | 31 | 191 | 16,23% | I |
| 08:00-09:00 | 213 | 35 | 248 | 14,11% | II |
| 09:00-10:00 | 230 | 28 | 258 | 10,85% | II |
| 10:00-11:00 | 202 | 18 | 220 | 8,18% | II |
| 11:00-12:00 | 213 | 28 | 241 | 11,62% | II |
| 12:00-13:00 | 228 | 20 | 248 | 8,06% | II |
| 13:00-14:00 | 199 | 30 | 229 | 13,10% | II |
| 14:00-15:00 | 242 | 21 | 263 | 7,98% | II |
| 15:00-16:00 | 176 | 41 | 217 | 18,89% | II |
| 16:00-17:00 | 179 | 44 | 223 | 19,73% | II |
| 17:00-18:00 | 200 | 22 | 222 | 9,91% | II |
| 18:00-19:00 | 178 | 18 | 196 | 9,18% | II |
| 19:00-20:00 | 174 | 16 | 190 | 8,42% | I |
| 20:00-21:00 | 134 | 11 | 145 | 7,59% | I |
| 21:00-22:00 | 94 | 9 | 103 | 8,74% | III |
| 22:00-23:00 | 77 | 6 | 83 | 7,23% | III |
| 23:00-00:00 | 32 | 7 | 39 | 17,95% | IV |
| 00:00-1:00 | 29 | 8 | 37 | 21,62% | IV |
| 1:00-2:00 | 19 | 3 | 22 | 13,64% | V |
| 2:00-3:00 | 23 | 3 | 25 | 12,00% | V |
| 3:00-4:00 | 17 | 2 | 19 | 10,53% | V |
| 4:00-5:00 | 32 | 15 | 47 | 31,91% | IV |
| 5:00-6:00 | 112 | 18 | 130 | 13,85% | I |
| SUMA | 3278 | 463 | 3741 | 12,38 | |

Po zwiększeniu różnic natężenia i udziału pojazdów ciężkich podczas grupowania pomiędzy poszczególnymi godzinami nastąpiła znaczna redukcja grup, z 9 do 5.

Tab.75- Równoważny poziom dźwięku pory dnia i nocy metodą próbkowania dla odcinka dw nr 977-Zborowice, po zwiększeniu różnicy udziału pojazdów ciężkich oraz natężenia.

| Nr.okresu pomiarowego | L.p | czas pomiaru t w min. | Zmierzony poziom dźwięku w dB | Średni poziom dźwięku w dB | Rozrzut pomiędzy próbkami w dB | Czas odniesienia T[godz.] w porze | | Odpowiadające okresowi godziny rzeczywiste |
|--|-----|-----------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|------|--|
| | | | | | | dnia | nocy | |
| I | 1 | 10 | 58,4 | 59,0 | 3,6 | 4 | 1 | 5:00-8:00 19:00-21:00 |
| | 2 | 10 | 57,5 | | | | | |
| | 3 | 10 | 61,1 | | | | | |
| II | 1 | 10 | 60,5 | 60,1 | 4,9 | 11 | - | 8:00-19:00 |
| | 2 | 10 | 57,4 | | | | | |
| | 3 | 10 | 62,3 | | | | | |
| III | 1 | 10 | 54,3 | 55,1 | 3,1 | 1 | 1 | 21:00-23:00 |
| | 2 | 10 | 57,1 | | | | | |
| | 3 | 10 | 54,0 | | | | | |
| IV | 1 | 10 | 57,2 | 56,4 | 2,3 | - | 3 | 23:00-1:00 4:00-5:00 |
| | 2 | 10 | 57,2 | | | | | |
| | 3 | 10 | 54,9 | | | | | |
| V | 1 | 10 | 53,7 | 52,8 | 1,5 | - | 3 | 1:00-4:00 |
| | 2 | 10 | 52,6 | | | | | |
| | 3 | 10 | 52,2 | | | | | |
| Równoważny poziom dźwięku w porze dnia | | | | | | | | 60,1 |
| Równoważny poziom dźwięku w porze nocy | | | | | | | | 54,6 |

Równoważny poziom dźwięku metodą próbkowania dla dw nr 977-Zborowice, po zwiększeniu różnicy udziału pojazdów ciężkich oraz natężenia wynosi kolejno:

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{9600} \sum_{k=1}^{16} 600 * 10^{0,1L_{Aek}} \right) = 60,10 [dB] - \text{pora dnia}$$

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{4800} \sum_{k=1}^8 600 * 10^{0,1L_{Aek}} \right) = 54,60 [dB] - \text{pora nocy}$$

L_{Aek} – poziom emisji hałasu podczas k-tego okresu pomiarowego [dB]

Wyznaczenie hałasu drogowego za pomocą metody obliczeniowej dla pory dnia i nocy.

$$L_{Aeqd}^P = 9,7 \log q + 4,2 \log v + 0,11p + 33,4 [dB] = 76,96 [dB]$$

$$L_{Aeqn}^P = 9,7 \log q + 4,2 \log v + 0,11p + 33,4 [dB] = 73,23 [dB]$$

$$q_d = 208,7 \left[\frac{P}{h} \right]$$

$$q_n = 50,3 \left[\frac{P}{h} \right]$$

$$v_d = 77,4 \left[\frac{km}{h} \right]$$

$$v_n = 61,6 \left[\frac{km}{h} \right]$$

$$p_d = 12,1 [\%]$$

$$p_n = 16,1 [\%]$$

Wpływ odległości oraz pokrycia terenu:

$$\Delta L_{eq}^d = -10,8 \log \frac{d'}{13,5} + 5,2 \log \frac{3h}{d+3,5} = -0,42 [dB]$$

Równoważny poziom dźwięku wyznaczony metodą obliczeniową:

$$L_{Aeqd} = L_{Aeqd}^P + \Delta L_{eq}^d = 64,7 [dB] - \text{pora dnia}$$

$$L_{Aeqn} = L_{Aeqn}^P + \Delta L_{eq}^d = 58,8 [dB] - \text{pora nocy}$$

Tab.76- Zestawienie równoważnych poziomów dźwięku pory dnia i nocy obliczonych różnymi metodami dla odcinka dw nr 977-Zborowice.

| | Metoda bezpośrednich ciągłych pomiarów w ograniczonym czasie | Metoda bezpośrednich pomiarów hałasu z wykorzystaniem próbkowania | Metoda bezpośrednich pomiarów hałasu z wykorzystaniem próbkowania, po zwiększeniu udziału p.ciężkich i natężenia | Metoda obliczeniowa |
|--|--|---|--|---------------------|
| Równoważny poziom dźwięku w porze dnia | 60,96 | 61,60 | 60,10 | 64,7 |
| Równoważny poziom dźwięku w porze nocy | 56,37 | 54,80 | 54,60 | 58,8 |

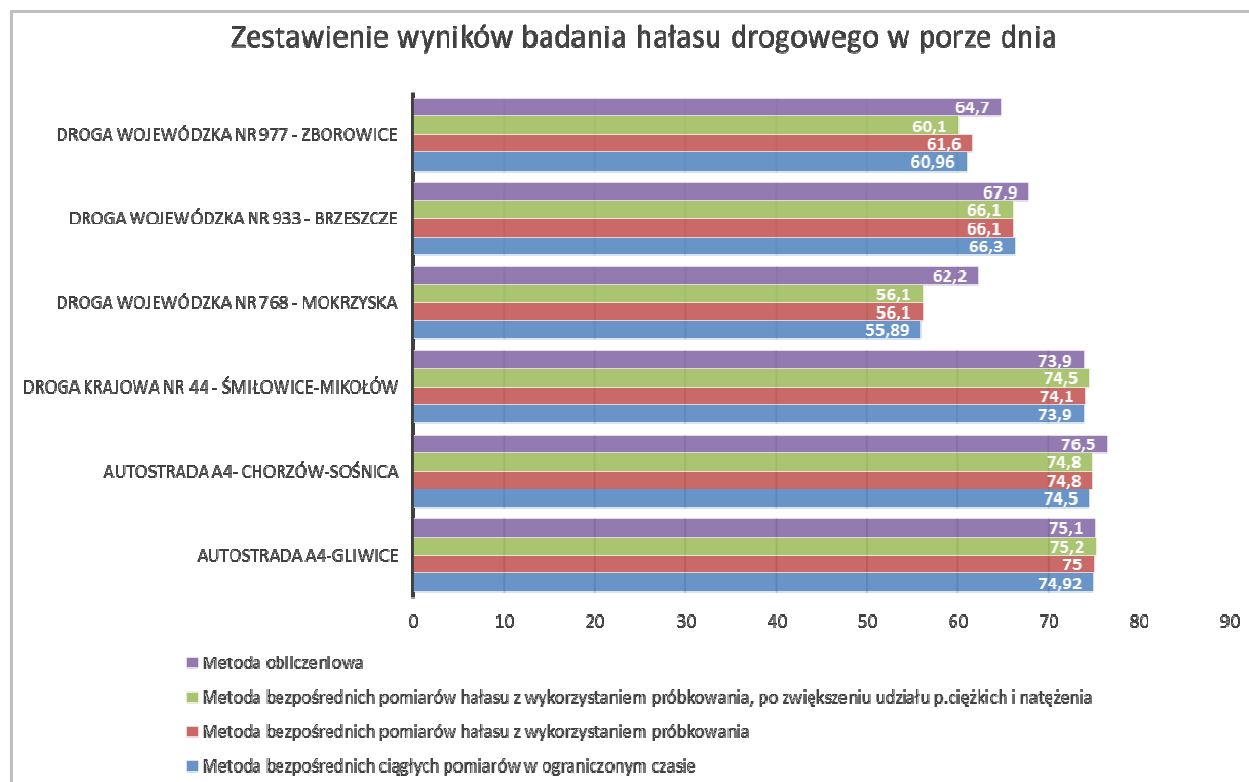
Wniosek:

Rozbieżność pomiędzy poziomem hałasu w porze dnia pomiędzy metodą bezpośrednich ciągłych pomiarów oraz metodą próbkowania wynosi 0,64 dB, różnica rośnie wraz ze wzrostem natężenia oraz udziału pojazdów ciężkich do 0,86 dB. W przypadku pory nocy różnice te wynoszą odpowiednio 1,57 dB oraz 1,77 dB. Metoda obliczeniowa różni się znacznie od metody pomiarów ciągłych o 3,74 dB w porze dnia oraz 2,43 dB w porze nocy.

Na podstawie obliczeń oraz wykonanych pomiarów dokonano analizy oraz porównania poszczególnych metod badania hałasu drogowego z rozróżnieniem na porę dnia i nocy oraz wpływu metody na zakres koniecznej ochrony akustycznej.

Tab.77- Zestawienie równoważnych poziomów dźwięku pory dnia obliczonych różnymi metodami dla odcinków uwzględnionych w badaniach.

| | Metoda bezpośrednich ciągłych pomiarów w ograniczonym czasie | Metoda bezpośrednich pomiarów hałasu z wykorzystaniem próbkowania | Metoda bezpośrednich pomiarów hałasu z wykorzystaniem próbkowania, po zwiększeniu różnicy w udziale p.ciężkich i natężeniu | Metoda obliczeniowa |
|---|--|---|--|---------------------|
| | Równoważny poziom dźwięku w porze dnia | | | |
| Autostrada A4-Gliwice | 74,92 | 75,00 | 75,20 | 75,10 |
| Autostrada A4- Chorzów-Sośnica | 74,50 | 74,80 | 74,80 | 76,50 |
| Droga Krajowa nr 44 - Śmiłowice-Mikołów | 73,90 | 74,10 | 74,50 | 73,90 |
| Droga Wojewódzka nr 768 - Mokrzyńska | 55,89 | 56,10 | 56,10 | 62,20 |
| Droga Wojewódzka nr 933 - Brzeszcze | 66,30 | 66,10 | 66,10 | 67,90 |
| Droga Wojewódzka nr 977 - Zborowice | 60,96 | 61,60 | 60,10 | 64,70 |

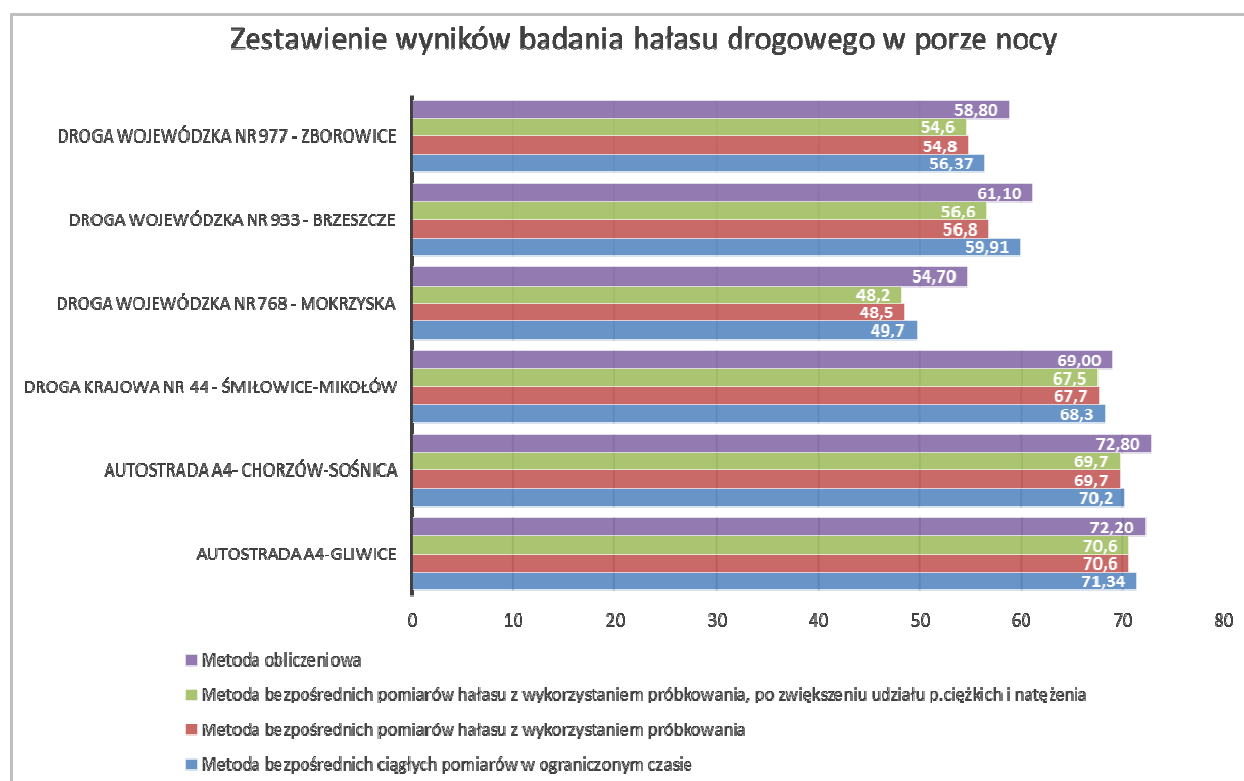


Rys. 92- Zestawienie wyników badania hałasu drogowego w porze dnia poszczególnymi metodami.

Na podstawie zestawienia można wywnioskować, że dla dróg o większym znaczeniu komunikacyjnym tj. autostrad oraz dróg krajowych, wyróżniających się dużym natężeniem ruchu oraz mniejszymi zmiennością udziału pojazdów ciężkich występują zdecydowanie mniejsze rozbieżności pomiędzy badaniami przeprowadzonymi metodą bezpośrednich pomiarów ciągłych, a metodą bezpośrednich pomiarów z wykorzystaniem próbkowania. Rozbieżności wahają się od 0,08 dB do maksymalnie 0,3 dB w przypadku pomiarów wykonanych zgodnie z założeniami odnośnie natężenia i udziału pojazdów ciężkich, natomiast po zwiększeniu tych parametrów odpowiednio udział pojazdów ciężkich z 10% do 15% oraz natężenia z 25% do 35% rozbieżności wynoszą maksymalnie 0,6 dB. W przypadku dróg wojewódzkich, na których występują mniejsze natężenie ruchu, a wahania udziału pojazdów ciężkich są większe różnice te wynoszą od 0,2 dB do maksymalnie 0,64 dB, zwiększenie parametrów wpłynęło na powiększenie rozbieżności do maksymalnej wartości 0,86 dB. Wyniki otrzymane za pomocą metody obliczeniowej różnią się od metody pomiarów ciągłych znacznie więcej niż metoda próbkowania różnice dochodzą do ponad 6 dB.

Tab.78- Zestawienie równoważnych poziomów dźwięku pory nocy obliczonych różnymi metodami dla odcinków uwzględnionych w badaniach.

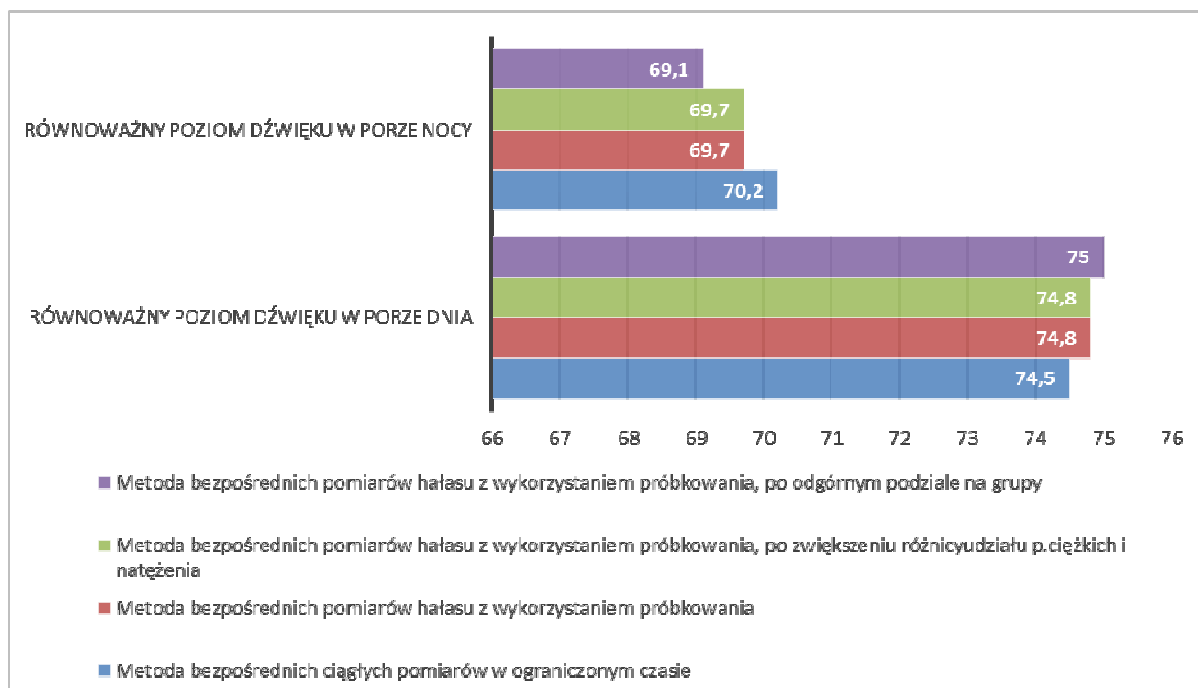
| | Metoda bezpośrednich ciągłych pomiarów w ograniczonym czasie | Metoda bezpośrednich pomiarów hałasu z wykorzystaniem próbkowania | Metoda bezpośrednich pomiarów hałasu z wykorzystaniem próbkowania, po zwiększeniu różnicy w udziale p.ciężkich i natężeniu | Metoda obliczeniowa |
|---|--|---|--|---------------------|
| | Równoważny poziom dźwięku w porze nocy | | | |
| Autostrada A4-Gliwice | 71,34 | 70,60 | 70,60 | 72,20 |
| Autostrada A4- Chorzów-Sośnica | 70,20 | 69,70 | 69,70 | 72,80 |
| Droga Krajowa nr 44 - Śmiłowice-Mikołów | 68,30 | 67,70 | 67,50 | 69,00 |
| Droga Wojewódzka nr 768 - Mokrzyńska | 49,70 | 48,50 | 48,20 | 54,70 |
| Droga Wojewódzka nr 933 - Brzeszcze | 59,91 | 56,80 | 56,60 | 61,10 |
| Droga Wojewódzka nr 977 - Zborowice | 56,37 | 54,80 | 54,60 | 58,80 |



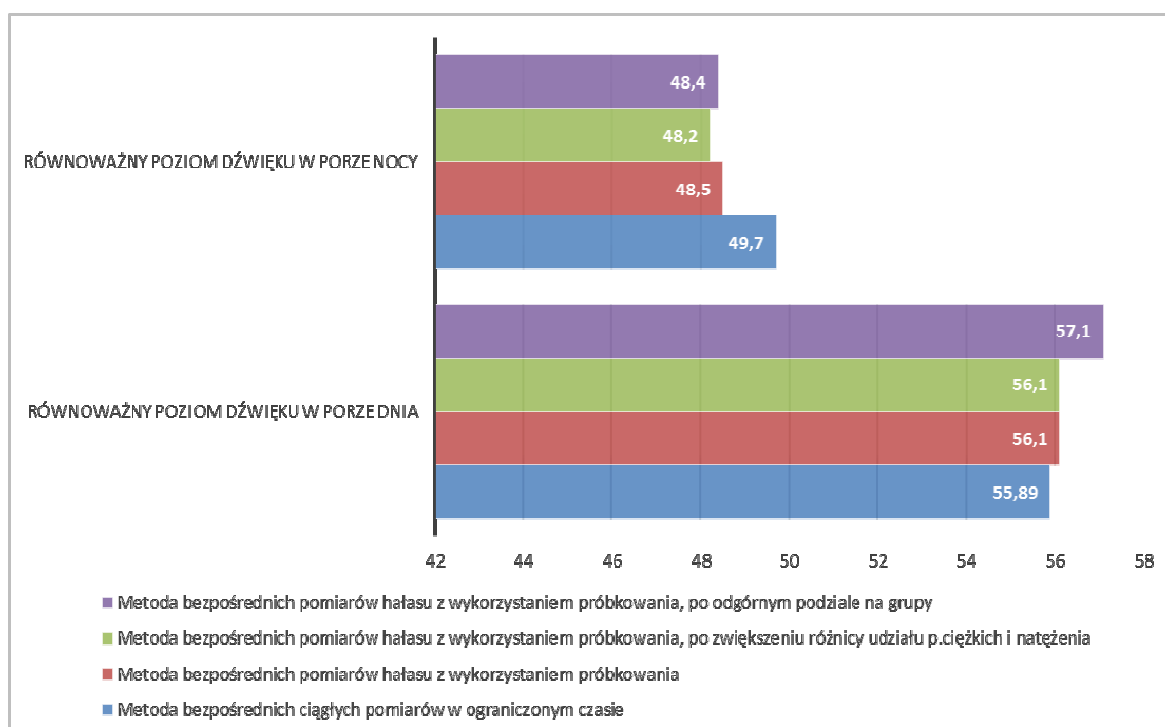
Rys. 93- Zestawienie wyników badania hałasu drogowego w porze nocy poszczególnymi metodami.

W przypadku pory nocy dla autostrad i dróg krajowych rozbieżności wahają się od 0,5 dB do maksymalnej wartości 0,74 dB, natomiast po zwiększeniu parametrów różnice te wynoszą maksymalnie 0,8 dB. Dla dróg wojewódzkich, czyli dróg o mniejszym natężeniu ruchu oraz zdecydowanie większych wahaniami udziału pojazdów ciężkich, przede wszystkim w porze nocy różnice pomiędzy obiema metodami pomiaru są zdecydowanie większe, niż miało to miejsce w przypadku pory dnia. Rozbieżności te wynoszą od 1,2 dB do 3,11 dB, po zwiększeniu parametrów rosną do 3,31 dB. Wyniki te mają niewątpliwie związek z małym natężeniem ruchu w nocy, co przekłada się na większe zmiany w udziale pojazdów ciężkich, co następnie ma wpływ na wyniki badań nie przeprowadzane metodą pomiarów ciągłych. Metoda obliczeniowa w porze nocy odbiega jeszcze bardziej od metody pomiarów ciągłych niż w porze dnia, wpływ na to mają duże wahania udziału pojazdów ciężkich występujące w nocy.

W przypadku 2 poligonów przeprowadzono dodatkowe badania, mające na celu sprawdzić jak dokładne wyniki można uzyskać podczas badania metodą próbkowania w sytuacji kiedy nie znamy natężenia ruchu oraz udziału pojazdów ciężkich. W tym celu założono odgórny podział doby na 3 okresy w ciągu dnia i 2 w nocy.



Rys. 94- Zestawienie wyników badania hałasu drogowego metodą bezpośrednich pomiarów ciągłych oraz metod próbkowania – Autostrada A4 – Chorzów-Sośnica.



Rys. 95- Zestawienie wyników badania hałasu drogowego metodą bezpośrednich pomiarów ciągłych oraz metod próbkowania – DW 768 – Mokrzyka

7.3. Podsumowanie

Na podstawie powyższych wykresów można stwierdzić, że odgórny podział doby na grupy godzin, bez znajomości natężenia ruchu oraz udziału pojazdów ciężkich wpływa na zmniejszenie dokładności otrzymanych wyników. W związku z tym przed wyborem metody bezpośrednich pomiarów hałasu z wykorzystaniem próbkowania powinno przeprowadzić się dokładną i wnikliwą analizę charakterystyk ruchowych. Różnice te są znaczące zarówno na drogach o dużym natężeniu

ruchu, jak również na drogach, gdzie to natężenie jest o wiele niższe. Na odcinku autostrady A4 Chorzów-Sośnica różnica pomiędzy metodą pomiarów ciągłych, a metodą próbkowania wynosi w dzień 0,2 dB natomiast w nocy 0,6 dB. Po zastosowaniu metody próbkowania z odgórnie założonym podziałem godzin różnicę tę wynoszą już odpowiednio 0,5dB oraz 1,1 dB, co daje spory wzrost niedokładności. W przypadku drogi wojewódzkiej 768 – Mokrzyńska pomiędzy metodą pomiarów ciągłych i metodą próbkowania w dzień różnice wynoszą odpowiednio 0,21 dB, natomiast w nocy 1,2(1,5) dB. Na podstawie badania wykonanego bez znajomości natężenia ruchu i udziału pojazdów ciężkich rozbieżności wynoszą odpowiednio 1,21dB w dzień oraz 1,3 w nocy. Wyniki jakie otrzymano w nocy są do siebie bardzo zbliżone, natomiast te, które otrzymano w dzień wykazują dużą niedokładność w badaniu.

Przedmiotem badania były metoda bezpośrednich ciągłych pomiarów w ograniczonym czasie, metoda bezpośrednich pomiarów hałasu z wykorzystaniem próbkowania oraz metoda obliczeniowa. Na podstawie wyników można stwierdzić, że w przypadku autostrad, dróg krajowych i wszystkich innych, na których występuje wysokie natężenie ruchu przez całą dobę, a co za tym idzie udział pojazdów ciężkich nie zmienia się dużo w ciągu doby różnice pomiędzy obiema metodami nie są wysokie i wynoszą mniej niż 1 dB, zarówno w porze dnia jak i nocy. Niewielki wpływ na wyniki miało również zwiększenie udziału pojazdów ciężkich oraz natężenia. W przypadku dróg wojewódzkich oraz wszystkich dróg na których mamy niższe natężenie ruchu w szczególności w nocy, możemy zaobserwować wysokie rozbieżności udziału pojazdów ciężkich w całej dobie. Wpływa to znacząco na różnice pomiędzy wynikami pomiarów obiema metodami, które wynoszą ponad 3 dB.

W sytuacji kiedy stosujemy metodę próbkowania bez znajomości natężenia ruchu oraz udziału pojazdów ciężkich dokładność wyników spada w porównaniu z tą samą metodą przy znanym wartościach.

Metoda obliczeniowa daje wyniki zbliżone do metody pomiarów ciągłych w okresach kiedy mamy duże natężenie ruchu i udział pojazdów ciężkich o niewielkiej zmienności, w przypadku wahań tych parametrów wyniki tej metody mogą różnić się już znacznie od metody pomiarów ciągłych i dochodzą do nawet 6-7 dB.

Na podstawie wszystkich badań można stwierdzić, że metoda bezpośrednich ciągłych pomiarów w ograniczonym czasie może być zastąpiona przez metodę bezpośrednich pomiarów hałasu z wykorzystaniem próbkowania przede wszystkim w przypadku dróg takich jak autostrady, drogi ekspresowe, drogi dwujezdniowe i wszystkie te, na których występuje duże natężenie ruchu przez całą dobę. W przypadku dróg, na których mamy zdecydowanie mniejsze natężenie ruchu, oraz duże wahania udziału pojazdów ciężkich występują duże rozbieżności pomiędzy obiema metodami.- W przypadku metody obliczeniowej zależność jest podobna, w sytuacji małych wahań udziału pojazdów ciężkich oraz natężenia wyniki różnią się nieznacznie w stosunku do metody pomiarów ciągłych, wówczas metoda może być z powodzeniem stosowana.

W zależności od wybranej metody analizy wpływu odległości i pokrycia terenu spadek poziomu hałasu w punkcie odbioru może się znacznie różnić, co ma wpływ na zastosowanie odpowiedniej ochrony akustycznej.

8. Uwagi do procedur pomiarowych GPR i GPH

Analizując zmiany zachodzące w sieci drogowej (budowa nowych dróg, połączeń, węzłów itp.) oraz zmian zagospodarowania (deglomeracja, budowa centrow komercyjnych, przemysłowych) sformułowano następujące zalecenia w zakresie:

GPR

1. Sprawdzenie lokalizacji punktów pomiarowych na granicach miast tak, aby były one poza zasięgiem podróży dojazdowych do pracy i nauki
Pozostawienie wieloletnich (starych) lokalizacji może powodować błędy w ocenie ruchu zamiejskiego
2. dogęszczenie punktów pomiarowych na wylotach z miast oraz przy obwodnicach

3. pomiary struktury ruchu na pasach dróg wielopasowych (chodzi głównie o pasy skrajne z uwagi na oddziaływania hałasu 2x2), (2x3)
4. zwiększenie udziału automatycznych stacji pomiarowych

GPH

1. utrzymanie punktów PPH i PDH (10m od drogi i przy zabudowie)
2. ujednoczenie punktu pomiarowego tzn. jego lokalizacji względem zabudowy (np. 2m lub 0,5m)
3. przyjęcie stałej siatki pomiarowej co 5 lat (tzw. punkty stałe , 75% wszystkich pkt)
4. punkty zmienne w celu obserwacji (25 % punktów)
5. Zaleca się 1 pkt pomiarowy na 25 km drogi (nie ma możliwości lokalizacji na każdym odcinku referencyjnym)

9. Literatura

[1] Bohatkiewicz J.: Badania wpływu zmian parku samochodowego na poziom emisji hałasu drogowego, w: Ochrona środowiska i estetyka a rozwój infrastruktury drogowej. Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji RP, Lublin 2011.

[2] Bohatkiewicz J., Hałucha M. Wytyczne wykonywania pomiarów równoważnego poziomu dźwięku przy drogach kraowych. Projekt RID – I/76 „Ochrona przed hałasem drogowym”. NCBiR, GDDKiA. 2018.

[3] Buck M.: Geschwindigkeitsverhalten auf einbahnigen Außerortsstraßen in Abhängigkeit von baulichen, betrieblichen und verkehrlichen Randbedingungen. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 621. Bonn-Bad Godesberg 1992

[4] Gaca S.: Badania prędkości pojazdów i jej wpływu na bezpieczeństwo ruchu drogowego. Zeszyty Naukowe PK, Nr 75, Kraków, 2002

[5] Kayser J.H., Feldges M., Hess M.: Strassenraum und Fahrverhalten im Übergangsbereich zwischen freier Strecke und bebautem Gebiet. Zeitschrift für Verkehrssicherheit 36, 1990

[6] Laam R., Psarianos B., Mailaender T.: Highway design and traffic safety. Engineering Handbook. McGraw-Hill, New York 1999

[7] Sławińska M., Buczek P.: Problem zmienności natężeń ruchu na drogach krajowych i ich wpływ na poziom hałasu, Drogownictwo, nr 2/2015, s. 46-52

[8] Sławińska M.: Charakterystyki zmienności natężeń ruchu i ich wpływ na eksploatację wybranych obiektów drogowych. Rozprawa doktorska, Politechnika Krakowska, Kraków 2013

[9] Stuster J., Coffman Z., Warren D.: Speed and Speed Management. Publication no. FHWA-RD98-154. Washington D.C. 1998

[10] PN-ISO 1996-1:2006. Akustyka. Opis, pomiary i ocena hałasu środowiskowego. Część 1: Wielkości podstawowe i procedury oceny.

[11] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 czerwca 2011 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów substancji lub energii w środowisku przez zarządzającego drogą, linią kolejową, linią tramwajową, lotniskiem lub portem (Dz. U. Nr 140, poz. 824 z późn. zmianą).

[12] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 października 2012 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku. Dziennik Ustaw 2012, poz. 1109.

[13] Transport research – fourth framework programme. Master – Managing speeds of traffic on European roads. Luxembourg, 1999