



Zachodniopomorski
Uniwersytet
Technologiczny
w Szczecinie

**Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny
w Szczecinie**

Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska

**Identyfikacja determinant skuteczności szykan
drogowych zastosowanych w strefach wjazdowych
dróg wojewódzkich do małych miejscowości**

Rozprawa doktorska
mgr inż. Dominik Kacprzak

Promotor:
dr hab. inż. Alicja Sołowczuk, prof. ZUT

Szczecin, 2022 r.

*Serdeczne podziękowania Pani Profesor Alicji Sotowczuk
za kierowanie pracą, opiekę naukową oraz cenne uwagi
udzielone podczas pisania niniejszej rozprawy.*

SPIS TREŚCI

STRESZCZENIE	9
ABSTRACT	11
SPIS OZNACZEŃ ZASTOSOWANYCH W ROZPRAWIE DOKTORSKIEJ	13
WPROWADZENIE	17
ROZDZIAŁ 1 Synteza dotychczasowych opracowań dotyczących projektowania środków uspokajania ruchu w strefach wjazdowych do miejscowości ...	21
1.1. Przegląd literatury dotyczącej strefy wjazdowej	21
1.2. Przegląd istniejących wytycznych projektowych dotyczących uspokojenia ruchu i stref wjazdowych	28
1.3. Analiza porównawcza istniejących warunków projektowych dotyczących projektowania wykrzywienia toru jazdy i stosowania szykan w strefach wjazdowych	37
1.4. Geneza podjęcia tematu	40
1.5. Podsumowanie	42
ROZDZIAŁ 2 Teza, cel, i zakres rozprawy doktorskiej	43
2.1. Cel rozprawy doktorskiej	43
2.2. Teza rozprawy doktorskiej	43
2.3. Zakres rozprawy doktorskiej	44
ROZDZIAŁ 3 Założenia badawcze przyjęte przy ocenie skuteczności szykan zastosowanych w strefach wjazdowych do małych miejscowości	47
3.1. Założenia przyjęte w pomiarach prędkości	47
3.2. Metody badawcze przyjęte w analizach statystycznych	52
3.3. Założenia badawcze przyjęte przy doborze poligonu badawczego	53
3.4. Założenia badawcze przyjęte w analizach jakościowych dotyczących wyznaczenia determinant redukcji prędkości	56
3.4.1. Założenia badawcze przyjęte na poligonie badawczym 1	56
3.4.2. Założenia badawcze przyjęte na poligonie badawczym 2	68
3.4.3. Założenia badawcze przyjęte na poligonie badawczym 3	77
3.5. Założenia przyjęte w odniesieniu do bezpieczeństwa ruchu	81
3.6. Założenia i metody badawcze przyjęte w odniesieniu do zmiany poziomu hałasu drogowego	83
3.6.1. Podstawowe założenia odnośnie wykonywanych pomiarów poziomu hałasu	83
3.6.2. Metodologia badawcza w odniesieniu do oceny skuteczności oddziaływania szykany na zmniejszenie poziomu hałasu drogowego	84
ROZDZIAŁ 4 Analiza uwzględnienia danych ogólnych w czynnościach planistycznych i projektowych	91
4.1. Założenia ogólne	91
4.2. Zestawienie ogólnych danych administracyjnych i podstawowych danych drogowych	91
4.3. Zestawienie danych ogólnych dotyczących przestrzennego zagospodarowania analizowanych wsi	95
4.4. Zestawienie danych ogólnych charakteryzujących analizowane strefy wjazdowe	98

ROZDZIAŁ 5	Determinanty oddziaływania szykan na warunki ruchowe w poligonie badawczym 1	101
5.1.	Założenia ogólne	101
5.2.	Analiza statystyczna wyników pomiarów prędkości	102
5.3.	Oszacowanie zagregowanego parametru z	107
5.3.1.	Zestawienie wyników oceny czynników związanych z kryterium dotyczącym organizacji ruchu	107
5.3.2.	Zestawienie wyników oceny czynników związanych z kryterium dotyczącym warunków drogowych	110
5.3.3.	Zestawienie wyników oceny czynników związanych z kryterium dotyczącym zagospodarowania otoczenia i warunków widoczności	113
5.3.4.	Zestawienie wyników oceny zagregowanego parametru z i jego łączny wpływ na parametry ruchowe	115
5.4.	Analiza regresji wpływu zagregowanego parametru z i parametrów rozkładu prędkości	116
5.5.	Podsumowanie	120
ROZDZIAŁ 6	Identyfikacja determinant oddziaływania szykan na warunki ruchowe w poligonie badawczym 2	125
6.1	Założenia ogólne	125
6.2	Analiza statystyczna wyników pomiarów prędkości	126
6.3.	Oszacowanie zmiennej jakościowej istniejącego otoczenia strefy wjazdowej	130
6.3.1	Zestawienie wyników oceny czynników związanych z organizacją ruchu	130
6.3.2	Zestawienie wyników oceny czynników związanych z warunkami drogowymi	132
6.3.3	Zestawienie wyników oceny czynników związanych z zagospodarowaniem i widocznością	138
6.3.4	Zestawienie wyników oceny łącznego oddziaływania przestrzennego zagospodarowania otoczenia drogi	139
6.4.	Analiza regresji otrzymanych wyników oceny	140
6.5.	Podsumowanie	145
ROZDZIAŁ 7	Identyfikacja determinant oddziaływania szykan na warunki ruchowe w poligonie badawczym 3	147
7.1.	Założenia ogólne	147
7.2.	Analiza statystyczna wyników pomiarów prędkości	148
7.3.	Oszacowanie zmiennej jakościowej istniejącego otoczenia strefy wjazdowej	151
7.3.1	Zestawienie wyników oceny czynników związanych z organizacją ruchu	151
7.3.2	Zestawienie wyników oceny czynników związanych z warunkami drogowymi	155
7.3.3	Zestawienie wyników oceny czynników związanych z zagospodarowaniem i widocznością	157
7.3.4	Zestawienie wyników oceny łącznego oddziaływania przestrzennego zagospodarowania otoczenia drogi	158
7.4.	Analiza regresji otrzymanych wyników oceny	158
7.5.	Podsumowanie	160
ROZDZIAŁ 8	Ocena skuteczności oddziaływania szykan na zmniejszenie poziomu hałasu drogowego	161
8.1.	Założenia badawcze	161
8.2.	Poligon badawczy 1 – odcinki z ograniczeniem prędkości do 70 km/h	168
8.3.	Poligon badawczy 2 – odcinki z ograniczeniem prędkości do 50 km/h	176

8.4.	Poligon badawczy 3 – szykany w osi jezdni	179
8.5.	Podsumowanie	182

ROZDZIAŁ 9 Walidacja zidentyfikowanych determinant oddziaływania szykan na warunki ruchowe w analizowanych poligonach badawczych 185

9.1.	Walidacja zidentyfikowanych determinant oddziaływania szykan na warunki ruchowe w poligonie badawczym 1	185
9.1.1.	Opis odcinków badawczych wybranych do walidacji w poligonie badawczym 1	185
9.1.2.	Analiza wyników testów statystycznych na odcinkach wybranych do walidacji w poligonie badawczym 1	186
9.1.3.	Analiza wyników oceny zagregowanego parametru z na odcinkach wybranych do walidacji w poligonie badawczym 1	187
9.1.4.	Analiza regresji wpływu zagregowanego parametru i parametrów rozkładu prędkości w poligonie badawczym 1 z uwzględnieniem odcinków wybranych do walidacji	188
9.2.	Walidacja zidentyfikowanych determinant oddziaływania szykan na warunki ruchowe w poligonie badawczym 2	190
9.2.1.	Opis odcinków badawczych wybranych do walidacji w poligonie badawczym 2	190
9.2.2.	Analiza wyników testów statystycznych na odcinkach wybranych do walidacji w poligonie badawczym 2	193
9.2.3.	Analiza wyników oceny zagregowanego parametru z na odcinkach wybranych do walidacji w poligonie badawczym 2	193
9.2.4.	Analiza regresji wpływu zagregowanego parametru i parametrów rozkładu prędkości w poligonie badawczym 2 wraz z nowymi odcinkami wybranymi do walidacji	194
9.3.	Walidacja zidentyfikowanych determinant oddziaływania szykan na warunki ruchowe w poligonie badawczym 3	195
9.3.1.	Opis odcinków badawczych wybranych do walidacji w poligonie badawczym 3	195
9.3.2.	Analiza wyników testów statystycznych na odcinkach wybranych do walidacji w poligonie badawczym 3	198
9.3.3.	Analiza wyników oceny zagregowanego parametru z na odcinkach wybranych do walidacji w poligonie badawczym 3	199
9.3.4.	Analiza regresji wpływu zagregowanego parametru i parametrów rozkładu prędkości w poligonie badawczym 3 wraz z nowymi odcinkami wybranymi do walidacji	199
9.4	Podsumowanie	200

ROZDZIAŁ 10 Podsumowanie i wnioski 201

10.1.	Podsumowanie i wnioski	201
10.2.	Spełnienie celu rozprawy i potwierdzenie tez	204
10.3.	Kierunki dalszych badań	204

BIBLIOGRAFIA 207

SPIS TABEL 217

SPIS RYSUNKÓW 221

SPIS ZAŁĄCZNIKÓW 231

STRESZCZENIE

Rozprawa dotyczy tematyki uspokojenia ruchu w strefach wjazdowych do małych miejscowości położonych w ciągu dróg wojewódzkich z wybudowanymi szykanami. Na podstawie studium literatury wykazano, że podjęte zagadnienie jest szeroko rozwinięte i szczegółowo opracowane pod względem doboru parametrów geometrycznych poszczególnych elementów szykan, ale nie wyczerpuje w pełni tematyki wpływu zagospodarowania otoczenia strefy wjazdowej i zastosowanej organizacji ruchu, jako determinant mających wpływ na percepcję kierowców, a tym samym na redukcję prędkości i zarazem efektywność szykan. W rozprawie wykazano, że przy jednakowym stanie nawierzchni, zbliżonych parametrach geometrycznych wybudowanych szykan oraz zbliżonej wielkości godzinowego natężenia ruchu można otrzymać bardzo zróżnicowane redukcje prędkości w strefach wjazdowych przy przejeździe wzdłuż szykany. Stało się to przesłanką do podjęcia tematu rozprawy dotyczącej identyfikacji determinant skuteczności zastosowanych rozwiązań w strefach wjazdowych dróg wojewódzkich do miejscowości.

Biorąc powyższe pod uwagę w rozprawie wprowadzono zagregowany parametr z , czyli zmienną niezależną, która odpowiada sumie determinant przestrzennego zagospodarowania otoczenia drogi łącznie oddziałujących na percepcję kierowców przejeżdżających przez strefę wjazdową, wywołując oczekiwaną redukcję prędkości. Jest to wynik analiz, w których scharakteryzowano strefy wjazdowe w trzech oddzielnych kryteriach. W każdym z kryteriów oszacowano determinanty stanowiące cechy danej strefy wjazdowej, mogące potencjalnie oddziaływać na percepcję kierowców i na redukcję prędkości. Na podstawie badań terenowych oraz przyjętej metodologii badawczej zbadano zależność redukcji prędkości i wskaźnika zmian prędkości od przyjętego w rozprawie zagregowanego parametru z . Dodatkowo przeanalizowano wpływ zastosowanych szykan na hałas drogowy oraz bezpieczeństwo ruchu.

Pozytywne wyniki analiz regresji ww. zależności potwierdziły postawioną tezę w rozprawie doktorskiej. Otrzymane wyniki analiz pozwoliły na sformułowanie wniosków, że redukcja prędkości i oczekiwana wartość prędkości wjazdowej do wsi zależy w głównej mierze od synergii¹ łącznego oddziaływania warunków drogowych, organizacji ruchu oraz zagospodarowania otoczenia strefy wjazdowej, a nie wynika wyłącznie z parametrów geometrycznych zastosowanej szykany.

¹ Synergia – współdziałanie różnych czynników, którego efekt jest większy niż suma poszczególnych oddzielnych działań.

ABSTRACT

The dissertation concerns the topic of calming traffic in the entry zones to small towns located along provincial roads with built up chicanes. Based on the study of the literature, it has been shown that the discussed issue is broadly developed and elaborated in detail in terms of the selection of geometrical parameters of the individual elements of the harassment, but does not fully exhaust the subject of the impact of the development of the entrance area surroundings and the traffic organization applied, as determinants affecting the perception of drivers, and thus the reduction of speed and at the same time the effectiveness of harassment. The dissertation showed that with the same condition of the pavement, similar geometric parameters of the built chicanes and a similar volume of hourly traffic volume, very different speed reductions in the entry zones when driving along the chicanes can be obtained. This became the premise for undertaking the topic of the dissertation on the identification of determinants of the effectiveness of the solutions applied in the entry zones of provincial roads to the localities.

Taking the above into account, the dissertation introduced the aggregated parameter z , i.e. the independent variable, which corresponds to the sum of the determinants of the spatial development of the road surroundings jointly affecting the perception of drivers passing through the entry zone, causing the expected speed reduction. This is the result of analyses in which the entry zones were characterized in accordance with three separate criteria. In each of the criteria, the determinants constituting the features of a given entry zone were assessed, which could potentially affect the perception of drivers and the speed reduction. On the basis of field studies and the adopted research methodology, the dependence of the speed reduction and the speed change index on the aggregated z parameter adopted in the dissertation was analysed. Additionally, the impact of the harassment on road noise and traffic safety was analysed.

The positive results of the regression analyses of the above-mentioned dependencies confirmed the thesis in the doctoral dissertation. The obtained results of the analyses allowed for the formulation of conclusions, that the speed reduction and the expected value of the entry speed to the village depend mainly on the synergy² of the combined impact of road conditions, traffic organization and the development of the entrance area surroundings, and not only from the geometric parameters of the chicane used.

² Synergy – the interaction of various factors, the effect of which is greater than the sum of individual separate actions.

ZASTOSOWANE OZNACZENIA MATEMATYCZNE

Zastosowane oznaczenia wg alfabetu łacińskiego

- a – odgięcie toru jazdy od kierunku prostego, [m]
- F – wynik testu dwóch wariancji
- $F_0(v)$ – dystrybuanta teoretyczna rozkładu normalnego
- $F_1(x)$ – zbiory danych poniżej mediany z porównywanych odcinków pomiarowych w teście mediany
- $F_2(x)$ – zbiory danych powyżej mediany z porównywanych odcinków pomiarowych w teście mediany
- F_α – wartość krytyczna testu dwóch wariancji
- $F_e(x)$ – dystrybuanta empiryczna w teście Kołmogorowa
- $F_t(x)$ – dystrybuanta teoretyczna w teście Kołmogorowa
- $F(v)$ – dystrybuanta empiryczna prędkości na danym odcinku pomiarowym
- $F(x_1)$ – dystrybuanta empiryczna w populacji danych ze zbioru $P\{X = x_1\}$ w teście Kołmogorowa-Smirnowa, porównującym dwie dystrybuanty teoretyczne
- $F(x_2)$ – dystrybuanta empiryczna w populacji danych ze zbioru $P\{X = x_2\}$ w teście Kołmogorowa-Smirnowa, porównującym dwie dystrybuanty teoretyczne
- H_0 hipoteza zerowa
- H_1 hipoteza alternatywna
- i – liczebność odcinków w danym poligonie badawczym
- j – liczebność czynników w danym kryterium w danym poligonie badawczym, (gdzie $j = 1, 2, \dots, m$)
- l – długość odgięcia toru jazdy, w niniejszej rozprawie oznacza długość szykany [m]
- Leq – równoważny poziom hałasu w danym czasie obserwacji, [dB(A)]
- Leq_1 – równoważny poziom hałasu w pierwszym okresie obserwacji, [dB(A)]
- Leq_2 – równoważny poziom hałasu w drugim okresie obserwacji, [dB(A)]
- Leq_3 – równoważny poziom hałasu w trzecim okresie obserwacji, [dB(A)]
- Leq_{15} – równoważny poziom hałasu w 15 minutach, [dB(A)]
- L_{25} – kwantyl 25% hałasu; wielkość zastosowana na wykresach oszacowania przedziałowego, [dB(A)]
- L_{50} – mediana hałasu (kwantyl 50%); wielkość zastosowana na wykresach oszacowania przedziałowego, [dB(A)]

L_{85}	– kwantyl 85% hałasu; wielkość zastosowana na wykresach oszacowania przedziałowego, [dB(A)]
ΔLeq	– różnica równoważnego poziomu hałasu w danym czasie obserwacji, [dB(A)]
m	– wartość oczekiwana
m_1	– wartość oczekiwana na odcinku pomiarowym przed szykaną w teście istotności dla dwóch średnich
m_2	– wartość oczekiwana na odcinku pomiarowym za szykaną w teście istotności dla dwóch średnich
N	– godzinowe natężenie ruchu, [P/h]
n_1	– liczba wypadków przed zastosowaniem środka poprawy bezpieczeństwa ruchu
n_2	– liczba wypadków po wprowadzeniu zmian w zakresie bezpieczeństwa ruchu
n_{min}	– liczebność minimalna, jaką trzeba wykonać na danym odcinku pomiarowym
n_0	– liczebność wykonanych pomiarów wstępnych
o_i	– odcinki na danym poligonie badawczym, (gdzie $i = 1, 2, \dots, n$)
P	– populacja danych
R	– współczynnik korelacji
R^2	– współczynnik determinacji
Σ_0	– suma odcinków badawczych z potwierdzoną tautologią logiczną, w rozpatrywanym j -tym czynniku oddziałującym na percepcję kierowcy
s	– odchylenie standardowe
SDR	– dobowe natężenie ruchu, [P/24h]
t	– wartość testu istotności dla dwóch średnich
t_1	– długość okresu obserwacji przed wprowadzeniem zmian (lata)
t_2	– długość okresu obserwacji po wprowadzeniu zmian (lata)
t_α	– krytyczna wartość testu istotności dla dwóch średnich
u_c	– udział pojazdów ciężkich, [%]
v	– ogólne oznaczenie prędkości, [km/h]
v_{25}	– kwantyl 25% prędkości w ruchu swobodnym na danym pasie ruchu, [km/h]; wielkość zastosowana na wykresach oszacowania przedziałowego
v_{50}	– kwantyl 50% prędkości w ruchu swobodnym na danym pasie ruchu, [km/h]; wielkość zastosowana na wykresach oszacowania przedziałowego; przy większej liczbie pomiarów wartości v_{50} i v_{sr} są porównywalne
v_{85}	– kwantyl 85% prędkości w ruchu swobodnym na danym pasie ruchu, [km/h]
v_{dop}	– dopuszczalna na drodze wartość prędkości podana na znaku B-33, [km/h]
v_{przed}	– ogólne oznaczenie prędkości zmierzonej przed szykaną, [km/h]
v_{sr}	– prędkość średnia w ruchu swobodnym na danym pasie ruchu, [km/h]
v_{sr}^{pp}	– prędkość średnia w potoku pojazdów na danym pasie ruchu, [km/h]

v_{sr}^{ppj}	– prędkość średnia potoku pojazdów na jezdni w, [km/h]
v^{za}	– ogólne oznaczenie prędkości zmierzonej za szykaną, [km/h]
Δv	– redukcja prędkości uzyskana przy przejeździe wzdłuż szykany, odpowiednio ogólna redukcja prędkości jest równa $\Delta v = v^{przed} - v^{za}$, [km/h]
w	– wskaźnik zmian prędkości, określający udział redukcji prędkości względem prędkości zmierzonej przed szykaną, $w = \Delta v / v^{przed}$, [km/h]
z	– ogólne oznaczenie zagregowanego parametru
z_i	– zagregowany parametr na i -tym odcinku, stanowiący sumę miar kwantyfikacyjnych z poszczególnych kryteriów z potwierdzoną tautologią logiczną, $z_i = \Sigma(z_{oj}, z_{dj}, z_{zwj})$
z_{ij}	– zagregowany parametr na i -tym odcinku, stanowiący sumę przyjętych miar kwantyfikacyjnych w poszczególnych kryteriach
z_{dj}	– łączna wartość oceny kwantyfikacyjnej na i -tym odcinku ze względu na warunki drogowe, czyli suma potwierdzonych tautologii logicznych na i -tym odcinku
z_{dij}	– wartość oceny kwantyfikacyjnej j -tych czynników na i -tym odcinku w kryterium warunków drogowych
z_{oj}	– łączna wartość oceny kwantyfikacyjnej na i -tym odcinku ze względu na organizację ruchu, czyli suma potwierdzonych tautologii logicznych na i -tym odcinku
z_{oij}	– wartość oceny kwantyfikacyjnej j -tych czynników na i -tym odcinku w kryterium organizacji ruchu
z_{zwj}	– łączna wartość oceny kwantyfikacyjnej na i -tym odcinku ze względu na przestrzenne zagospodarowanie i warunki widoczności, czyli suma potwierdzonych tautologii logicznych na i -tym odcinku
z_{zwij}	– wartość oceny kwantyfikacyjnej j -tych czynników na i -tym odcinku w kryterium przestrzennego zagospodarowania i warunków widoczności

Oznaczenia wg alfabetu greckiego zastosowane w analizach statystycznych i innych

α	– poziom istotności
λ	– wartość statystyki z testu zgodności Kołmogorowa, (dotyczącym potwierdzenia zgodności danego rozkładu z rozkładem normalnym)
λ_α	– wartość krytyczna z testu zgodności Kołmogorowa, (dotyczącym potwierdzenia zgodności danego rozkładu z rozkładem normalnym)
λ	– wartość statystyki z testu Kołmogorowa-Smirnowa, dotyczącego porównania dwóch dystrybuant empirycznych
λ_α	– wartość krytyczna z testu Kołmogorowa-Smirnowa, dotyczącego porównania dwóch dystrybuant empirycznych
Σd_j	– suma potwierdzonych tautologii logicznych w odniesieniu do rozpatrywanych j -tych czynników w kryterium warunków drogowych
Σo_j	– suma potwierdzonych tautologii logicznych do rozpatrywanych j -tych czynników w kryterium organizacji ruchu

- Σz_{w_j} – suma potwierdzonych tautologii logicznych do rozpatrywanych j -tych czynników w kryterium zagospodarowania otoczenia i widoczności
- $\Sigma z_{d_{ij}}$ – suma oceny kwantyfikacyjnej j -tych czynników na i -tym odcinku ze względu na warunki drogowe
- $\Sigma z_{o_{ij}}$ – suma oceny kwantyfikacyjnej j -tych czynników na i -tym odcinku ze względu na organizację ruchu
- $\Sigma z_{zw_{ij}}$ – suma oceny kwantyfikacyjnej j -tych czynników na i -tym odcinku ze względu na przestrzenne zagospodarowanie i warunki widoczności
- χ^2 – wynik testu mediany
- χ_{α}^2 – wartość krytyczna testu mediany
- χ^2 – wynik testu niezależności
- χ_{α}^2 – wartość krytyczna testu niezależności
- χ^2 – wynik testu stosowanego przy analizie bezpieczeństwa ruchu
- χ_{α}^2 – wartość krytyczna testu stosowanego przy analizie bezpieczeństwa ruchu

WPROWADZENIE

Wzrost natężenia ruchu powoduje problemy komunikacyjne, które oddziałują na mieszkańców zarówno dużych miast, jak i mniejszych miejscowości. W przypadku miejscowości, które znajdują się w ciągu dróg wojewódzkich szczególnie istotny oraz dokuczliwy jest wzrost poziomu hałasu i stężenia spalin w najbliższym otoczeniu drogi. Miejscowości te charakteryzują się najczęściej zabudową skupioną wzdłuż drogi tranzytowej i brakiem możliwości przebudowy istniejącej infrastruktury. Dlatego istotnym czynnikiem oddziaływania dróg na warunki życia mieszkańców jest prędkość pojazdów, która wpływa na szerokie spektrum warunków drogowych, takich jak bezpieczeństwo ruchu, hałas i spaliny [41, 87, 112, 172, 173, 174]. Ważną kwestią jest, zatem utrzymywanie określonej prędkości pojazdów podczas przejazdu na dopuszczalnym poziomie, ponieważ jest ona wskazywana, jako główny czynnik mający bezpośredni wpływ zarówno na liczbę zdarzeń drogowych, jak i ich ciężkość [13, 51, 93, 108, 117, 123, 164, 184]. Szczególnie na uwadze należy mieć w danym przypadku pojazdy, które przejeżdżają tranzytem i poprzez niestosowanie się do obowiązujących prędkości negatywnie oddziałują one na komfort życia mieszkańców.

Drogi wojewódzkie łączą ze sobą poszczególne miejscowości przechodząc najczęściej przez ich centrum. Prędkość dopuszczalna pomiędzy miejscowościami, tj. w terenie niezabudowanym wynosi 90 km/h i jest zdecydowanie wyższa niż prędkość obowiązująca w terenie zabudowanym, która wynosi 50 km/h [166]³. Dotychczasowe badania wskazują, że prędkość na wlotach do miast, już na terenie zabudowanym są znacznie wyższe niż prędkości dopuszczalne. Kierowcy szczególnie ignorują ograniczenia prędkości w terenach rolniczych, kiedy czują się pewnie, tj. kiedy droga na to pozwala poprzez bardzo dobre warunki widoczności i łagodną geometrię drogi. Istotne w tym przypadku staje się poinformowanie kierowców o zmianie terenu otaczającego i wymuszenie na kierowcach przejeżdżających

³ Przepisy dotyczące dopuszczalnych prędkości na polskich drogach – art. 20. i 21. Dziennika Ustaw – Prawo o ruchu drogowym.

tranzystem dostosowania prędkości do dopuszczalnego poziomu. W celu redukcji prędkości wjazdowej do terenu zabudowanego zalecane jest stosowanie różnorodnych środków uspokojenia ruchu, które powinny być zlokalizowane na styku tych dwóch obszarów, czyli w tzw. strefie wjazdowej [93]. Strefa ta poprzez zmianę otoczenia jezdni powinna oddziaływać na kierowców i informować o konieczności dostosowania prędkości jazdy do obowiązujących warunków [161].

Uspokojenie ruchu ma trzy podstawowe cele. Przede wszystkim powinno redukować prędkość. Drugim celem, który wynika bezpośrednio z redukcji prędkości jest zwiększenie bezpieczeństwa ruchu. Ostatnim celem, który również zależy od prędkości jest poprawa warunków życia mieszkańców, czyli obniżenie poziomu hałasu oraz zmniejszenie ilości spalin i zanieczyszczeń drogowych. Poprzez uspokojenie ruchu należy rozumieć stosowanie psychologicznych lub fizycznych środków związanych z kształtowaniem elementów drogi i jej otoczenia, które poprzez swój wpływ na kierowców decydują o dostosowaniu jazdy do odpowiedniej prędkości i tym samym spełniają swoje fundamentalne cele, m.in. poprawiając komfort życia mieszkańców. [35, 70, 84, 122, 159, 164, 186].

W literaturze światowej wymienia się głównie trzy elementy środków uspokojenia ruchu stosowane w strefach wjazdowych [35, 93, 113, 119, 164, 177]. Pierwszym z nich są środki ostrzegawcze, które stanowią efekt psychologiczny. Należy do nich np. oznakowanie poziome informujące o dopuszczalnej prędkości lub pasy ostrzegawcze, które poprzez wibracje ostrzegają kierowców o zbliżaniu się do miejsca, w którym należy zachować szczególną ostrożność. Kolejnym elementem psychologicznym stosowanym w strefach wjazdowych są bramy wjazdowe, czyli odpowiednia kompozycja przestrzeni wokół jezdni (tj. specjalne konstrukcje budowlane lub nasadzenia zieleni), która informuje o zmianie otoczenia drogi i wymaganej redukcji prędkości. Ostatnim elementem są wyspy wjazdowe, czyli tzw. szykany. Stanowią one fizyczną przeszkodę dla kierowców i wymuszają na nich zmianę trajektorii ruchu poprzez odgięcie pasa ruchu, a następnie powrót do pierwotnego jej przebiegu. Ostatni wskazany element, czyli szykany drogowe stanowią tematykę niniejszej rozprawy i nad nimi skupiono się w prowadzonych badaniach.

Doświadczenia ze stosowania środków uspokojenia ruchu w strefach wjazdowych pokazują, że najbardziej skuteczne pod względem redukcji prędkości spośród trzech wyżej wymienionych są wyspy wjazdowe. Ich skuteczność uzależniona jest od szeregu aspektów. Literatura krajowa i zagraniczna szeroko opisuje warunki stosowania szykan drogowych, a także precyzuje ich parametry geometryczne. Wskazywana jest również konieczność analizy wpływu stosowania szykan na najbliższe otoczenie drogi oraz branie pod uwagę

zagospodarowania terenu, aby poprzez zmianę wizualnego odbioru otoczenia drogi informować kierowców o tym, że wjechali do innego obszaru i o konieczności dostosowania prędkości do nowych warunków jazdy [161, 175]. Pomimo dużej ilości wytycznych oraz badań w tej tematyce pozostaje jeszcze wiele do zrobienia. Brak, bowiem jest szczegółowych wytycznych, które pozwalałyby określić łączny wpływ wszystkich czynników oddziałujących na kierowcę, takich jak organizacja ruchu, warunki drogowe oraz zagospodarowanie otoczenia strefy wjazdowej i warunków widoczności na skuteczność danego rozwiązania. Przedstawione uwarunkowania stały się przesłanką do podjęcia przez Autora niniejszej rozprawy tematyki identyfikacji determinant skuteczności zastosowanych rozwiązań w strefach wjazdowych dróg wojewódzkich do małych miejscowości na redukcję prędkości. Dokładne określenie determinant, które decydują o skuteczności stosowania szykan może przyczynić się do lepszego poznania tej tematyki oraz zweryfikowania podejścia do projektowania szykan, ponieważ nie sama geometria, a suma wszystkich determinant decyduje o skuteczności danej szykany, tj. redukcji prędkości wjazdowej. Tylko interdyscyplinarne podejście do kwestii projektowej, biorące pod uwagę geometrię szykany, lokalizację jej w strefie wjazdowej, zagospodarowanie najbliższego jej otoczenia, zastosowaną organizację ruchu oraz warunki widoczności na drodze może przyczynić się do redukcji prędkości przy wjeździe w teren zabudowany i tym samym do poprawy komfortu życia mieszkańców w miejscowościach położonych w ciągu dróg wojewódzkich.

W niniejszej rozprawie skupiono się na przedstawieniu analiz wyników przeprowadzonych badań w rejonie szykan zlokalizowanych w strefie wjazdowej do małych miejscowości położonych w ciągu dróg wojewódzkich w województwie zachodniopomorskim. Biorąc pod uwagę istniejące strefy wjazdowe na drogach wojewódzkich do badań wybrano drogi z ograniczeniem prędkości do 50 km/h i 70 km/h podane na znakach drogowych przed strefą wjazdową. W celu identyfikacji determinant redukcji prędkości wyodrębniono w sumie 24 odcinki badawcze z wybudowanymi szykanami oraz 4 dodatkowe odcinki badawcze zlokalizowane w strefach wjazdowych bez wybudowanych szykan. Wybrane odcinki badawcze podzielono na trzy poligony badawcze uwzględniające wielkość dopuszczalnej prędkości i kształt zastosowanej szykany. Wszystkie wybrane do badań odcinki badawcze scharakteryzowano w 3 przyjętych kryteriach pod względem istniejącej organizacji ruchu, warunków drogowych oraz zagospodarowania terenu wokół strefy wjazdowej i warunków widoczności. Na wszystkich odcinkach badawczych wykonano pomiary prędkości przed i za szykaną w obu kierunkach ruchu, pomiary natężenia ruchu oraz pomiary poziomu hałasu. Po dokładnym scharakteryzowaniu każdego odcinka badawczego, na podstawie potwierdzenia

tautologii logicznych wybranych czynników w trzech ww. kryteriach zidentyfikowano determinanty skuteczności stosowania szykan na redukcję prędkości. Uzyskane w analizach statystycznych w przyjętych trzech poligonach badawczych zależności redukcji prędkości od łącznie oddziałujących na kierowców determinant poddano walidacji. Do walidacji uzyskanych zależności wybrano dziewięć nietypowych szykan drogowych zastosowanych w strefach wjazdowych. Analiza statystyczna otrzymanych wyników potwierdziła na poziomie 95% ufności istotną statystycznie zależność redukcji prędkości i wskaźnika redukcji prędkości od łącznie oddziałujących na kierowców determinant. Na podstawie wykonanych badań i wyników analiz statystycznych można stwierdzić, że największy bezpośredni łączny wpływ na redukcję prędkości okazują czynniki związane z parametrami zastosowanej szykany i przestrzennym zagospodarowaniem otoczenia strefy wjazdowej.

Rozdział 1

SYNTEZA DOTYCHCZASOWYCH OPRACOWAŃ DOTYCZĄCYCH PROJEKTOWANIA ŚRODKÓW USPOKAJANIA RUCHU W STREFACH WJAZDOWYCH DO MIEJSCOWOŚCI

1.1. PRZEGLĄD LITERATURY DOTYCZĄCEJ STREFY WJAZDOWEJ

Wzrost rozwoju gospodarczego i związanego z tym motoryzacyjnego powoduje wzrost natężenie ruchu i w konsekwencji nasilają się problemy komunikacyjne, zarówno w dużych miastach, jak i mniejszych przelotowych miejscowościach⁴ [124], zlokalizowanych z reguły w ciągu dróg tranzytowych. Biorąc powyższe pod uwagę w wielu krajach w wytycznych projektowych zaczęto wprowadzać zasady uspokojenia ruchu szczególnie w strefach wjazdowych do wsi, jak i na całej długości przejścia drogi tranzytowej przez wieś [93, 122, 131, 157, 165, 186]. Coraz większe natężenie ruchu w wielu przypadkach:

- przewyższa możliwości przepustowe dróg i niektórych skrzyżowań [15, 18, 19, 20, 48, 104, 168],
- powoduje brak miejsc do parkowania [48, 92, 93, 128, 159, 169, 180],
- prowadzi do wzrostu liczby zdarzeń drogowych [172, 173, 174],
- zwiększa poziomu hałasu, stężenie spalin i zanieczyszczenie powietrza w najbliższym otoczeniu drogi [41, 87, 112].

Zwarta i wąska zabudowa mieszkaniowa wzdłuż głównej drogi tranzytowej w większości przypadków nie pozwala na rozbudowanie istniejącego układu drogowego [15, 19, 29, 92, 93, 102]. Wszystkie te czynniki negatywnie wpływają na odbiór i postrzeganie drogi lub danego układu komunikacyjnego przez mieszkańców [9, 30, 37, 44, 46, 59]. Szczególnie

⁴ W RMAiC z dnia 13 grudnia 2012 r. w sprawie wykazu urzędowych nazw miejscowości i ich części (Dz.U. 2013 poz. 200) przyjęto określenie termin miejscowość do każdego skupiska ludności, niezależnie od liczby zabudowań, gęstości zabudowy i liczby ludności, nie różnicując dodatkowo miasta, miasteczka, osiedla czy wsi. W niniejszej rozprawie częściej jednak stosowano termin wieś, gdyż wszystkie wybrane odcinki badawcze stanowiły tylko wsie na przejściu drogi wojewódzkiej długości od 0,4 km do 2000 km, z kilkuset mieszkańcami od 35 do 1900.

w przypadku wsi następuje gwałtownie nagromadzenie się w/w czynników na stosunkowo krótkim odcinku dróg tranzytowych (np. wg danych z wytycznych projektowych duńskich [165], angielskich [122], amerykańskich [161], irlandzkich [160], kanadyjskich [30], niemieckich [35], polskich [92, 93, 178, 186] i artykułu o warunkach projektowych w Iranie [3]).

Pierwsze analizy odnośnie bezpieczeństwa ruchu na drogach tranzytowych w terenie rolniczym przeprowadzono w latach 90. w Danii [165], Anglii [123, 133, 132, 156] i w późniejszym czasie w Kanadzie [30], Niemczech [35], Szwecji [131], Hiszpanii [58], USA [37, 51]. W celu poprawy bezpieczeństwa ruchu na wielu drogach tranzytowych o mniejszym znaczeniu zalecono w wielu krajach wprowadzanie strefowania prędkości i uspokojenia ruchu, zarówno podczas dojazdu, jak i na całej długości przebiegu drogi przez teren zabudowanym (np. w Austrii [14], Danii [115, 165], Anglii [117, 152, 156, 158], Germany [35], Italii [134], Iran [129], Polsce [93], Szwecji [131], Hiszpanii [39], Szwajcarii [103], USA [10, 26, 51, 55, 107]). Na podstawie przeprowadzonych analiz danych w różnych krajach stwierdzono (tab. 1.1), że dzięki zastosowaniu środków uspokojenia ruchu i różnych strategii zarządzania prędkością zmniejszyła się liczba wypadków drogowych średnio o ok. 40-50%.

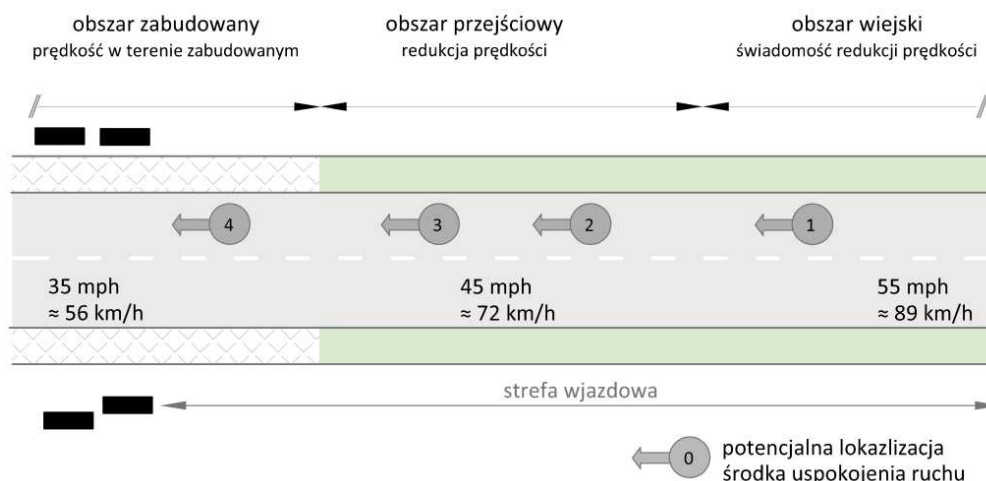
Tab. 1.1. Zestawienie udziału zmniejszenia zdarzeń drogowych na przejściu dróg tranzytowych przez wieś w wyniku stosowania środków uspokojenia ruchu i różnych strategii zarządzania prędkością

Kraj	Rok	Udział zmniejszenia wypadków, %	Źródło literatury
Anglia	1990	10–15%	[108]
Anglia	1994	54%	[133]
Anglia (Rejon Południowy Ayrshire)	1995	10–15%	[123]
Anglia (ogółem)	2001	8–71% (w zależności od rejonu)	[116]
Anglia (dane z Uniwersytetu z Leeds)	2013	40%	[56]
Austria	1998	45%	[14]
Holandia – ogółem na przejściu przez wieś w przypadku stosowania szykan, zwężzeń, rond i progów)	2005	10% liczby ogółem wypadków 70% wypadków śmiertelnych i 37% lekkich obrażeń	[157]
Irlandia (po wybudowaniu wysp środkowych w strefie wjazdowej)	2008	20%	[31]
Italia zmniejszenie liczby zdarzeń drogowych zmniejszenie liczby wypadków z rannymi zmniejszenie liczby wypadków z ofiarami	2015	50,4 % 61,1% 100%	[102]
Kanada (zmniejszenie liczby wypadków przy uwzględnieniu elementów krajobrazu podkreślających strefę wjazdową)	2003	5-20%	[110]
Litwa	2016	40–50%	[65]
Szwecja zmniejszenie liczby wypadków z rannymi zmniejszenie liczby wypadków z ofiarami	2002	47% 12% 18%	[60]
Polska ogółem zdarzeń drogowych wypadki z ofiarami śmiertelnymi	2008	16-30% 35-60%	[92]
USA	2020	40–50%	[27]
WHO	2008	35%	[172]
WHO	2011	38%	[173]
WHO	2015	40%	[173]
WHO	2018	44%	[174]

Zarządzanie strefowaniem prędkością miało przede wszystkim uwzględniać, że istniejące drogi o mniejszym znaczeniu są drogami tranzytowymi i przechodzą bardzo często przez środek wsi. W Australii [5] np. na podstawie badań stwierdzono, że zachowanie kierowców w zakresie wyboru prędkości jest zależne od charakteru kierowcy, jego cech psychologicznych i rodzaju pojazdu, natomiast wpływ geometrii drogi, warunków ruchu i specyficznych czynników charakteryzujących otoczenie drogi w danym miejscu jest mniej znany. W badaniach prowadzonych w Anglii [11, 23, 116, 117], Brazylii [15], Egipcie [181], Francji [167], Italii [22], Kanadzie [25, 47], Niemczech [12, 20], USA [1, 26, 27, 28] dużą część badań poświęcono określeniu wpływu warunków ruchu na bezpieczeństwo, prędkość i przepustowość drogi oraz układu komunikacyjnego w danej wsi. Szczególnie w pracach [133, 132, 137] dużo uwagi zwrócono na strefowanie prędkości. Przy czym w głównej mierze o danej strefie miały decydować czynniki wpływające w rezultacie na decyzję kierowcy o realizowanej prędkości. Np. w pracy [137] na podstawie badań warunków ruchu i zachowań kierowcy, a także badań ankietowych określono sześć faz postępowania przy wyznaczaniu strefowania prędkością: 1) identyfikacja strefy prędkości, 2) określenie ograniczenia prędkości, 3) projekt wykonawczy strefy przejściowej, 4) zatwierdzenie strefy prędkości, 5) egzekwowanie ograniczeń prędkości oraz 6) badania kontrolne. M.in. dało to podstawy do przyjęcia odcinka tzw. strefy wjazdowej do wsi. W Polsce podobne analizy prowadzono w Politechnice Krakowskiej [177, 178] i na podstawie badań zalecono wprowadzenie uspokojenia ruchu i strefowanie zarządzania prędkością na przejściach dróg tranzytowych przez wieś. Ostatecznie strefę wjazdową do terenu zabudowanego stanowi odcinek drogi, na którym powinno się poinformować kierowcę, że zmienia się otoczenie drogi, (tj. z obszaru wiejskiego na teren zabudowany) i że przed wjazdem do miejscowości kierowca powinien zmniejszyć prędkość [161]⁵. Przy czym zmniejszenie prędkości jest nie tylko ważne w strefie wjazdowej, ale powinno być utrzymane także na długości całego przejścia przez wieś. Stosowanie różnych środków uspokojenia ruchu powinno być jednak konsekwentne i powinno informować kierowcę o zmianach w otoczeniu, przy czym nie wystarczy stosowanie znaków drogowych, oznakowania na jezdni, czy jakiejś innej infrastruktury drogowej [97, 24]. Jednak długość oddziaływania danego ograniczenia prędkości, czy to strefy wjazdowej czy to środków uspokojenia ruchu ma swoje granice [122, 171]. Biorąc powyższe pod uwagę strefowanie prędkością powinno być wspomóżone różnymi środkami uspokojenia ruchu, zarówno w strefie

⁵ Transition Zone Design – Final Report. 2003, p. 1.

wjazdowej, jak i wzdłuż całego przebiegu drogi przez wieś czy miejscowość. Przy czym środki uspokojenia ruchu mogą być stosowane pojedynczo lub można je łączyć razem z elementami geometrii drogi, elementami otoczenia drogi, dodatkowymi znakami drogowymi lub innymi fizycznymi rozwiązaniami. Faktycznie strefa wjazdowa na drodze tranzytowej w terenie rolniczym obejmuje trzy obszary fizyczne: początek obszaru zabudowanego, obszar przejściowy i obszar dojazdu. Fizyczna definicja i długość strefy wjazdowej jest dość trudna do określenia, bo głównie zależy do oczekiwanej redukcji prędkości. Im większa ma być redukcja prędkości, tym dłuższej powinna być strefy wjazdowa. Również rodzaj zastosowanego środka uspokojenia ruchu ma wpływ na długość strefy wjazdowej. Np. umieszczanie znaków drogowych wymaga minimalnej przestrzeni, natomiast zastosowanie bram wjazdowych lub wysp wymaga większej przestrzeni. Ponadto definicja strefy wjazdowej jest unikalna i ma bezpośredni związek z daną lokalizacją [98, 109]. Propozycję lokalizacji środków uspokojenia ruchu w strefie wjazdowej przedstawiono w [161] (ryc. 1.1).



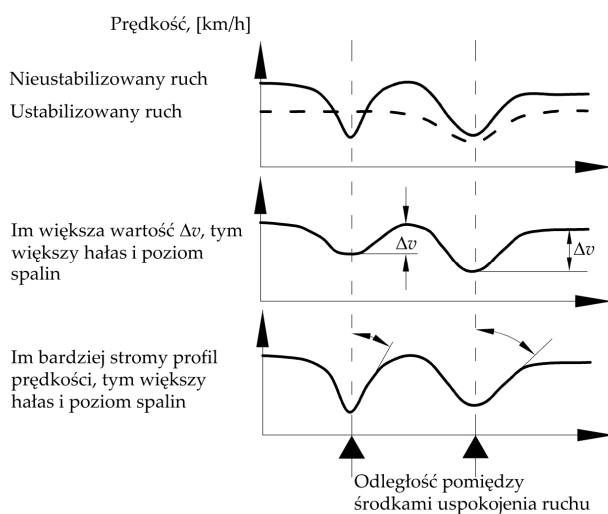
Ryc. 1.1. Propozycja lokalizacji środków uspokojenia ruchu w strefie wjazdowej na drogach tranzytowych z dopuszczalną prędkością do 90 km/h (opracowanie autora na podstawie [161]⁶)

Idea uspokojenia ruchu ma trzy fundamentalne cele [35, 122, 159, 164, 186]: zwiększenie bezpieczeństwa ruchu, redukcję prędkości i poprawę warunków życia mieszkańców. Uspokojenie ruchu przede wszystkim polega na zastosowaniu psychologicznych lub fizycznych środków spowolnienia ruchu, w celu zmniejszenia negatywnego wpływu ruchu kołowego, tj. bezpośredniego wpływu na zachowania kierowców i uzyskaniu tym samym znacznej poprawy warunków dla niezmotoryzowanych uczestników ruchu drogowego.

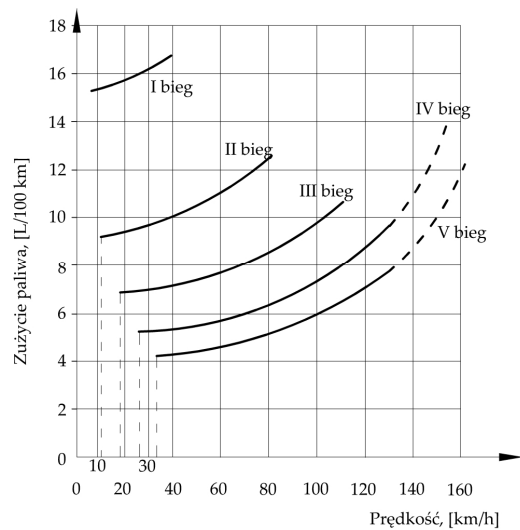
⁶ Transition Zone Design – Final Report, 2013, fig. 1, p. 4.

Zmniejszenie prędkości i poprawa warunków życia mieszkańców związana jest również ze zmniejszeniem hałasu drogowego, spalin, zanieczyszczeń i zużycia paliwa (ryc. 1.2), które są funkcją prędkości [42, 87, 112]. Powyższe cele można osiągnąć stosując odpowiednie zarządzanie ruchem drogowym, tzn. dobrze przemyślaną organizacją ruchu i właściwym sterowaniu ruchem drogowym w danej dzielnicy, osiedlu, czy małym mieście, przez które przechodzi dana droga tranzytowa.

a) profil prędkości pomiędzy środkami uspokojenia ruchu i wielkość hałasu oraz stężenia spalin (opracowanie autora na podstawie danych zawartych w wytycznych szwajcarskich [95])



b) zużycie paliwa przy jeździe na różnych biegach i przy różnej prędkości (opracowanie autora na podstawie francuskiego opracowania [111])



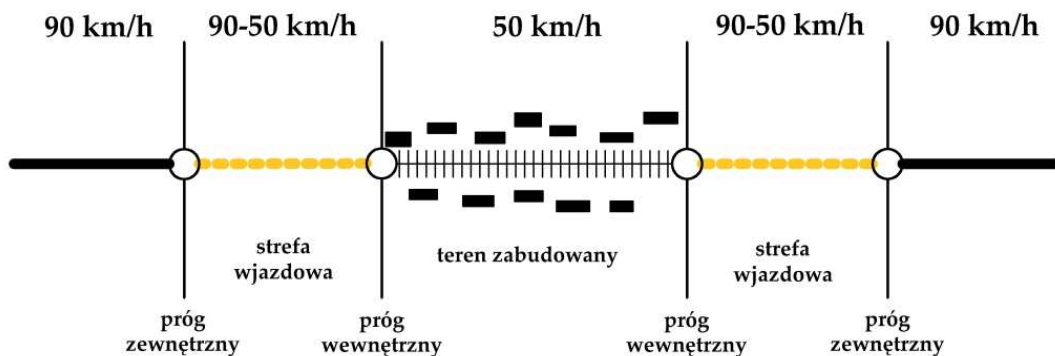
Ryc. 1.2. Interpretacje wielkości hałasu, stężenia spalin i zużycia paliwa w zależności od prędkości

Głównym czynnikiem mającym bezpośredni wpływ zarówno na liczbę zdarzeń drogowych i ich ciężkość jest prędkość pojazdów [13, 46, 51, 93, 108, 117, 123, 164, 184]. Z wniosków z przeprowadzonych badań, opisanych w wymienionych wyżej publikacjach, wynika, że prędkość na wlotach do miejscowości lub wsi, ale już w terenie zabudowanym, jest wyższa niż prędkość dopuszczalna. Istotnym, zatem czynnikiem w uspokojeniu ruchu, (tj. zmniejszeniu prędkości przelotowej), w mniejszych miejscowościach⁷ stanowi poinformowanie kierowców przejeżdżających przez miejscowość tranzytem o granicach terenu zabudowanego i dopuszczalnej w nim prędkości. Na przestrzeni lat wypróbowano szereg środków uspokojenia ruchu na wjazdach do mniejszych miejscowości lub wsi i przeprowadzono szereg porównań oraz analiz, co szerzej przedstawiono w pkt 1.2.

⁷ Szczególnie odnosi się to do miejscowości poniżej 10 tys. mieszkańców.

W światowej literaturze drogowej dotyczącej uspokojenia ruchu, wymienia się głównie trzy elementy stosowane w strefach wjazdowych, są to środki ostrzegawcze (tj. poprzeczne oznakowanie poziome informujące o dopuszczalnej prędkości), bramy wjazdowe (tj. stosowanie zwężenia przestrzeni drogi) i wyspy wjazdowe (tzw. wyspy środkowe, odgięcia jezdni od kierunku prostego i wyspy jednostronne – szykany), co autor szczegółowo opisał w publikacjach [76-83] i na podstawie analizy wytycznych projektowych [35, 93, 119, 164, 177]. Wszystkie w/w środki przyczyniają się do zmniejszenia prędkości. Jednak, żeby redukcję prędkości utrzymać na dłuższym odcinku drogi tranzytowej lub wzdłuż całego jej przejścia przez daną miejscowość potrzebne jest stosowanie także pozostałych środków uspokajania ruchu wzdłuż całego przejścia drogi przez daną miejscowość, tj. zwężenia jezdni, wykrzywienia toru jazdy, małych rond, azyli dla pieszych itd. Te zagadnienia szczegółowo opisano w publikacjach [3, 36, 68, 71, 93, 183, 186, 188].

Na podstawie badań opisanych w pracy [93, 177, 186], strefę otaczającą⁸ w Polsce przyjmuje się przed centralną częścią zabudowy danej miejscowości lub wsi, rozróżniając przy większej miejscowości jeszcze strefę peryferyjną pozamiejską. Podobna definicja strefy wjazdowej⁹ podana jest w publikacjach zagranicznych [22, 37, 104, 161, 169, 180] (ryc. 1.3).



Ryc. 1.3. Przykład strefowania prędkości na drogach wojewódzkich i przejściu drogi tranzytowej przez wieś

Zasadnicze znaczenie w określeniu prędkości w danym miejscu terenu zabudowanego ma długość przejścia drogi tranzytowej przez wieś¹⁰. Jednak jak piszą autorzy pracy [93] udział procentowy prędkości wyższych, niż wskazana na znaku drogowym B-33 ustawionym przed

⁸ R. Krystek, cz. II, 2008, s. 11, rys. 2.2.

⁹ Przepis autora, w języku angielskim „transition zone” [161], w rozprawie autor przyjął nazwę strefy analogiczną do rozważanej do nazwy angielskiej, tj. strefa wjazdowa.

¹⁰ R. Krystek, cz. II, s. 7, rys. 1.5.

terenem zabudowanym w Polsce, jest bardzo zróżnicowany na południu i północy naszego kraju i zależy jest jeszcze od przekroju poprzecznego drogi w strefie wjazdowej i centralnej¹¹.

Drugim ważnym problemem do ustalenia jest lokalizacja znaków drogowych E17 „miejscowość” i D-42 „obszar zabudowany”¹², wskazująca kierowcy, że wjeżdża do miejscowości lub terenu zabudowanego [150]. Znaki E-17 i D-42 te mogą być lokalizowane razem lub oddzielnie w zależności od granicy administracyjnej miejscowości (E-17) i granicy obszaru zabudowanego (D-42). Wytyczne projektowe odnośnie lokalizacji znaków drogowych E-17 i D-42 podane są w [185]:

- Jeżeli pierwsze zabudowania znajdują się w pobliżu granicy administracyjnej miejscowości, znak E-17a należy umieścić na tej granicy. W przypadku miejscowości, której zabudowania są znacznie oddalone od granicy administracyjnej miejscowości, znak E-17a umieszcza się w odległości 50–100 m przed pierwszymi zabudowaniami. Jeżeli granica miejscowości pokrywa się z granicą obszaru zabudowanego i znak E-17a umieszcza się razem ze znakiem D-42, wówczas znak D-42 umieszcza się pod znakiem E-17a¹³.
- Granica obszaru zabudowanego wyznaczonego znakiem D-42 powinna być powiązana z występującą wzdłuż drogi zabudową o charakterze mieszkalnym i występującym na drodze ruchem pieszych, a także wyraźną zmianą charakteru zagospodarowania otoczenia drogi. Znak D-42 powinien być powiązany z takimi elementami zagospodarowania drogi, jak: – początek chodnika, – wyjazdy bramowe z posesji, – pas postojowy lub parking wyznaczony wzdłuż jezdni, – skrzyżowanie¹⁴.

Zarówno w ww. zagranicznych, jak i polskich publikacjach porusza się problem słabo kontrolowanego rozwoju zabudowy wzdłuż istniejących dróg tranzytowych i zastanego stanu ich przebiegu przez centrum miejscowości, z zachowaniem priorytetu ruchu tranzytowego (tj. jak największa przepustowość i prędkość)¹⁵. Szczególnie ten problem zauważalny jest na terenie Europy [120]. Te zagadnienia szerzej omówiono w publikacjach [1, 15, 120], odnosząc się do rozwijania metody HCM dotyczącej przepustowości odcinków drogi tranzytowej na przejściu przez teren zabudowany. Choć te zagadnienia są niezmiernie ważne przy strefowaniu prędkości, to bezpośrednio nie dotyczą one strefy wjazdowej i dlatego

¹¹ Ibidem, s. 6.

¹² <https://www.auto-swiat.pl/porady/prawo/poczatek-obszaru-zabudowanego-czyli-tajemnice-znaku-d-42/fjw197p>, dostęp 20.03.2017.

¹³ Załącznik do D.U., s. 136, pkt 6.3.8.

¹⁴ Ibidem, s. 118, pkt 5.2.47.2.

¹⁵ R. Krystek, cz. II, s. 7.

te zagadnienia autor rozprawy dalej nie rozwijał, skupiając się na zagadnieniach redukcji prędkości.

Podsumowując powyższe rozważania autor niniejszej rozprawy przeanalizował warunki projektowania stref wjazdowych do miejscowości na drogach mniejszego znaczenia z uwzględnieniem zastosowanego strefowania prędkością i zastosowanych środków uspokojenia ruchu, co opisał w kolejnym punkcie rozprawy.

1.2. PRZEGLĄD ISTNIEJĄCYCH WYTYCZNYCH PROJEKTOWYCH DOTYCZĄCYCH USPOKOJENIA RUCHU I STREF WJAZDOWYCH

Poniżej przedstawiono przegląd zasad i procedur projektowych sformułowanych w wytycznych w wybranych krajach.

Anglia

Podstawy stosowania szykan zostały opracowane na podstawie badań eksperymentalnych przeprowadzonych w Laboratorium TRL [132, 133]. Badano w nich głównie wpływ wielkości odgięcia toru jazdy na redukcję prędkości. Ale stosowano przy eksperymencie różne elementy dodatkowe, np. wysokość krawężników i przeszkód bocznych np. barier drogowych, znaków drogowych umieszczonych w polu widzenia kierowcy bezpośrednio na szykanie i na jej zakończeniu. Ponadto w opracowaniu [132] zestawiono podstawowe nazewnictwo i rodzaje szykan oraz rozrózniono ich kształty. Te opracowania dały podstawy do kolejnych opracowań i wytycznych. W wytycznych projektowych [23, 122, 156, 158] szykany zaliczane są do środkowej grupy skuteczności spośród wszystkich środków uspokojenia ruchu, ponieważ nie gwarantują stuprocentowej redukcji prędkości v_{85} [156]¹⁶. Stosowanie szykan zalecane jest na drogach lokalnych i zbiorczych, na których docelowa prędkość powinna wynosić ok. 20 – 30 mph¹⁷. Nie powinno się ich stosować na drogach głównych. Podany jest również przedział szerokości pasa ruchu w zależności czy ruch odbywa się w jednym czy w dwóch kierunkach oraz wielkość odgięcia toru jazdy [156]¹⁸.

W nowszych wytycznych [158]^{19,20} (z 2007 r.) wskazane są ściśle zależności pomiędzy

¹⁶ Traffic Calming Guidelines, Devon 1992, pp. 28.

¹⁷ Przypis autora – 20 – 30 mph = 32 – 48 km/h.

¹⁸ Traffic Calming Guidelines, Devon 1992, pp. 38.

¹⁹ Traffic Calming. Local Transport Note 01/07, 2007, p. 77.

²⁰ D. Kacprzak, *Drogi - Budownictwo Infrastrukturalne* – 05/2016, s. 34-39, 06/2016, s. 26-32, 07-08/2016 s. 28-32.

prędkością, będącą efektem uspokojenia ruchu, a parametrami geometrycznymi zastosowanej szyki: długością, szerokością pasa ruchu oraz odgięciem toru jazdy. Parametry geometryczne były podane również we wcześniejszych wytycznych duńskich [165] (z 1991 r.) w zależności od kategorii pojazdów korzystających z danej drogi. Np. projektując szyki z uwzględnieniem ruchu pojazdów ciężarowych należy dodatkowo projektować, wg wytycznych [158], trapezowe progi zwalniające, które uniemożliwiają samochodom osobowym realizowania większych prędkości z uwagi na łagodniejszą geometrię szyki dostosowaną do gabarytów większych pojazdów, co autor opisał i zilustrował graficznie w publikacjach [74, 75]. Z oczekiwaną redukcją prędkości w rejonie szyki ściśle powiązany jest również kąt odgięcia toru jazdy, który ma gwarantować pożądany efekt spowolnienia ruchu. Ponadto należy podkreślić, że w wytycznych angielskich [158] zaleca się warunki stosowania szyki na jednokierunkowych drogach w zależności od SDR, wg wytycznych duńskich [165]. Szczegółowa analiza zaleceń zawartych w [23, 119, 156, 158] wykonana przez autora niniejszej rozprawy i opisana w pozycjach [73–75] wykazała, że dobór paramentów szyki jest uzależniony od pożądanej prędkości, do jakiej ma być ograniczony ruch na drodze, zarówno dla pojazdów osobowych, jak i ciężarowych. Brakuje natomiast zaleceń odnośnie wpływu zagospodarowania otoczenia drogi w rejonie szyki na redukcję prędkości i hałas.

W wytycznych [122, 135, 158] dodatkowo wprowadzono podział na trzy typy środków uspokojenia ruchu w zależności od kategorii efektywności ich stosowania wraz z przyporządkowanymi im oczekiwanymi prędkościami (tab. 1.2). W wytycznych [122, 159] znajduje się również szczegółowy opis odstępów pomiędzy różnymi typami środków uspokojenia ruchu w zależności od przyporządkowanej im kategorii skuteczności w strefie, w której oczekuje się ograniczenia prędkości do 20 mph²¹. Te zagadnienia jednak nie są dalej poruszane w niniejszej rozprawie, nie mniej jednak autor je szczegółowo opisał i zilustrował w pozycji [73–75].

Tab. 1.2. Kategorie skuteczności redukcji prędkości (opracowanie autora na podstawie [122])

Efektywność zmniejszenia prędkości	Kategoria skuteczności zastosowanego środka uspokojenia ruchu		
	A	B	C
	Prędkość zasadniczo zmniejszona	Prędkość ogólnie zmniejszona	Prędkość nieco zmniejszona
Średnia prędkość w obrębie środka uspokojenia ruchu, km/h	10 mph (16 km/h)	15 mph (24 km/h)	20 mph (32 km/h)
Przykład zastosowanego środka uspokojenia ruchu	kontrola prędkości	zwężenie jezdni	szyki
Minimalna odległość widoczności, m	20	25	35

²¹ Przypis autora – 20 mph \approx 30 km/h.

Ponadto w szczegółowych zaleceniach zawartych w wytycznych [122] wyróżnia się kilka rodzajów szykan oraz różnych ich konfiguracji z obszernym uzasadnieniem warunków, jakie muszą być spełnione pod względem natężenia ruchu, dostępnej szerokości pasów ruchu oraz rodzaju drogi. W zaleceniach projektowych podane są m.in.²²: długości i szerokości szykan, odgięcie toru jazdy, parametry oznakowania poziomego w zależności od przewidywanej średniej prędkości dla samochodów osobowych i pojazdów ciężarowych, co autor niniejszej rozprawy szczegółowo opisał i zilustrował w publikacjach [73–75].

Dania

Według wytycznych duńskich [128²³, 165²⁴, 164], przy doborze typu środka uspokajania ruchu i uwzględnieniu zapewnienia poprawnego jego funkcjonowania, powinno się brać pod uwagę przede wszystkim trzy aspekty, tj. rodzaj drogi, prędkość dopuszczalną oraz średni dobowy ruch SDR. Każdy z tych czynników podzielono na podkategorie i przyporządkowano im dopuszczalne możliwe rodzaje środków uspokajania ruchu. Środki uspokajania ruchu w postaci szykan w zależności od ich rodzaju i zastosowanej geometrii mogą być projektowane zarówno na dwukierunkowych drogach dwupasowych głównych, jak i lokalnych, niezależnie od SDR. Jednak przy prędkości ≥ 60 km/h zalecane jest stosowanie szykan ukośnych połączonych z wykrzywieniem toru jazdy [165]²⁵. Nie zaleca się stosowania wówczas stosowania wyniesionej powierzchni²⁶ czy zwężenia pasów ruchu poprzez zastosowanie w osi jezdni szykany o kształcie prostokątnym lub soczewkowym²⁷.

W zależności od docelowej prędkości, przewidzianej w uspokojeniu ruchu, w rejonie szykany w w/w wytycznych [164] określono zalecaną do zastosowania szerokość pasa ruchu oraz długość szykany i wielkość prześwietu, będącego miarą odgięcia toru jazdy. Pozwala to na dobór odpowiednich parametrów geometrycznych w planowanym rozwiązaniu projektowym w zależności od pożądanej prędkości, z jaką mają poruszać się pojazdy w rejonie szykany. Dodatkowo jeszcze zalecane parametry geometryczne uzależnione są od kategorii pojazdów, tj. inne wartości parametrów zalecane są przy ruchu pojazdów ciężarowych i autobusów, a inne przy ruchu tylko samochodów osobowych.

²² Roads development guide, South Ayrshire Council, 1995, pp. 93-94, 107-110, 119.

²³ Rules for road and paths in rural areas, Booklet 4.1, 2000, pp. 129-134.

²⁴ Urban Traffic Areas, Booklet 3, 2000, pp. 11-23.

²⁵ Urban Traffic Areas, Booklet 7, 1991, table 17, p. 22, oraz D. Kacprzak [82], s. 38, ryc. 2, oznaczenie 5, tab. 1.

²⁶ Ibidem, table. 17, p. 22, D. Kacprzak [82], s. 38, ryc. 2, oznaczenie 6, tab. 1.

²⁷ Ibidem, table. 17, p. 22, D. Kacprzak [82], s. 38, ryc. 2, oznaczenie 7, tab. 1.

Ponadto w wytycznych [164]²⁸ w sposób ogólny podane są zalecane odstępy pomiędzy następującymi po sobie środkami uspokojenia ruchu w zależności od oczekiwanego pożądanego ograniczenia prędkości w danej strefie, bez rozróżniania, jaki jest to środek uspokojenia ruchu. Szczegółową analizę zaleceń zawartych w [128, 164, 165] autor rozprawy przedstawił w publikacjach [82, 83]. Zdaniem autora rozprawy brak jest w wytycznych określenia wpływu rodzaju zastosowanego środka uspokojenia ruchu na minimalne oraz maksymalne odległości między nimi.

Holandia

W wytycznych holenderskich [157] zaleca się stosowanie szykan na drogach osiedlowych, lokalnych i zbiorczych. Natomiast w odniesieniu do strefy wjazdowej zaleca się stosowanie oprócz znaków drogowych z podaną dopuszczalną prędkością, zwężeń jezdni z ich kumulacją przed bramą wjazdową. W tym miejscu należy odwołać się do najnowszych badań Lantieri, Lamperti, Simone i in. [102]²⁹, którzy na podstawie badań przeprowadzonych na włoskich drogach zalecili, by wysokość bramy wjazdowej (drzew lub specjalnych konstrukcji budowlanych) była większa niż szerokość jezdni. Ponadto brama wjazdowa powinna się znajdować dokładnie na wysokości początku strefy o mniejszej prędkości i nie powinna być łączona z szykaną, gdyż wówczas mogą powstać sytuacje wypadkowe związane z blokowaniem szerokości przejazdu przez pojazd wyjeżdżający ze wsi. Na drogach lokalnych na terenie zabudowanym w wytycznych [157] zaleca się stosowanie wyznaczonych odległości pomiędzy kolejnymi środkami uspokojenia ruchu. Podany jest przedział minimalnych i maksymalnych odległości bez rozróżniania środków uspokojenia ruchu z zastrzeżeniem, że prędkość rozwijana pomiędzy nimi nie może być większa niż prędkość dopuszczalna w danej strefie. Dalej w wytycznych [157] podane są oczekiwane redukcje prędkości³⁰ oraz udział zmniejszenia liczby zdarzeń drogowych z odwołaniem na wytyczne angielskie [122] i duńskie [165, 164]. Brak natomiast jest ścisłych wytycznych odnośnie projektowania szykan i ich lokalizacji na długości strefy wjazdowej [157]³¹.

²⁸ Ibidem, fig. 52, p. 53.

²⁹ C. Lantieri i in., 2015, p. 50.

³⁰ Traffic calming schemes, 2003, p. 29.

³¹ Ibidem, 2003, pp. 28-32.

Irlandia

Wytyczne projektowe irlandzkie [52, 160] zalecają stosowanie zwężenia jezdni i stosowanie szykan w zależności od klasy dróg, na których możliwe jest stosowanie uspokojenia ruchu w postaci szykan. Przy czym zalecenia nakierowane są raczej na teren zabudowany nie na drogi tranzytowe w strefach wjazdowych, wynika to m.in. z wartości prędkości podanych w tab. 1.3, wspomagających zalecenia ilustracji ze skrzyżowaniami i miejscami parkingowymi [52]³²; [160]³³ i przy podanym SDR na danej ulicy, tj. przy ulicy jednokierunkowej o SDR = 3–7 tys. P/24h, a przy ulicy dwukierunkowej o SDR = 7 tys. P/24h [160].

Tab. 1.3. Zestawienie 85% kwantyla prędkości i prędkości średniej wg danych z wytycznych [160]³⁴

Typ ulicy	Prędkość odnotowana na przejeździe przez szykanę mph – km/h		Prędkość odnotowana pomiędzy kolejnymi szykanami mph – km/h	
	Kwantyl 85%	Prędkość średnia	Kwantyl 85%	Prędkość średnia
jednokierunkowa	21–30 mph – 34–48 km/h	18–23 mph – 29–37 km/h	27 mph – 43 km/h	23 mph – 37 km/h
dwukierunkowa	25–38 mph – 40–61 km/h	21–33 mph – 34–53 km/h	34 mph – 58 km/h	31 mph – 50 km/h

W wytycznych [160]³⁵ podane są także zalecenia odnośnie odległości pomiędzy kolejnymi szykanami, zbliżone do odległości pomiędzy progami zwalniającymi, również w nawiązaniu do wytycznych angielskich [122]. Natomiast w odniesieniu do parametrów geometrycznych ograniczono się tylko do szerokości jezdni na zwężeniu, promienia wyokrąglającego szykanę i odległości pomiędzy kolejnymi szykanami [52]³⁶.

Kanada

W Kanadzie środki uspokojenia ruchu dopuszczone są do stosowania na drogach lokalnych i zbiorczych o maksymalnym średniodobowym natężeniu ruchu odpowiednio równym 2500 P/24h i 8000 P/24h i prędkości 30–50 km/h [25,155]. Szczegółowo opisane są wymogi dotyczące geometrii poszczególnych elementów szykan. Podany są minimalne i maksymalne szerokości pasów ruchu oraz minimalna szerokość i długość wyspy. Spodziewane rezultaty redukcji prędkości przy stosowaniu szykan wynoszą od 3 do 8 km/h [25]. Podane rozwiązania nie odnoszą się natomiast do stref wjazdowych do małych

³² Guidelines on traffic calming for towns and villages, 2005, pp. 63-66.

³³ Traffic management guidelines, Department of Transport An Roinn Iompair, 2002, pp. 98 – 100.

³⁴ Traffic management guidelines, Department of Transport An Roinn Iompair, 2002, p. 100.

³⁵ Traffic management guidelines, Department of Transport An Roinn Iompair, 2002, pp. 98 – 100.

³⁶ Guidelines on traffic calming for towns and villages, 2005, pp. 65-67.

miejscowości oraz do wpływu zagospodarowania na skuteczność oddziaływania szykany na redukcję prędkości.

Niemcy

W wytycznych niemieckich [35] odniesiono się głównie do zaleceń geometrycznych i wymiarów szykany, z których wynika, że prawidłowo zaprojektowana szykana w centrum miejscowości musi mieć odpowiednie proporcje pomiędzy długością, szerokością pasa ruchu, wielkością odgięcia toru jazdy, przy stałym kącie odgięcia wynoszącym 45° . Proporcjonalne wymiary geometryczne pomiędzy w/w czynnikami, są odczytywane z wykresu [35]³⁷, z zastrzeżeniem jednak, że jeśli szykany stosowane są na drogach, po których poruszają się pojazdy ciężarowe, to długość szykany należy wtedy obowiązkowo wydłużyć o połowę. Spodziewane np. prędkości przejazdu autobusów w rejonie szykany określone są w zależności od długości i głębokości szykany przy szerokości pasa 3,25 m. Autor niniejszej rozprawy szczegółowo to scharakteryzował i zilustrował w publikacjach [80, 81].

W odniesieniu do szykan zlokalizowanych w strefach wjazdowych główne założenie sformułowane w wytycznych niemieckich [35] bazuje na redukcji prędkości do 50 km/h obowiązującej w terenie zabudowanym w podanym zakresie szerokości pasów ruchu. Przedstawione są m.in. parametry geometryczne szykany w zależności od rodzaju i odgięcia toru jazdy. Podane są również minimalne wartości odgięcia toru jazdy, które wg wytycznych [35] mają największy wpływ na redukcję prędkości przy zadanej konkretnej długości szykany. Autor niniejszej rozprawy szczegółowo przedstawił te zalecenia w pozycjach [80 i 81], dodatkowo ilustrując je zdjęciami szykan wybudowanych w Polsce.

Analiza niemieckich wytycznych wykazała, że istotną rolę w redukcji prędkości w strefach wjazdowych odgrywa również zagospodarowanie terenu i sposób nasadzenia drzew, zarówno na powierzchni szykany, jak i na poboczach. Z wyrażonych w [35]³⁸ opinii proponowany sposób nasadzenia drzew ma powodować efekt bramy wjazdowej i dzięki niemu ma wpływać na percepcję kierowców i wspólnie powodować zmniejszenie prędkości.

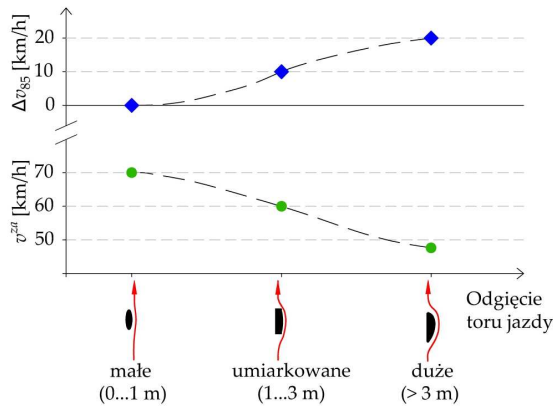
Bardzo istotne pod względem poznawczym w odniesieniu do zagadnień poruszanych w niniejszej rozprawie są wyniki badań przedstawione w [171]³⁹, przedstawione na ryc. 1.4

³⁷ Directives ..., 2006, p. 101, Figure 98.

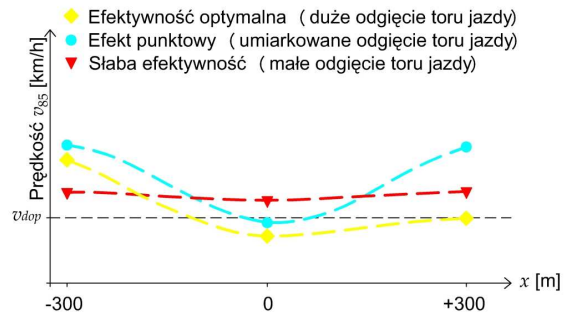
³⁸ Ibidem, 2006, pp. 100 – 102.

³⁹ Wirksamkeit ..., 1997, pp. 9 i 11.

i 1.5, z których wynika, że oczekiwana redukcja prędkości zależy przede wszystkim od odgięcia toru jazdy, rodzaju i lokalizacji szykany.



Ryc. 1.4. Zależność redukcji prędkości od rodzaju szykany i wielkości odgięcia toru jazdy (opracowanie autora na podstawie [171])



Ryc. 1.5. Długość oddziaływania szykany na prędkość w zależności od odgięcia toru jazdy (opracowanie autora na podstawie [171])

Zdaniem autora niniejszej rozprawy w niemieckich wytycznych [35, 171], są ściśle określone parametry projektowe w zakresie geometrii szykan i oszacowania redukcji prędkości, jednak brak jest pomiędzy nimi spójności opracowania i szczegółowych wniosków. Brak jest także zaleceń związanych z określeniem lokalizacji szykany i jej odległości od innych środków uspokojenia ruchu, co w dużej mierze gwarantowałoby utrzymanie zredukowanej prędkości na wymaganym poziomie podczas przejazdu przez daną miejscowość.

Polska

W wytycznych [175, 179], opisane są warunki i zalecenia, jakie należy spełnić przy projektowaniu środków uspokojenia ruchu z naciskiem na zachowanie przejezdności wszystkich rodzajów pojazdów, zachowaniu dobrej widoczności oraz płynności drogi. Zalecane są również prędkości w strefach ruchu uspokojonego w zależności od klasy drogi. Znajduje się również ogólna wzmianka, aby „...łączyć elementy uspokojenia ruchu wraz z całościowym kształtowaniem otoczenia w taki sposób, aby oddziaływać na redukcję prędkości poprzez obraz przestrzeni drogi...”⁴⁰. Podkreśla to, zatem fakt istoty problemu rozważanego w niniejszej rozprawie dotyczącego uwzględnienia istniejącego zagospodarowania terenu w celu prawidłowego lokalizowania środków uspokojenia ruchu i osiągnięcia jak największej ich skuteczności. Dostyc szczegółowo opisane są również zasady

⁴⁰ WPSD cz. I, 2001, pkt 6.1.4 podpunkt 4), s. 152.

projektowania geometrii szykan z podaniem zakresów ich długości, szerokości wysp dzielących, promieni wyokrąglających oraz wartości skosów załamania osi i krawędzi pasa ruchu. Podane są przykładowe kształty szykan, jednak brak jest konkretnych danych i wartości, jaką geometrię należy zastosować, aby uzyskać żadaną prędkość w rejonie szykany [175]⁴¹. W kolejnych wytycznych [177, 186] również można znaleźć hierarchizację sieci drogowej w terenie zabudowanym z wyszczególnieniem, na jakich drogach można projektować środki uspokojenia ruchu. Podobnie jak w poprzednich wytycznych w [186]⁴², wskazana jest analiza najbliższego otoczenia drogi i odpowiedni dobór środków uspokojenia ruchu pod tym względem, ponieważ zagospodarowanie może wpływać na wyznaczenie stref prędkości w obrębie danego rejonu.

Zakres stosowania środków uspokojenia ruchu w zależności od natężenia ruchu, pożądanej prędkości oraz rodzaju drogi przedstawiono w opracowaniu [93, 186] na podstawie wytycznych duńskich [164], a wpływ poszczególnych środków uspokojenia ruchu na warunki drogowo-ruchowe przedstawiono na podstawie wytycznych amerykańskich [46]⁴³. Wytyczne polskie odnoszą się do szeregu problemów, które powinny być analizowane podczas projektowania uspokojeniu ruchu, począwszy od dróg, na jakich może być stosowane, poprzez zalecenia geometrii szykan oraz konieczność brania pod uwagę najbliższego otoczenia drogi. Brak jest jednak szczegółowych analiz i rozwiązań odnośnie wpływu zagospodarowania na rozmieszczenie szykan, a tym samym na ich skuteczność w redukcji prędkości.

Szwecja

Wytyczne [131] odnoszą się do stosowania szykan w strefach wjazdowych w kontekście poinformowania kierowców o zbliżaniu się do obszaru zabudowanego i konieczności dostosowania prędkości do nowych innych warunków niż w terenie niezabudowanym. Wytyczne projektowe [131] skupiają się na geometrii szykany związanej ze stosowaniem odpowiednich promieni wyokrąglających w zależności od wymaganej prędkości dopuszczalnej. Do stosowania w strefach wjazdowych przewidziane są szykany jednostronne, tj. z odgięciem tylko jednego – wjazdowego pasa ruchu oraz szykany z odgięciem zarówno wjazdowego, jak i wyjazdowego pasa ruchu. W innej szwedzkiej publikacji dotyczącej tego problemu Hummel i in. [60] wskazali na ogólne pozytywne oddziaływanie szykan drogowych

⁴¹ Ibidem, s. 151-159. s. 151-159.

⁴² Zasady uspokajania ruchu ..., 2008, s. 22, 26.

⁴³ GAMBIT, 2008, s. 171, 175

na zmniejszenie częstotliwości zdarzeń drogowych, jednak szczególną uwagę zwrócili na problem najeżdżania kół pojazdów na konstrukcję wyspy. W związku z koniecznością poprawy bezpieczeństwa ruchu oraz wyeliminowania tego typu sytuacji autorzy zwrócili szczególną uwagę na odpowiednie oznakowanie i oświetlenie szykan drogowych.

USA

W wytycznych amerykańskich [113], stosowanie szykan zalecane jest na drogach jedno- lub dwukierunkowych o $SDR \leq 3500$ P/24h i prędkości poniżej 40 mph⁴⁴. Według danych podanych w [113] redukcja prędkości szacowana jest na ok 5-13 mph⁴⁵ podczas przejazdu przez szykanę oraz 1-6 mph⁴⁶ w jej rejonie. W sposób graficzny określono typowe szerokości pasa na ulicach jedno- i dwukierunkowych, kąt odgięcia trajektorii ruchu na wlocie i wylocie, szerokość szykany oraz przedział odgięcia toru jazdy [113]⁴⁷. Jednak są to zasady podane w odniesieniu do szykan lokalizowanych bezpośrednio w terenach zabudowanych. Natomiast wg innych wytycznych [26, 51⁴⁸] szykany mogą być stosowane na ulicach w dzielnicach mieszkalnych oraz na drogach zbiorczych. Charakteryzuje je wówczas wysoka efektywność redukcji prędkości 8-17% oraz umiarkowany wpływ na redukcję liczby zdarzeń drogowych [26]⁴⁹. Brak jednak jest szczegółowych wytycznych dotyczących zależności dobranej geometrii szykany na redukcję prędkości oraz wpływu zagospodarowania otoczenia drogi na lokalizację szykan.

Na podstawie wytycznych [159] promienie łuków poziomych szykan projektowane są na podstawie wzoru matematycznego zaczerpniętego z wytycznych dotyczących projektowania geometrii dróg [2]⁵⁰. W wytycznych [159] dopuszczono stosowanie horyzontalnych środków uspokojenia ruchu i określono w tych przypadkach maksymalny możliwy do zastosowania promień w zależności od dopuszczalnej prędkości w rejonie danego środka uspokojenia ruchu, przy założonym dopuszczalnym dyskomforcie oddziaływania na kierowców i zapewnieniu bezpieczeństwa ruchu i przeciwdziałaniu poślizgom w normalnych warunkach jazdy w środowisku miejskim. Jednak stosowanie zalecanych

⁴⁴ Przypis autora ok. 64 km/h.

⁴⁵ Ibidem, 8–24 km/h.

⁴⁶ Ibidem, ok. 2–10 km/h.

⁴⁷ Pennsylvania's Traffic Calming Handbook, 2012, pp. 29-31.

⁴⁸ Guidelines for Traffic Calming, 2007, p. 22 oraz p. 26.

⁴⁹ City of San Diego ..., 2006, pp. 37; p. 43 T2; p. 45 T4; p. 46 T5.

⁵⁰ *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C. 2004.

w [159] promieni⁵¹ wymaga indywidualnego rozpatrywania w przypadku projektowanych szykan. W przypadku konieczności zapewnienia bezpiecznego przejazdu pojazdów ciężarowych, ww. wytyczne także bazują na zaleceniach sformułowanych w AASHTO i odwołują się do minimalnych szerokości i promieni tam zawartych dla pojazdów osobowych, ciężarowych i pojazdów ciężarowych z naczepami. Geometryczne wytyczne projektowania szykan zawarte w ww. wytycznych [159] odnoszą się do wytycznych kanadyjskich⁵². Wyznaczają one kąt odgięcia trajektorii ruchu pojazdów podczas przejazdu wzdłuż szykany, promień wyokrąglenia oraz szerokości pasów. Natomiast podane w [159] odległości pomiędzy środkami uspokojenia ruchu odnoszą się tylko do progów zwalniających. W wytycznych [159] są również doświadczenia z Anglii, Australii oraz Danii i podane są odległości między nimi bez rozróżniania środków uspokojenia ruchu, choć na podstawie analizy danych z ww. krajów, zależności prędkości od odstępów pomiędzy środkami uspokojenia są do siebie zbliżone [159]⁵³.

Podsumowując, brak jest wyczerpujących opracowań, które pozwoliłyby na dobór geometrii szykany w zależności od wymaganej redukcji prędkości. Nie ma również danych dotyczących kształtowania przestrzeni w obrębie szykan oraz wpływu geometrii jezdni i najbliższego otoczenia drogi na skuteczność redukcji prędkości.

1.3 ANALIZA PORÓWNAWCZA ISTNIEJĄCYCH WARUNKÓW PROJEKTOWYCH DOTYCZĄCYCH PROJEKTOWANIA WYKRZYWIENIA TORU JAZDY I STOSOWANIA SZYKAN W STREFACH WJAZDOWYCH

Z przeglądu wytycznych krajowych i zagranicznych scharakteryzowanych w pkt 1.2 niniejszej rozprawy wynika, że w wielu krajach, choć kierowano się podstawowymi przesłankami zawartymi w wytycznych [60, 122, 159, 158, 164] do zagadnień projektowych w strefach wjazdowych zastosowano inne podejście. W wytycznych [122, 158] głównie kierowano się zasadami uspokojenia ruchu w miejscach zabudowy rodzinnej i wprowadzono trzy kategorie środków uspokojenia ruchu ze względu na otrzymaną efektywność. W wytycznych [164] odniesiono się również do warunków projektowania uspokojenia ruchu na terenach zabudowanych i stosowania wielu różnorodnych środków uspokajania ruchu

⁵¹ Traffic Calming: State of the Practice, chapter 4, pp. 79, chapter 9 p. 172.

⁵² Corporate Report from Transportation and Environmental Services, 1998, pp. 4–10.

⁵³ Traffic calming: State of the Practice ITE/FHWA, August 1999, pp. 38, 63, 66-68, 79, 171-174.

wzdłuż lokalnych ulic i na skrzyżowaniach z niewielkim natężeniem ruchu. Głównie do projektowania uspokojenia ruchu w strefie wjazdowej odnoszą się jednak zalecenia zawarte w opracowaniu [161]. W nich jednak powołano się na wyniki opublikowane w [14]. Są to wyniki z badań przeprowadzonych w odniesieniu do różnych kształtów szykan zlokalizowanych w strefie wjazdowej i podanych funkcji zależnościowych określenia v_{85} i v_{sr} . Wnioski z kolejnych badań prowadzonych z zastosowaniem symulatorów ruchu [3, 6, 8, 19, 37, 102] dotyczą różnych elementów szykan: promieni wyokrąglających kształt szykany i krawędzie drogi, skosów odgięcia toru jazdy, długości szykany itd. Oprócz podstawowych danych dotyczących geometrii wykrzywienia toru jazdy w kilku publikacjach badano wpływ widoczności dalszej perspektywy drogi przy różnej wartości prędkości, wnioski z tych badań opublikowano w publikacjach [30, 34, 44, 96, 102, 106, 121, 182]. Szczególnie istotne wnioski, zdaniem autora rozprawy opublikowano w [102], zajmując się głównie fiksacją wzroku kierowcy przenoszona na różne elementy przestrzennego otoczenia strefy wjazdowej i szykany. Rezultaty z tych badań wiążą się z zaleceniami zwrócenia uwagi kierowców, (wymienionymi w wytycznych [36, 157, 160]), odnośnie stosowania zieleni, bram wjazdowych i oświetlenia danego odcinka drogi i w rejonie szykany. Ostatnie badania związane są z rozwojem nowoczesnych technologii solarnych i stosowania ich w oznakowaniu drogowym na znakach drogowych i elementach punktowych stosowanych w krawężnikach i krawędzi jezdni, co szczegółowo opisano w publikacjach [63, 64, 66, 136].

Najbliższe zagadnieniom poruszonym w niniejszej rozprawie są treści przedstawione w publikacji [171], w której uwzględniono zarówno kształt szykany, odgięcie toru jazdy i lokalizację. Jednak wskazówki zawarte w wytycznych [35, 157, 160] odnośnie wpływu przestrzennego otoczenia drogi na realizowane prędkości i ich redukcje wskazują, że zagadnienie wpływu zagospodarowania otoczenia strefy wjazdowej jest zagadnieniem ważnym i słabo do tej pory rozwiązany.

Porównanie kryteriów zastosowanych w analizowanych wytycznych w odniesieniu do doboru danego środka uspokojenia ruchu przedstawiono w tab. 1.4.

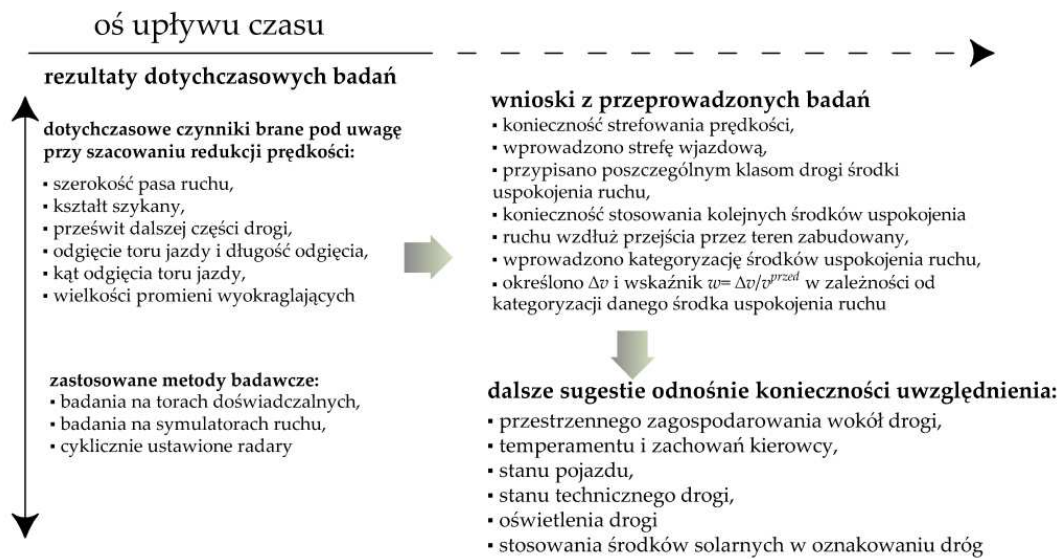
Analiza spełnienia kryteriów przedstawionych w tab. 1.4, branych pod uwagę w wytycznych obowiązujących w poszczególnych krajach, pozwala stwierdzić, że zagadnienie projektowania szykan drogowych w literaturze przedmiotu jest szeroko rozwinięte i różnie interpretowane. Nierzadko wytyczne odwołują się do doświadczeń z innych krajów i przenoszą ich praktyki na swój własny grunt. Stan dotychczasowych badań w różnych krajach przedstawiono na ryc. 1.6.

Tab. 1.4. Porównanie kryteriów stosowanych w wytycznych polskich i wybranych wytycznych zagranicznych pomocnych w doborze i stosowaniu szykan, jako środków uspokojenia ruchu

L.p.	Kryteria uwzględniane w wytycznych projektowych, dotyczące doboru danego rodzaju szykany, jako środka uspokojenia ruchu	Analizowany kraj								
		Dania	Anglia	Szwecja	Niemcy	Polska	USA	Kanada	Holandia	Irlandia
1	Ograniczenia stosowania szykan w zależności od natężenia ruchu na drodze	+	+ ²⁾	-	-	+ ²⁾	+	+	-	+
2	Ograniczenia stosowania szykan w zależności od klasy i rodzaju drogi	+	+	+	-	+	+	+	+	+
3	Wytyczne projektowe dotyczące geometrii drogi w zależności od pożądanej prędkości na drodze (w zasadzie dotyczące warunków projektowych w odniesieniu do samochodów osobowych)	+	+	+	+	+	+	-	-	+
4	Wytyczne projektowe dotyczące geometrii drogi przeznaczonych do ruchu także innych pojazdów niż samochody osobowe	+	+	-	+	+/- ₁₎	+	-	-	-
5	Spodziewane efekty redukcji prędkości	+	+	+	+	+ ²⁾	+	+	+/-	+
6	Zależność zredukowanej prędkości od odległości pomiędzy zastosowanymi środkami uspokojenia ruchu	+/- ₃₎	-	-	- ⁴⁾	-	+/- _{2),3)}	-	+/- ₃₎	+/- ₃₎
7	Dobór środków uspokojenia ruchu z uwzględnieniem ich wpływu na poziom hałasu drogowego generowanego przez spowolniony ruch drogowy	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Analiza wpływu geometrii jezdnii na skuteczność redukcji prędkości przy stosowaniu szykan	-	-	-	-	+/- ₅₎	-	-	-	-
9	Analiza wpływu zastosowanej w pobliżu szykan organizacji ruchu na skuteczność redukcji prędkości przy stosowaniu szykan	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	Analiza wpływu zagospodarowania terenu lub kształtowania przestrzeni publicznej na skuteczność redukcji prędkości przy stosowaniu szykan lub innych środków uspokojenia ruchu	-	-	-	-	+/- ₅₎	-	-	-	-

Opracowanie autora na podstawie wytycznych wymienionych w pkt 1.2. W tabeli zastosowano następujące oznaczenia „+” oznacza, że dane kryterium jest sformułowane w danych wytycznych, natomiast „-” oznacza, że tego kryterium w nich nie uwzględniono.

- 1) brak konkretnych danych – w wytycznych wprowadzono jedynie konieczność dostosowania parametrów pasów ruchu do możliwości ruchu pojazdów miarodajnych,
- 2) przy tym kryterium zastosowano powołanie na wytyczne zagraniczne,
- 3) odległości między środkami uspokojenia ruchu są niezależnie od ich rodzaju,
- 4) w wytycznych [35] uwzględniono jedynie zależność prędkości od odległości pomiędzy zastosowanymi różnego rodzaju progami,
- 5) zauważenie w wytycznych [175] istoty problemu, ale bez podania dalej szczegółowych czy ogólnych zaleceń.



Ryc. 1.6. Stan dotychczasowych badań i sformułowane na ich podstawie wnioski

1.4 GENEZA PODJĘCIA TEMATU

Podsumowując powyższe analizy i rozważania należy odnieść się także do prędkości dopuszczalnych na drogach tranzytowych i prędkości obowiązujących w terenie zabudowanym. Te zagadnienia są wprowadzane odpowiednimi przepisami drogowymi. Np. w wytycznych nowozelandzkich [100] odniesiono się do wartości prędkości podanych na znakach drogowych i odnotowanych z pomiarów, co przedstawiono tab. 1.4. Średnia prędkość i kwantyl 85% prędkości na drodze nie powinny być znacząco większe niż prędkości podane w tabeli 1.4. Przy czym na drogach tranzytowych „o średnim i dużym natężeniu ruchu istotne jest także uwzględnienie odchylenia standardowego, ponieważ przy wąskim rozkładzie prędkości otrzymuje się małe różnice prędkości wzdłuż drogi, więc są to warunki w miarę bezpieczne, a na drogach z szerokim rozkładem prędkości odnotowuje się bardziej niebezpieczne warunki ruchu”⁵⁴. Biorąc powyższe pod uwagę w wytycznych [100] zaleca się, przy wielkościach przekraczających wykazane w tab. 1.5 stosowanie zróżnicowanych środków uspokojenia ruchu.

Tab. 1.5. Zestawienie prędkości średnich i kwantyla 85% na tranzytowych dwupasowych drogach dwukierunkowych [100]

Prędkości obowiązujące na drodze	Średnia prędkość wyznaczona z pomiarów	Kwantyl 85% prędkości wyznaczony z pomiarów
50 km/h	50 km/h	60 km/h
60 km/h	60 km/h	70 km/h
70 km/h	70 km/h	80 km/h

⁵⁴ Land Transport Safety Authority of New Zealand, 2003, p. 52.

Analiza wniosków z badań redukcji prędkości w strefach wjazdowych sformułowanych po badaniach prowadzonych na symulatorach ruchu [24, 97, 144] dotyczących koniecznego uwzględnienia oprócz zastosowanych środków uspokojenia ruchu również udziału otoczenia drogi w oddziaływaniu na percepcję kierowcy i ostatecznych wyników redukcji prędkości można sformułować hipotezę o konieczności poświadczenia tych wyników. Również podobne wnioski o uwzględnieniu krajobrazu otaczającego strefę wjazdową można wysnuć z badań opisanych w publikacjach [109, 110, 145, 146]. Autorzy ww. prac sugerowali zastosowanie kategoryzacji wpływu krajobrazu na percepcję kierowcy i uświadomieniu mu konieczności redukcji prędkości. Dodatkowo jeszcze w pracach [2, 98] do wpływu krajobrazu dołączono jeszcze wpływ geometrii drogi przed strefą wjazdową i za strefą, wraz z elementami widoczności dalszej perspektywy drogi. W ww. pracach, choć znaczny wpływ krajobrazu na redukcję prędkości bardzo podkreślano, to jednak nie formułowano w nich żadnych parametrów jakościowo-ilościowych tą zależność określających.

Jedynie w pracach [99, 100, 101] zastosowano kategoryzację otoczenia drogi, ale to już na styku strefy wjazdowej i terenu zabudowanego w większej miejscowości, gdyż uwzględniano budynki mieszkalne, budynki użyteczności publicznej i liczbę zjazdów do tych budynków, liczbę miejsc parkingowych przy drodze, liczbę mieszkańców ogółem w danym terenie zabudowanym, na różnych długościach przejścia drogi tranzytowej przez również skategoryzowany teren zabudowany (przedmieścia, miasta, tereny przemysłowe, tereny komercyjne, teren rolniczy otwarty lub z luźną zabudową, itd.). Wyniki tych ocen prowadzonych w opracowanym systemie komputerowym wskazują ile powinno być uwzględnianych elementów otoczenia drogi w różnym terenie, przy wyznaczonej oczekiwanej prędkości wjazdowej w teren zabudowany.

Natomiast w pracach [7, 101, 144], dodatkowo jeszcze sformułowano na podstawie przeprowadzonych badań doświadczalnych na istniejących drogach wnioski o stosowaniu różnych elementów organizacji ruchu, dotyczących stosowania tylko znaków drogowych lub różnego oznakowania poziomego. Wnioski otrzymane z przeprowadzonych badań można podsumować następująco: samo stosowanie znaków ograniczenia prędkości po krótkim czasie zastosowania na drodze (ok. dwóch tygodni) jest nieskuteczne. A stosowanie wraz ze znakami ograniczenia prędkości jednostronnej szyki o szerokości równej szerokości pasa ruchu wjazdowego jest skuteczne, ale tylko na krótkim fragmencie drogi. Jeśli na odcinku ok. 200 m za szukaną kierowca nie ma powtórzonych różnych innych środków uspokojenia ruchu,

to redukcja prędkości jest tylko lokalna, czyli dotyczy wyłącznie najbliższego obszaru drogi z wybudowaną szykaną.

Podsumowując powyższe rozważania można stwierdzić, że brakuje sprecyzowanych zasad oceny wpływu warunków otoczenia drogi, warunków drogowych i zastosowanego systemu organizacji ruchu na oczekiwaną redukcję prędkości w strefie wjazdowej na drogach mniejszego znaczenia. Biorąc powyższe pod uwagę autor niniejszej rozprawy podjął się tego zadania i sformułował tezę, przedstawioną w drugim rozdziale.

1.5 PODSUMOWANIE

Na podstawie przedstawionego przeglądu wytycznych projektowych i porównania kryteriów stosowania środków uspokojenia ruchu, w szczególności szykan w strefach wjazdowych do wsi można stwierdzić, że ogólnodostępne są dane dotyczące szczegółów projektowania detali szykan oraz spodziewanych redukcji prędkości. W analizowanych wytycznych wspomniane jest wiele innych kwestii, związanych z procesem projektowania stref uspokojenia ruchu i doboru odpowiednich do tego środków, łącznie z analizą układu drogowego, organizacji ruchu i zagospodarowania otoczenia, ale w głównej mierze w terenie zabudowanym.

Jednak w żadnych z analizowanych wyżej wytycznych lub publikacji nie ma szczegółowej analizy skuteczności szykan na redukcję prędkości, zastosowanych w strefach wjazdowych, z uwzględnieniem zagospodarowania najbliższego otoczenia, kształtowania przestrzeni publicznej, geometrii jezdni oraz organizacji ruchu.

Rozdział 2

TEZA, CEL I ZAKRES ROZPRAWY

2.1 CEL ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

W świetle przedstawionego w rozdziale 1 przeglądu krajowych i zagranicznych wytycznych projektowych w zakresie projektowania środków uspokojenia ruchu, w niniejszej rozprawie zostaną szerzej rozwinięte zagadnienia dotyczące skuteczności stosowania szczególnie szykan w strefach wjazdowych do wsi znajdujących się wzdłuż przebiegu dróg wojewódzkich w zachodniopomorskim województwie. Uwzględniając niejednakowe wymagania projektowe sformułowane w wytycznych projektowych zagranicznych i krajowych oraz różne typy szykan zastosowanych w strefach wjazdowych, autor niniejszej rozprawy założył, że w pierwszej kolejności zostanie zbadana ich skuteczność na redukcję prędkości.

Celem niniejszej rozprawy jest identyfikacja determinant poświadczających skuteczność zastosowanych na drogach wojewódzkich różnego rodzaju szykan drogowych w strefach wjazdowych do wsi na oczekiwaną redukcję prędkości. Uwzględniając, że obecnie stosuje się na drogach wojewódzkich różnego rodzaju szykany drogowe, w niniejszej rozprawie zwrócono szczególną uwagę na osiągniętą redukcję prędkości ze względu na rodzaj zastosowanej szykany, zagospodarowanie terenu w najbliższym jej otoczeniu, układ drogowy, zarówno ją poprzedzający, jak i po niej następujący.

2.2 TEZA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Na podstawie przeglądu warunków projektowania środków uspokojenia ruchu sformułowanych w zagranicznych i krajowych wytycznych projektowych w niniejszej rozprawie sformułowano następującą tezę rozprawy:

- **Istnieje możliwość oszacowania i identyfikacji determinant zagospodarowania terenu i organizacji ruchu zastosowanej na danym układzie drogowym, które wraz z rodzajem zastosowanej szykany drogowej**

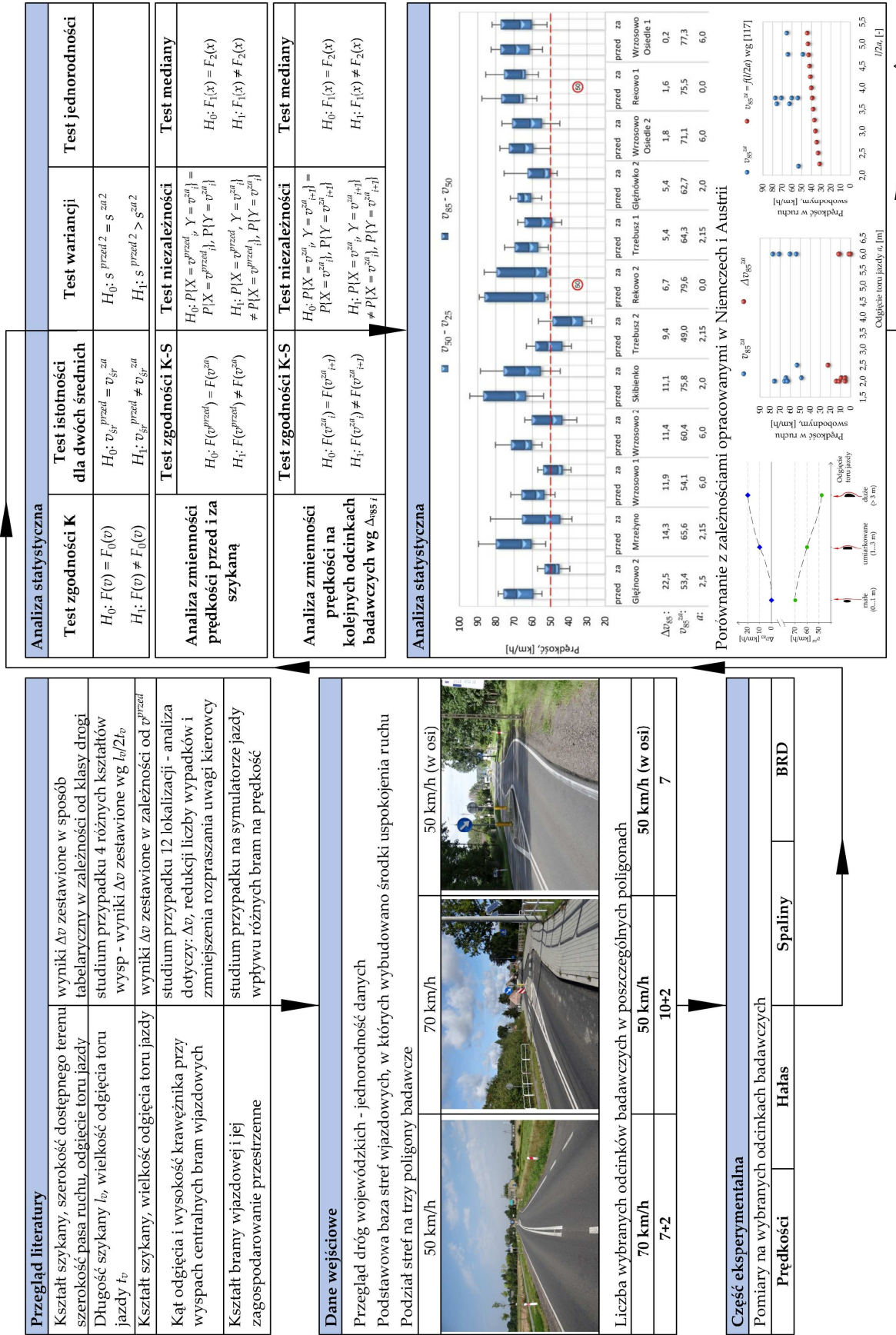
wpływają łącznie na skuteczność redukcji prędkości w strefach wjazdowych do małych miejscowości zlokalizowanych na drogach wojewódzkich.

2.3 ZAKRES ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

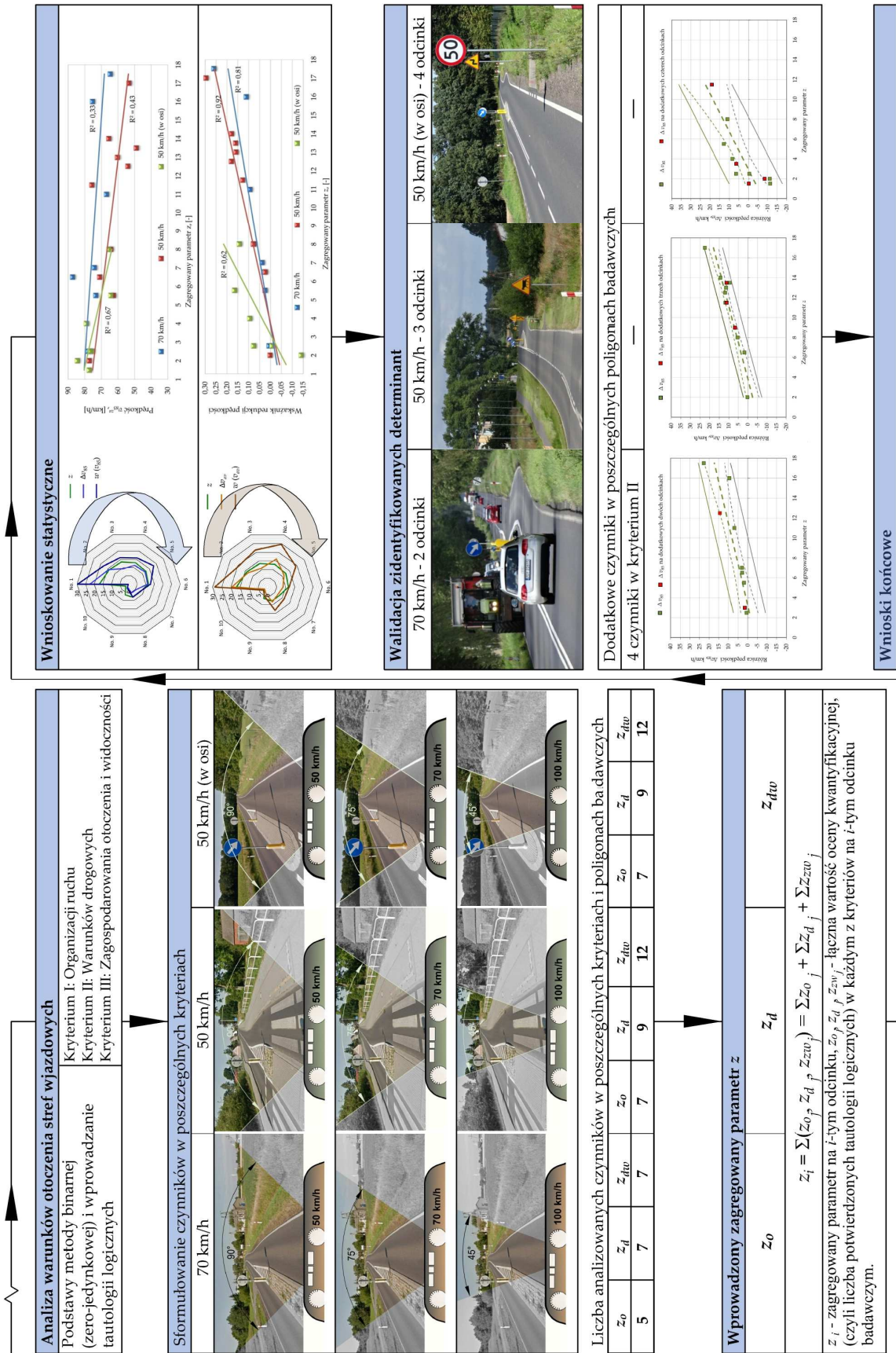
Do realizacji postawionego celu w niniejszej rozprawie doktorskiej i udowodnienia postawionych tez przewidziano następujące zadania szczegółowe:

- przegląd krajowych i zagranicznych wytycznych projektowych w zakresie projektowania szykan drogowych w strefach wjazdowych do wsi, w celu uzyskania oczekiwanej redukcji prędkości,
- wybór wsi na drogach wojewódzkich w województwie zachodniopomorskim, w których w strefach wjazdowych zastosowano różnego rodzaju szykany drogowe,
- charakterystyka różnorodnego zagospodarowania terenu i zastosowanej organizacji ruchu w najbliższym otoczeniu szykan drogowych, zastosowanych na drogach wojewódzkich w strefach wjazdowych do wsi,
- wybór stref wjazdowych do wsi na drogach wojewódzkich różniących się zagospodarowaniem terenu w najbliższym otoczeniu szykany,
- wybór stref wjazdowych do wsi na drogach wojewódzkich różniących się układem drogowym zastosowanym przed i za wybudowaną szukaną drogową,
- wykonanie pomiarów prędkości wraz z oszacowaniem kwantyla 85% prędkości w ruchu swobodnym oraz średniej prędkości potoku pojazdów w ruchu ciągłym przed i za szukaną w strefach wjazdowych do wsi,
- wykonanie pomiarów poziomów hałasu i pomiarów natężenia ruchu równocześnie z pomiarami prędkości w wybranych do badań strefach wjazdowych,
- zestawienie i analiza danych odnośnie bezpieczeństwa ruchu w wybranych do wsiach.

Szczegółowa struktura rozprawy doktorskiej wraz ze szczegółową kolejnością poszczególnych analiz została przedstawiona na ryc. 2.1.



Ryc. 2.1. Szczegółowa struktura rozprawy doktorskiej



Ryc. 2.1. Szczegółowa struktura rozprawy doktorskiej c.d.

Rozdział 3

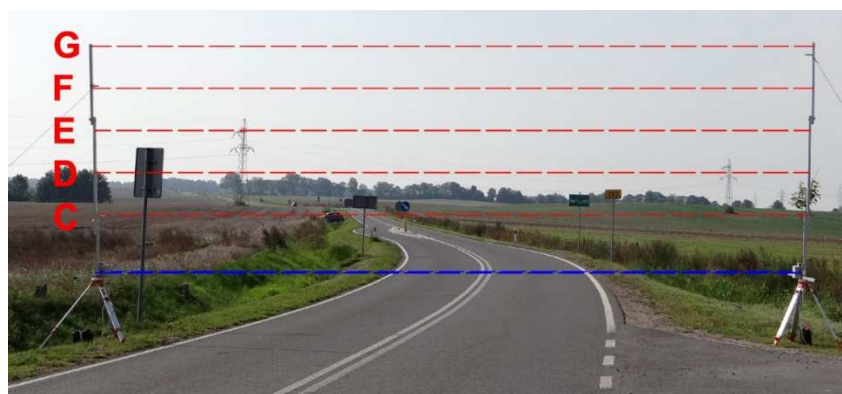
ZAŁOŻENIA BADAWCZE PRZYJĘTE PRZY OCENIE SKUTECZNOŚCI SZYKAN ZASTOSOWANYCH W STREFACH WJAZDOWYCH DO MAŁYCH MIEJSCOWOŚCI

3.1 ZAŁOŻENIA PRZYJĘTE W POMIARACH PRĘDKOŚCI

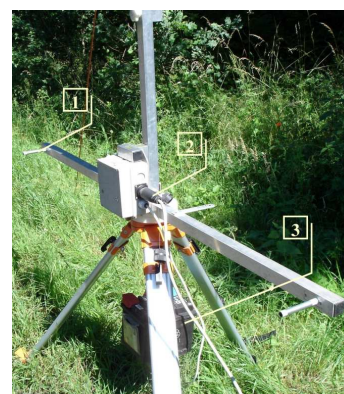
W niniejszej rozprawie założono, że wraz z badaniami prędkości będzie prowadzony równocześnie pomiar natężenia ruchu i poziomego hałasu drogowego. Założono, że pomiary prędkości chwilowych oraz natężenia ruchu będą wykonywane w obu kierunkach. Zgodnie ze standardowymi zasadami pomiaru warunków ruchu natężenie będzie wykonywane z podziałem na odpowiednie kategorie, ponieważ w analizach warunków ruchowych będzie rozważany podział na pojazdy lekkie i ciężkie [45, 143, 154, 176].

W prowadzonych badaniach założono wykonanie pomiaru prędkości chwilowych w ruchu ciągłym z automatycznym pomiarem prędkości ruchu za pomocą specjalnego urządzenia⁵⁵ (ryc. 3.1). Aparatura pomiarowa miała automatyczny zapis danych. Mogła stać poza poboczem drogi, przy czym nie była tak widoczna jak radar i nie wywoływała „niepożądanych reakcji” ze strony użytkowników dróg. Umożliwiała równoczesny zapis natężenia ruchu wraz ze strukturą rodzajową i kierunkową oraz prędkości (w ruchu swobodnym i ciągłym) na obu pasach ruchu. Uwzględniając mały udział pojazdów ciężkich poruszających się po analizowanych drogach założono, że pomierzy się prędkość tyłu pojazdów ciężkich, ile przejedzie w trakcie wykonywania minimalnej liczby pomiarów prędkości samochodów osobowych w ruchu swobodnym. Czas pomiaru natężenia ruchu był zgodny z pomiarami prędkości. Jednak do dalszych analiz obliczono ostatecznie, że określi się go w jednostkach tradycyjnych P/h, wykorzystując odpowiedni zapis danych z urządzenia pomiarowego.

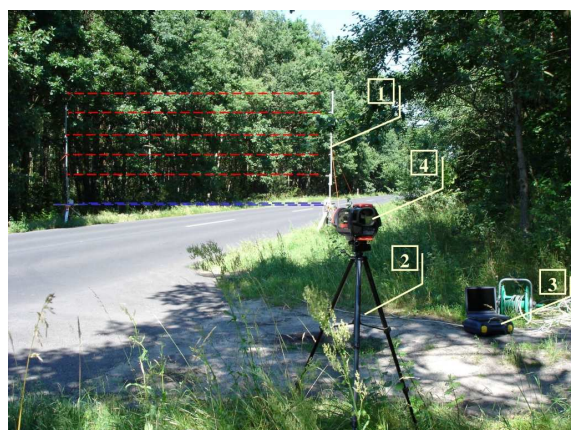
⁵⁵ Urządzenie służące do pomiaru prędkości i struktury rodzajowej ruchu z zastosowaniem promieniowania podczerwonego, sfinansowane w ramach inwestycji aparaturowych KBN, (nr Decyzji 1829/IA/108/96 wniosek nr IA/926/96). [38, 143]



Schematycznie przedstawione wysokości czujników pomiarowych do pomiaru natężenia ruchu i struktury rodzajowej: C, D, E, F i G



1 – czujnik; 2 – kabel łączący czujniki z laptopem; 3 – akumulator



1 – stojaki pomiarowe; 2 – kabel łączący czujniki z laptopem; 3 – laptop; 4 – kamera wideo



Czujniki pomiarowe do mierzenia prędkości z nasadkami ochronnymi: A i B, w rozstawie 2 m

Ryc. 3.1. Urządzenie pomiarowe zastosowane w badaniach prędkości i natężenia ruchu

Przystępując do badań, zgodnie z zaleceniami sformułowanymi w podstawowych publikacjach ze statystyki [9, 17, 40, 50, 57, 149, 154, 187], przeprowadzono wstępne pomiary na przejściu przez sześć różnych miejscowości, (pomiary wykonano przed, w i za), w celu określenia minimalnej liczebności próby przy dwóch poziomach istotności $\alpha = 0,1$ i $\alpha = 0,05$. Pomiary wstępne przeprowadzono w dzień roboczy: w pięciu przypadkach wykonano wstępnie po $n_0 = 12$ pomiarów prędkości 11 samochodów osobowych i 1 autobusu, a w jednym przypadku $n_0 = 18$ samochodów osobowych i 3 pojazdów ciężarowych. Błąd pojedynczego pomiaru wynosił ok. 2,5-4 km/h, a maksymalny błąd szacunku średniej prędkości nie przewyższał 5%, co było zgodne z zaleceniami sformułowanymi w podstawowej literaturze z zakresu statystyki [17, 40, 50, 57, 138]. Na podstawie analizy wyników z pomiarów wstępnych przyjęto, że minimalna liczebność próby będzie wynosiła 50-60 pojazdów (tab. 3.1).

Tab. 3.1. Zestawienie podstawowych wielkości uzyskanych z wstępnych pomiarów prędkości

		Pierwszy pomiar wstępny			Drugi pomiar wstępny			Trzeci pomiar wstępny		
		przed	w	za	przed	w	za	przed	w	za
$\alpha = 0,10$	$v_{sr} =$	64,4	58,1	66,1	63,2	57,7	64,9	64,1	57,7	65,7
	$s^2 =$	157,2	66,8	122,4	151,2	59,2	124,5	146,9	68,1	109,1
	$n_{min} =$	32	13	25	30	12	25	30	14	22
	$n_0 =$	12	12	12	12	12	12	12	12	12
$\alpha = 0,05$	$n_{min} =$	48	20	37	46	18	38	45	21	33
	$n_0 =$	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	Czwarty pomiar wstępny			Piąty pomiar wstępny			Szósty pomiar wstępny			
	$v_{sr} =$	65,2	61,2	66,9	67,4	61,4	69,1	69,3	61,3	65,8
$\alpha = 0,10$	$s^2 =$	134,3	75,8	99,5	149,4	61,6	111,9	154,8	66,5	93,7
	$n_{min} =$	27	15	20	30	12	23	29	12	17
	$n_{min} =$	41	23	30	45	19	34	42	18	26
	$n_0 =$	12	12	12	12	12	12	21	21	21

Kolejne założenie badawcze dotyczyło miejsca pomiaru, tj. odległości od szykany. W badaniach opisanych w [171] autorzy założyli, że długość oddziaływania szykany na redukcję prędkości może wynosić do 300 m w zależności od wielkości odgięcia toru jazdy. Na podstawie analizy wyników uzyskanych z badań opisanych w publikacji [171] (ryc. 1.2) przeanalizowano dwie odległości 100 i 300 m od osi szykany. Z wstępnych obserwacji wizualnych autora rozprawy otrzymano (ryc. 3.2), że najbardziej miarodajną odległością prawdopodobnie, wpływającą wizualnie na percepcję kierowcy, będzie 100-120 m mierzac od czoła wyspy szykany.

a) odległość 100 m – $v_{dop} = 70$ km/h



b) odległość 100 m – $v_{dop} = 50$ km/h



c) odległość 300 m – $v_{dop} = 70$ km/h



d) odległość 300 m – $v_{dop} = 50$ km/h



Ryc. 3.2. Przykładowe miejsca pomiaru prędkości w odległości 100 i 300 m, mierzonej od czoła szykany

Przy analizie statystycznej danych pomiarowych przyjęto następującą metodykę: w odniesieniu do wyników pomiaru prędkości z każdego odcinka badawczego będą wykonane *testy jednorodności* w celu sprawdzenia przynależności elementów skrajnych w danej populacji

i testy zgodności Kołmogorowa w celu potwierdzenia hipotezy o tym, że populacja danych ma rozkład normalny. Analizy będą przeprowadzone, zgodnie z tradycyjnymi zasadami analizy statystycznej [50, 149, 154], dwoma sposobami, poprzez:

- a) określenie błędu przeciętnego szacowania parametrów rozkładu prędkości,
- b) sprawdzenie zgodności teoretycznej i empirycznej dystrybuanty prędkości.

Do analizy statystycznej wybrano następujące parametry rozkładu prędkości: wartość oczekiwaną i odchylenie standardowe prędkości samochodów osobowych i ciężarowych, 85% kwantyl prędkości samochodów osobowych w ruchu swobodnym v_{85} , średnią prędkość w ruchu swobodnym v_{sr} , średnią prędkość w ruchu ciągłym v_{sr}^{pp} . Błąd szacunku wybranych parametrów będzie określany na podstawie otrzymanych funkcji prawdopodobieństwa wartości reszt, tj. różnic wartości empirycznych i teoretycznych (ryc. 3.3). Zgodnie, z przyjętą w Polsce metodyką analizy statystycznej danych z pomiarów prędkości [154], w prowadzonych w niniejszej rozprawie badaniach przyjęto:

- za błąd przeciętny – odchylenie standardowe różnicy empirycznych i teoretycznych wartości dystrybuanty prędkości, tj. średniokwadratowy błąd aproksymacji,
- za błąd maksymalny – kwantyl 97,5% różnicy wartości empirycznych i teoretycznych, który w przybliżeniu równał się dwukrotnej wartości błędu przeciętnego.

Założenie to odpowiada przyjęciu poziomu istotności $\alpha = 0,05$, tj. dopuszczeniu w 5% przypadków wystąpienia błędów większych od wartości maksymalnych [50, 187].

Do sprawdzenia hipotezy, czy analizowana populacja danych ma rozkład normalny, przyjęto stosować *test zgodności λ -Kołmogorowa*, zgodnie z hipotezą zerową i alternatywną:

$$\begin{array}{ll} \text{hipoteza zerowa} & H_0: F(v) = F_0(v), \text{ gdy } \lambda < \lambda_\alpha, \\ \text{hipoteza alternatywna} & H_1: F(v) \neq F_0(v), \text{ gdy } \lambda \geq \lambda_\alpha. \end{array} \quad (3.1)$$

W prowadzonych analizach będą weryfikowane wartości statystyki λ w odniesieniu do odpowiednich wartości krytycznych λ_α . W wykonanych badaniach na wszystkich odcinkach badawczych otrzymano na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ pozytywne rezultaty testów, poświadczające, że populacje zmierzonych prędkości miały rozkłady normalne.

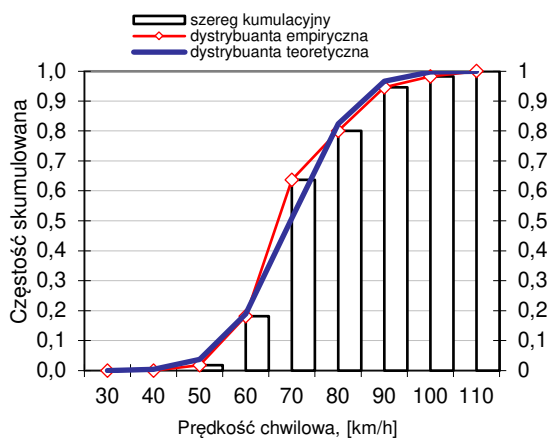
W celu oceny skuteczności oddziaływania szykany na oczekiwaną redukcję prędkości założono, że w dalszej kolejności w analizach statystycznych będzie przeprowadzony *test zgodności Kołmogorowa-Smirnowa*, zgodnie z hipotezą zerową i alternatywną:

$$\begin{array}{ll} \text{hipoteza zerowa} & H_0: F(v^{przed}) = F(v^za), \text{ gdy } \lambda < \lambda_\alpha, \\ \text{hipoteza alternatywna} & H_1: F(v^{przed}) \neq F(v^za), \text{ gdy } \lambda \geq \lambda_\alpha. \end{array} \quad (3.2)$$

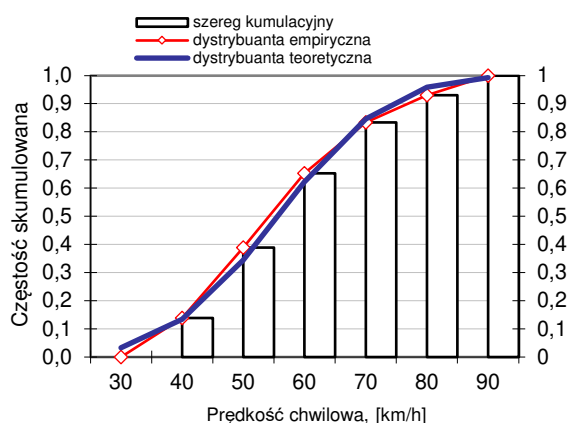
w celu stwierdzenia czy rozkłady prędkości zmierzonych przed v^{przed} i za szykaną v^{za} należą do tej samej populacji, czy są istotnie różne i należą do dwóch różnych populacji (ryc. 3.4). Wyniki przeprowadzonych testów pozwoliły stwierdzić czy nastąpiła redukcja prędkości przy przejeździe przez szykanę.

W standardowych testach parametrycznych tradycyjnie analizuje się wartości średnie w obu populacjach, wówczas w pierwszej kolejności należy jednak przeprowadzić *testy dla dwóch wariancji*, które przy analizowaniu cechy mierzalnej i założeniu, że dana populacja ma rozkład normalny mogą, jako wariancja, czyli miara rozproszenia (rozrzutu) wartości badanej cechy, służyć do oceny stopnia jednorodności czy też powtarzalności wyników liczbowych uzyskiwanych w badaniach eksperymentalnych. Pozytywny wynik *testu istotności dla dwóch wariancji* $F \leq F_\alpha$ oznaczał, że wariancje (miara rozrzutu) badanej cechy były jednakowe, czyli nie było podstaw do odrzucenia hipotezy H_0 i można było wykonać *test dla dwóch średnich*. Biorąc powyższe pod uwagę, przy pozytywnym wyniku *testu dla dwóch wariancji* założono się, że będą przeprowadzane dwa rodzaje *testu istotności dla dwóch średnich* o następujących hipotezach: zerowej $H_0: m_1 = m_2$ oraz alternatywnej $H_1: m_1 \neq m_2$, a także przy innej hipotezie alternatywnej $H_1: m_1 > m_2$, pozwalającej potwierdzić czy średnia prędkość zmierzona przed szykaną v^{przed} była istotnie statystycznie większa od prędkości zmierzonej za szykaną v^{za} . Ten test założono przeprowadzać w odniesieniu, zarówno do średnich prędkości w ruchu swobodnym, jak i prędkości średnich w ruchu ciągłym.

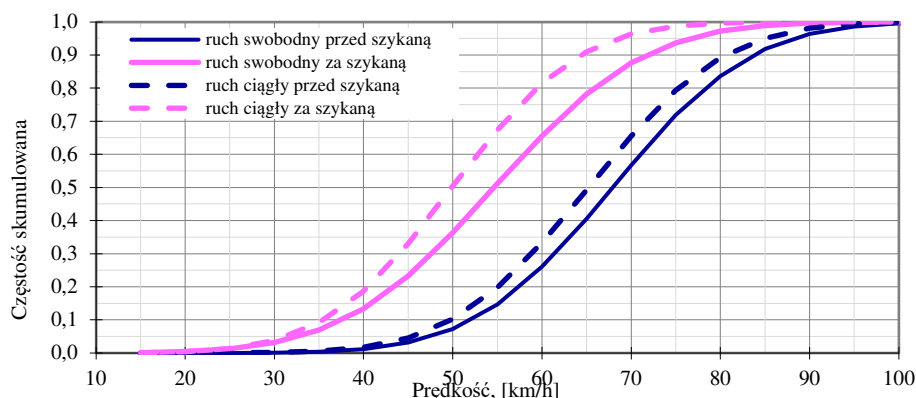
a) prędkości w strefie wjazdowej i ograniczeniu prędkości do 70 km/h znakiem B-33



b) prędkości w strefie wjazdowej i ograniczeniu prędkości do 40 km/h znakiem B-33



Ryc. 3.3. Przykładowe dystrybuanty rozkładu prędkości samochodów osobowych w ruchu swobodnym



Ryc. 3.4. Przykładowe porównanie dystrybucji prędkości w ruchu swobodnym i ciągłym na prostym w planie odcinku drogi w strefie wjazdowej do miejscowości

3.2 METODY BADAWCZE PRZYJĘTE W ANALIZACH STATYSTYCZNYCH

Uwzględniając znacznie zróżnicowane odcinki badawcze, pod względem planu sytuacyjnego i organizacji ruchu, a także zastosowanych różnych typów szykan i warunków przestrzennego zagospodarowania otoczenia szykany w strefie wjazdowej, wstępnie założono, że w prowadzonych analizach zastosuje się odpowiednie wnioskowanie statystyczne.

Wymienione powyżej czynniki jakościowe mogą determinująco wpływać na osiągnięcie redukcji prędkości Δv przy przejeździe przez szykanę. W celu potwierdzenia identyfikacji danej determinanty w niniejszej rozprawie założono przeprowadzenie dwóch testów nieparametrycznych. W pierwszej kolejności przeprowadzono *test niezależności* χ^2 , pozwalający stwierdzić, czy dwie badane cechy (niekoniecznie mierzalne) są niezależne, zgodnie z hipotezą zerową i alternatywną:

$$\begin{aligned} \text{hipoteza zerowa} \quad H_0: P\{X = v^{\text{przed}_i}, Y = v^{\text{za}_i}\} &= P\{X = v^{\text{przed}_i}\} \cdot P\{Y = v^{\text{za}_i}\}, \chi^2 < \chi^2_{\alpha} \\ \text{hipoteza alternatywna} \quad H_1: P\{X = v^{\text{przed}_i}, Y = v^{\text{za}_i}\} &\neq P\{X = v^{\text{przed}_i}\} \cdot P\{Y = v^{\text{za}_i}\}, \chi^2 \geq \chi^2_{\alpha} \end{aligned} \quad (3.3)$$

Hipoteza H_0 z założenia miała odpowiedzieć na pytanie: czy prędkość w ruchu swobodnym nie zależy od tego czy została ona oszacowana przed szykaną czy za szykaną, czyli że rozkłady prędkości nie zależą od miejsca ich oszacowania (ryc. 3.5). Podobnie również postawiono hipotezę zerową w odniesieniu do ruchu ciągłego, czyli również jako niezależność obu populacji. Wynik testu $\chi^2 \geq \chi^2_{\alpha}$, oznaczał, że hipotezę H_0 o niezależności badanych cech należało odrzucić, gdyż populacje prędkości zmierzone przed i za szykaną zależały od lokalizacji miejsca ich pomiaru.

		Wartość ograniczenia prędkości podana na znaku B33 przed szykaną 70 km/h		liczebność empiryczna	prawdopodobieństwa brzegowe	liczebność empiryczna	liczebność teoretyczna	$n_j - np_{ij}$	$(n_j - np_{ij})^2 / np_{ij}$
		do 70 km/h	powyżej 70 km/h						
Lokalizacja punktu pomiarowego	pomiar przed szykaną	$p_i * p_j$	$p_i * p_j$	n_i	p_i	n_{ij}	np_{ij}		
		2	0,100	69	0,548	21	10,40	10,60	10,79
	np_{ij}		np_{ij}		36	46,60	-10,60	2,41	
	12,60		56,40						
pomiar za szykaną	$p_i * p_j$	$p_i * p_j$	57	0,452					
	21	0,083	36						
	np_{ij}		np_{ij}						
	10,40		46,60						

n_j	23	103	$n =$	126		$\chi^2 =$	24,10
p_j	0,183	0,817			1,0	$\chi^2_{\alpha} =$	3,84

Ryc. 3.5. Przykładowa tablica czteropolowa testu niezależności χ^2 – przypadek, gdy wybudowana szykana wpływa znacząco na redukcję prędkości ($\chi^2 \geq \chi^2_{\alpha}$)

Drugim testem, gdy jedna z cech może być niemierzalna, był *test mediany*, w którego założeniach nie ma konieczności potwierdzenia rozkładu populacji, więc można go stosować zamiennie zamiast *testu dla dwóch średnich*. Istotą wybranego do analiz testu mediany jest wyznaczenie mediany ze wszystkich wyników z obu prób. Pozytywny wynik testu $\chi^2 < \chi^2_{\alpha}$ jest wówczas, gdy w obu próbach określi się taką samą liczebność wyników badanej cechy powyżej i poniżej mediany, czyli że obie porównywane próby pochodziły z jednej populacji i nie była potwierdzona zmiana prędkości, (tj. nie było podstaw do odrzucenia hipotezy $H_0: F_1(x) = F_2(x)$). Przy wyniku testu mediany $\chi^2 \geq \chi^2_{\alpha}$, należało hipotezę H_0 o niezależności badanych cech odrzucić, gdyż próby prędkości zależały od lokalizacji miejsca ich pomierzenia i odnotowana była zmiana ich wielkości ($H_1: F_1(x) \neq F_2(x)$).

3.3 ZAŁOŻENIA BADAWCZE PRZYJĘTE PRZY DOBORZE POLIGONU BADAWCZEGO

Przystępując do badań identyfikacji determinant redukcji prędkości w strefach wjazdowych do wsi, przeanalizowano drogi wojewódzkie w województwie zachodniopomorskim, pod względem zgodności szerokości jezdni z wytycznymi [126, 127]. Po wstępnych analizach wybrano drogi, które przebudowano w latach 2010-2014, w celu wykluczenia wpływu stanu nawierzchni na realizowane prędkości [32]. Wszystkie drogi

poddane analizom charakteryzowały się dobrym stanem nawierzchni dróg, tj. były bez uszkodzeń i deformacji nawierzchni, a oznakowanie pionowe i poziome było w bardzo dobrym stanie (ryc. 3.6 i 3.7). Powyższe założenie badawcze pozwoliło przyjąć, że stan nawierzchni w prowadzonych analizach nie był czynnikiem redukcji prędkości, czyli mógł być prawdopodobnie efektem oddziaływania szykany.



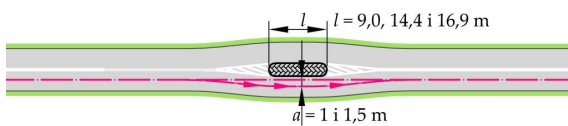
Ryc. 3.6. Szykana wybudowana w osi jezdni z odgięciem toru jazdy od kierunku prostego o 1 m



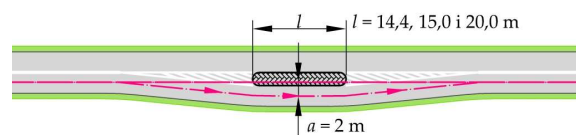
Ryc. 3.7. Szykana jednostronna półokrągła z odgięciem toru jazdy od kierunku prostego o 6 m

Na podstawie polskich wytycznych sformułowanych w [93, 177], analizom poddano strefy wjazdowe do wsi, w których wybudowane zostały różne rodzaje szykan (ryc. 3.8). Były to trzy szykany różne jednostronne o różnym kształcie i rozmiarach i wybudowane w osi jezdni w postaci wysp centralnych (ryc. 3.8a). Szykany jednostronne prostokątne i szykany jednostronne prostokątno-łukowe miały różne długości (ryc. 3.8b i 3.8c), a wszystkie szykany jednostronne półokrągłe miały długość 45,5 m (ryc. 3.8d). Każda szykana miała inny wymiar odgięcia toru jazdy od kierunku prostego, co przedstawiono na ryc. 3.8.

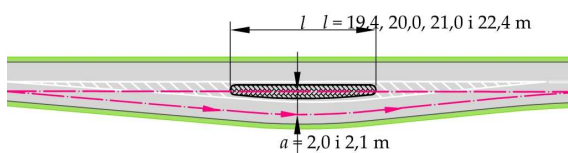
a) w osi jezdni prostokątna – $a = 1$ lub $1,5$ m



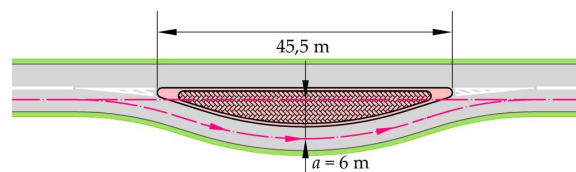
b) jednostronna prostokątna – $a = 2$ m



c) jednostronna prostokątno-łukowa – $a = 2,0$ lub $2,1$ m



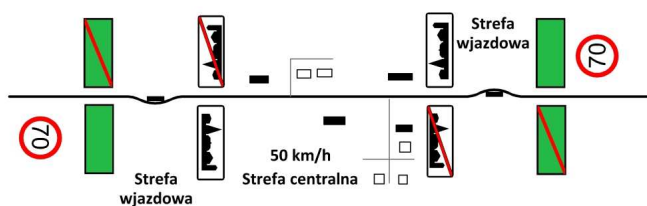
d) jednostronna półkolista – $a = 6$ m



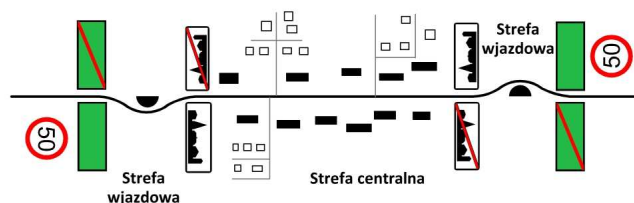
Ryc. 3.8. Analizowane rodzaje szykan drogowych i odgięcie toru jazdy od kierunku prostego a [69, 140, 141]

Analiza organizacji ruchu stosowana przy uspokojeniu ruchu wykazała [69, 92, 164, 156, 183], że mogą być zastosowane różne schematy. Biorąc powyższe pod uwagę w niniejszej rozprawie wybrano do analiz strefy wjazdowe z zastosowanym ograniczeniem prędkości podanym na znaku B-33 do 70 km/h i do 50 km/h (ryc. 3.9).

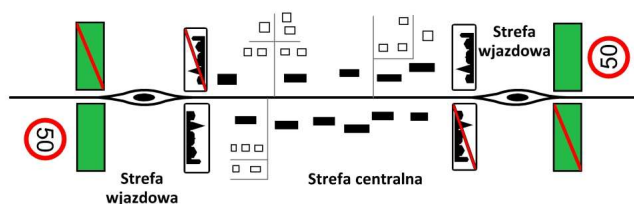
- a) schemat organizacji ruchu przy ograniczeniu prędkości do 70 km/h i zastosowanych szykanach jednostronnych



- b) schemat organizacji ruchu przy ograniczeniu prędkości do 50 km/h i zastosowanych szykanach jednostronnych



- c) schemat organizacji ruchu przy ograniczeniu prędkości do 50 km/h i zastosowanych szykanach w osi jezdni

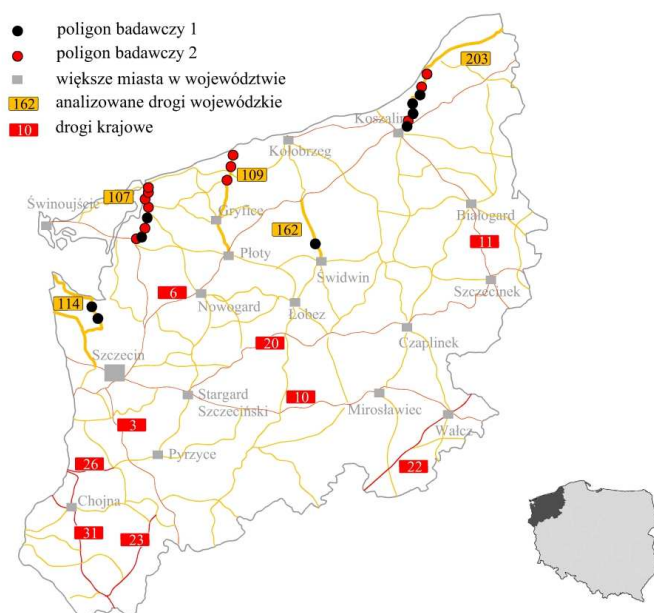


Ryc. 3.9. Schematy organizacji ruchu na odcinkach badawczych z różnymi rodzajami szykan [142]

Kolejnym krokiem eliminacji cech niejednorodnych na odcinkach badawczych było założenie, że analizowane małe miejscowości będą miały cechy wspólne. Biorąc powyższe pod uwagę wybrano do badań tylko wsie o długości przejścia do ok 2,5 km i liczbie mieszkańców do 700 mieszkańców i jedną wieś o liczbie mieszkańców ok. 2600 i zbliżonym natężeniu ruchu [147, 148].

Uwzględniając powyższe założenia ostatecznie do analiz wybrano 36 odcinków, które podzielone zostały na trzy poligony badawcze (ryc. 3.10 i 3.11):

- poligon badawczy 1 – odcinki, z ograniczeniem prędkości do 70 km/h,
- poligon badawczy 2 – odcinki, na których prędkość ograniczona jest znakiem B-33 (50 km/h) lub znakiem D-42, wszystkie szykany były jednostronne,
- poligon badawczy 3 – odcinki, na których prędkość ograniczona jest znakiem B-33 (50 km/h) lub znakiem D-42, wszystkie szykany wybudowane były w osi jezdni.



Ryc. 3.10. Lokalizacja odcinków z poligonu badawczego 1 i 2 na wybranych drogach wojewódzkich na tle województwa zachodniopomorskiego i Polski [142]



Ryc. 3.11. Lokalizacja odcinków z poligonu badawczego 3 (szykany w osi jezdni) na wybranych drogach wojewódzkich na tle fragmentu województwa zachodniopomorskiego i Polski [142]

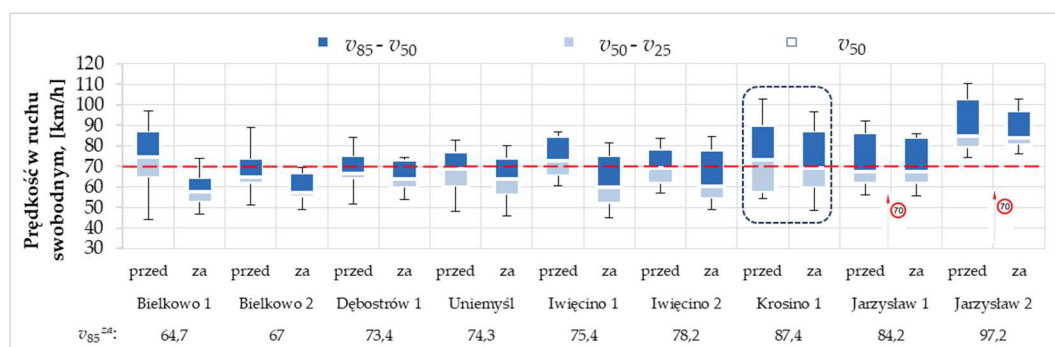
3.4 ZAŁOŻENIA BADAWCZE PRZYJĘTE W ANALIZACH JAKOŚCIOWYCH DOTYCZĄCYCH WYZNACZENIA DETERMINANT REDUKCJI PRĘDKOŚCI

3.4.1. Założenia badawcze przyjęte na poligonie badawczym 1

Do analizy skuteczności zastosowanych środków uspokojenia ruchu w strefach wjazdowych do wsi w poligonie badawczym 1 wybrano 6 odcinków badawczych z zastosowanymi szykanami jednostronnymi, jeden odcinek z szykaną wybudowaną w osi jezdni (Bielkowo 2) oraz w celach porównawczych dwa odcinki, na których w strefie wjazdowej nie zastosowano żadnych środków uspokojenia ruchu (Jarzysław 1 i Jarzysław 2). W odniesieniu do wszystkich odcinków z poligonu badawczego 1 wykonano badania terenowe zgodnie z opisem zawartym w pkt 3.1. Następnie wyniki otrzymane z pomiarów poddano

analizom statystycznym, zgodnie z pkt 3.2, (wyniki testów zestawiono w rozdziale 5). W odniesieniu do otrzymanych wyników prędkości wykonano ich oszacowanie przedziałowe. W dwóch przypadkach porównawczych we wsi Jarzysław prędkości zmierzono odpowiednio przed i za znakami E-17 i D-42, gdyż w tym przypadku nie było zastosowanej szykany.

Poniżej na ryc. 3.12 przedstawiono wyniki wstępnych analiz. Biorąc pod uwagę, że uspokojenie ruchu w strefie wjazdowej ma na uwadze przede wszystkim redukcję prędkości wjazdowej, to pierwsze oszacowanie przedziałowe wykonano w kolejności wielkości kwantyla 85% prędkości zmierzonej za szykaną $v_{85^{za}}$ (ryc. 3.12). Dodatkowo włączono do oszacowania dwie strefy wjazdowe bez wybudowanych szykan, które dla rozróżnienia na ryc. 3.12 oznaczono symbolem znaku B-33.



Ryc. 3.12. Oszacowanie przedziałowe prędkości w ruchu swobodnym w odniesieniu do poligonu badawczego 1 wg wielkości prędkości zmierzonej za szykaną $v_{85^{za}}$

Analiza danych przedstawionych na ryc. 3.12. wykazała duże zróżnicowanie redukcji prędkości, pomimo, że na analizowanych odcinkach badawczych zastosowane było to samo odgięcie toru jazdy. Szczególnie dużą dyspersję zmian prędkości odnotowano przy szykaniu wybudowanej przed wsią Krosino (ryc. 3.1 – oznaczenie prostokątem). Dojazd do Krosina charakteryzuje się długim odcinkiem prostym w planie (długości ponad 2 km), otoczonym polami uprawnymi i szpalerem drzew, przez które słabo widoczna jest sylweta wsi⁵⁶ (ryc. 3.13). Podobnie długim odcinkiem prostym w planie charakteryzuje się dojazd do wsi Bielkowo 1 (1,5 km) i Iwięcino 2 (2 km) (ryc. 3.14), w otoczeniu otwartego terenu rolniczego. Również dojazd wzdłuż odcinka prostego w planie, odnotować można w odniesieniu do wsi Uniemyśl i Dębostrow (ryc. 3.15 i 3.16). W danym przypadku jednak dojazd do obu wsi zlokalizowany jest w terenie leśnym. Analiza danych dyspersji zmian prędkości na tych odcinkach wykazała,

⁵⁶ Przypis autora: sylweta wsi – termin urbanistyczny oznaczający panoramę wsi oglądaną z różnych odległości na trasie dojazdu do wsi.

że są one znacznie mniejsze, z wyjątkiem Bielkowa 1, a to wskazuje, że są jakieś inne determinanty wpływające na percepcję kierowców i w rezultacie inne prędkości wjazdowe do wsi. Dwa rozważane przypadki dodatkowe, czyli dojazd do wsi Jarzysław (ryc. 3.17 i 3.18), również ma przeciwstawne wyniki prędkości wjazdowej, czyli w danym przypadku również można założyć, że są jakieś determinanty w strefie wjazdowej, które wpływają na percepcję kierowcy i na realizowane prędkości.



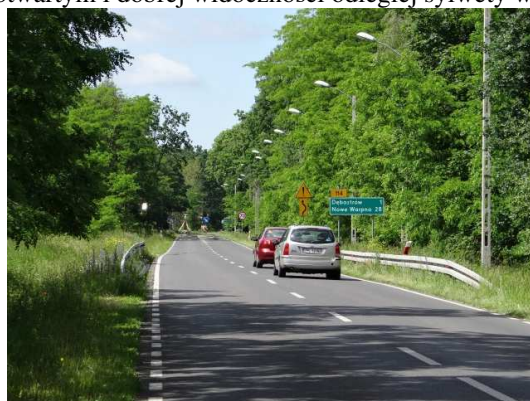
Ryc. 3.13. Dojazd do Krosina w terenie rolniczym wzdłuż szpaleru drzew i słabej widoczności sylwety wsi



Ryc. 3.14. Dojazd do Iwięcina 2 w terenie rolniczym otwartym i dobrej widoczności odległej sylwety wsi



Ryc. 3.15. Dojazd do Uniemyśla w terenie leśnym i ograniczona widoczność pojedynczej zabudowy



Ryc. 3.16. Dojazd do Dębostrowa w terenie leśnym i brak widoczności sylwety wsi i zabudowy

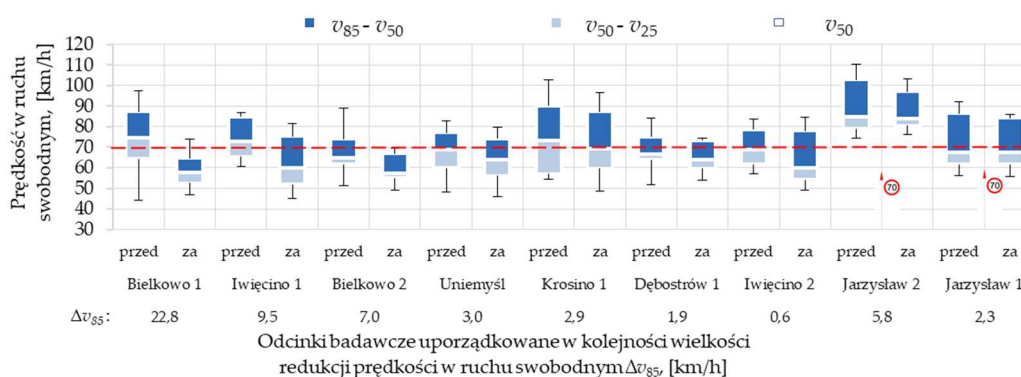


Ryc. 3.17. Dojazd do Jarzysławia 1 w terenie otwartym i słaba widoczność sylwety wsi [118]



Ryc. 3.18. Dojazd do Jarzysławia 2 w terenie otwartym rolniczym i brak widoku sylwety wsi [118]

Biorąc powyższe pod uwagę na ryc. 3.19 przedstawiono oszacowanie przedziałowe prędkości wykonane w kolejności wielkości redukcji prędkości Δv_{85} na tych samych odcinkach badawczych. Analiza danych przedstawionych na ryc. 3.19 wskazuje, na inną kolejność analizowanych odcinków badawczych, a to może oznaczać, że duże różnice redukcji prędkości Δv_{85} związane mogą być z różnymi czynnikami wpływającymi na wielkość prędkości zmierzonych przed i za szykaną. Np. przy porównywalnej wartości redukcji prędkości Δv_{85} równej ok. 2-3 km/h (w strefach wjazdowych do wsi Dębostrów 1, Uniemyśl, Krosino 1, Jarzysław 1), odnotowano bardzo różne dyspersje zmian prędkości, które mogą być także związane z jakimiś determinantami odnotowanymi w strefie wjazdowej. Również przy porównywalnej wartości różnicy redukcji prędkości $\Delta v_{85} \approx 7-9,5$ km/h (wieś Iwięcino 1 i Bielkowo 2), odnotować można bardzo duże różnice w dyspersji zmian prędkości.



Ryc. 3.19. Oszacowanie przedziałowe prędkości w ruchu swobodnym w odniesieniu do poligonu badawczego 1 wg wielkości redukcji prędkości Δv_{85}

Na istnienie dodatkowych determinant wpływających na wielkość redukcji prędkości Δv_{85} wskazuje również porównanie danych z dwóch pierwszych odcinków badawczych (Bielkowo 1 i Iwięcino 1). Oba odcinki badawcze różnią się znacznie zagospodarowaniem przestrzennym otoczenia strefy wjazdowej, warunkami drogowymi, widokiem sylwety wsi i najbliższych budynków we wsi (ryc. 3.20 i 3.21). W Bielkowie 1 szykana znajduje się w odległości 60 m od bliskiej zabudowy, zlokalizowanej po stronie pasa wjazdowego do wsi. A w Iwięcynie 1 w odległości równej ok. 270 m od zabudowy, znajdującej się po stronie pasa przeciwnego kierunku ruchu. Prawdopodobnie ten czynnik jest m.in. jedną z determinant wpływających na wskazane na ryc. 3.19 duże różnice w wartościach Δv_{85} .



Ryc. 3.20. Dojazd do Bielkowa 1 w otwartym terenie rolniczym, przy bardzo dobrej widoczności sylwety wsi i bliskiej zabudowy

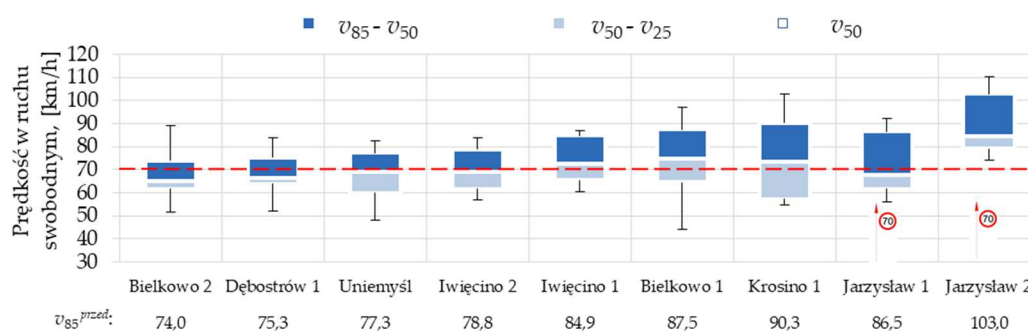


Ryc. 3.21. Dojazd do Iwięcina 1 w terenie otwartym rolniczym i widoku oddalonej sylwety wsi [118]

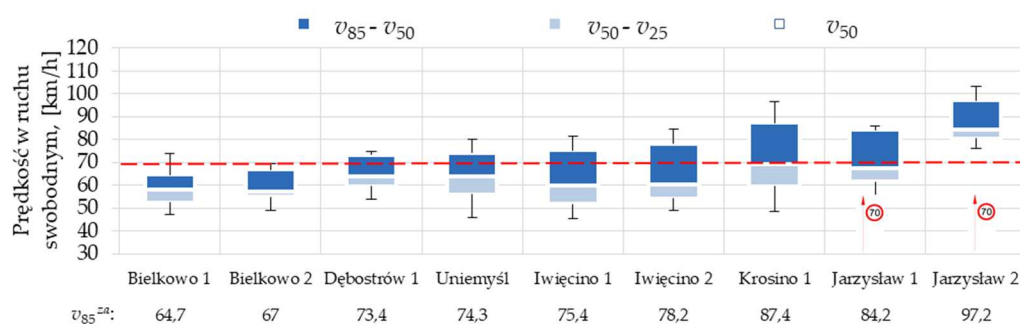
Uwzględniając wyniki przeprowadzonych analiz wstępnych związanych z oszacowaniem przedziałowym prędkości wykonano kolejne oszacowanie przedziałowe wyników pomiarów prędkości rozdzielone na prędkości przed i za szykaną (ryc. 3.22), w celu określenia ewentualnych determinant wpływających na mniejsze prędkości za szykaną v^{za} lub wielkość redukcji prędkości Δv . Biorąc pod uwagę, że odgięcie toru jazdy od kierunku prostego na prawie wszystkich odcinkach badawczych jest jednakowe (oprócz Bielkowa 2), to oszacowanie przedziałowe wykonano wg wartości odpowiednich prędkości (ryc. 3.22).

Analiza danych i następstwa odcinków badawczych przedstawionych na ryc. 3.22 wskazuje, że na prędkości przed i za wpływają prawdopodobnie inne determinanty związane z warunkami drogowymi, widocznością, zagospodarowaniem i organizacją ruchu, gdyż w obu przypadkach odnotować można inną kolejność odcinków badawczych i różne prędkości na dojeździe do szykany i za nią. Charakterystyczną cechą jest w miarę jednakowa kolejność odcinków wg wartości prędkości v_{85} i v_{50} w odniesieniu do prędkości zmierzonych przed szykaną (ryc. 3.22a). Natomiast w przypadku prędkości zmierzonych za szykaną, nie odnotowano podobnego następstwa odcinków badawczych (ryc. 3.22b). Wyraźnie widoczne są mniejsze wartości prędkości v_{50} w odniesieniu do odcinków badawczych znajdujących się w otwartym terenie rolniczym (Bielkowo, Iwięcino) i istotnie większe prędkości v_{50} w terenie leśnym lub w terenie rolniczym z zagajnikami lub szpalerem drzew, zasłaniającymi sylwetę wsi lub widok pojedynczej zabudowy (ryc. 3.22b). Należy podkreślić, że wartości kwantyla 50% i średniej prędkości w ruchu swobodnym v_{sr} można uznać w przybliżeniu za tożsame, gdyż przy pomierzonej liczebności różnica pomiędzy nimi waha się w granicach 0,3-1,0 km/h.

a) w kolejności prędkości zmierzonej przed szykaną v_{85}^{przed}



b) w kolejności prędkości zmierzonej za szykaną v_{85}^{za}

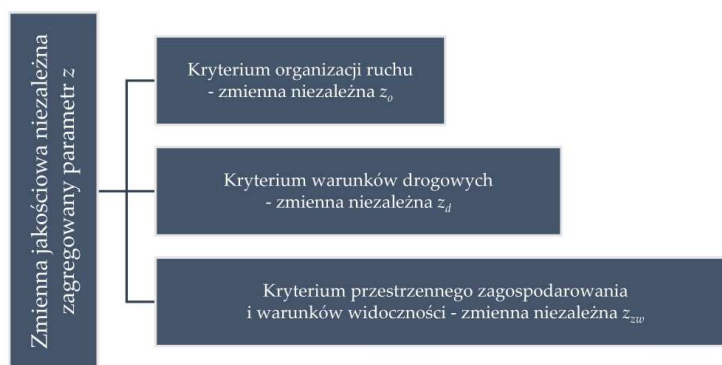


Ryc. 3.22. Oszacowanie przedziałowe prędkości w ruchu swobodnym w odniesieniu do poligonu badawczego 1 wg wielkości prędkości zmierzonej odpowiednio przed i za szykaną

Analiza powyższych obserwacji wykazuje, że przy doborze typu szykany w celu zmniejszenia prędkości wjazdowej należałoby stosować, jako zmienne niezależne mikromodele, w których uwzględniono by wiele czynników ilościowych i jakościowych charakteryzujących otoczenie strefy wjazdowej pod względem zagospodarowania, widoczności, organizacji ruchu i warunków drogowych. Potrzeba gromadzenia dużej bazy danych, zgodna ze sztuką badań eksperymentalnych opisanych w [62, 91, 138], o otoczeniu drogi w strefie wjazdowej w celu doboru typu szykany i zastosowaniu wielu mikromodeli jest bardzo czasochłonna, a także mało przydatna zarówno dla projektanta, jak i inwestora. W analizach planistycznych przydatna okazałaby się prawdopodobnie jakościowa ocena istniejącego otoczenia strefy wjazdowej, związana z praktyczną typologią, zgodnie z teorią eksperymentu [62, 138]. Określenie zmiennej jakościowej jest znacznie prostsze niż oszacowanie zbioru wielu zmiennych ilościowych, opisujących otoczenie drogi w strefie wjazdowej [89, 162, 163]. Dlatego w niniejszej rozprawie podjęto próbę zastąpienia wielu zmiennych jedną zmienną jakościową niezależną, jaką może być łączna siła wpływu przestrzennego zagospodarowania otoczenia drogi na percepcję kierowcy i oczekiwaną redukcję prędkości w strefie wjazdowej, którą oznaczono jako zmienną z. Aplikacyjne

wykorzystanie proponowanej zmiennej niezależnej wymaga jednak klasyfikacji zróżnicowanej siły oddziaływania przestrzennego zagospodarowania otoczenia drogi i oszacowania jej potencjalnego wpływu na warunki ruchowe w strefie wjazdowej do wsi.

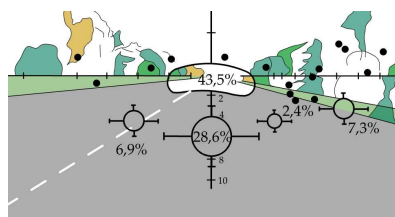
Biorąc powyższe pod uwagę analizę wniosków z badań innych badaczy opisana w rozdziale 1 w niniejszej rozprawie założono przeprowadzenie szacowania prędkości zmierzonych za szykaną v^{za} , redukcji prędkości Δv oraz wskaźnika zmian prędkości $w = \Delta v/v^{przed}$ za pomocą zaproponowanej zmiennej jakościowej z (ryc. 3.23). Zmienna ta pozwoliłaby zastąpić wiele innych zmiennych charakteryzujących przestrzenne warunki środowiskowe w otoczeniu szykany poprzez jedną zmienną niezależną (szczegółowe schematy przyjęte w poszczególnych poligonach badawczych przedstawiono w załącznikach nr 1.3, 2.3 i 3.3). W tym celu przeanalizowano wiele czynników pośrednich wpływających na: percepcję kierowcy i spostrzegalność otoczenia wokół szykany, czyli związanych z zagospodarowaniem terenu i widocznością poszczególnych elementów, ze szczególnym uwzględnieniem sylwety wsi, bliskiej zabudowy mieszkalnej, przeszkód bocznych, a także czynników związanych z organizacją ruchu i elementami drogowymi, które mogłyby oddziaływać na kierowcę i w efekcie końcowym na redukcję prędkości za szykaną.



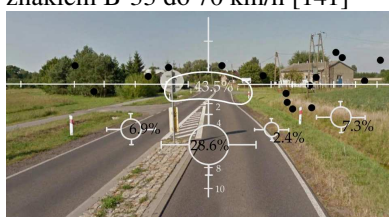
Ryc. 3.23 Schemat określenia zmiennej niezależnej z i podział na trzy przyjęte kryteria [141]

Przystępując do wyznaczenia czynników determinujących wpływających na percepcję kierowcy autor niniejszej rozprawy przeanalizował dotychczasowe badania naukowe, przeprowadzone w Japonii związane z punktami fiksacji (ryc. 3.24), opisane w [9], a także uwzględnił badania naukowców angielskich [59], związane z polem koncentracji kierowcy (ryc. 3.25), francuskich [44, 96, 121] oraz kanadyjskich [30] i innych [34, 182], związanych z określeniem pola widzenia kierowcy w zakresie 180 stopni (ryc. 3.26).

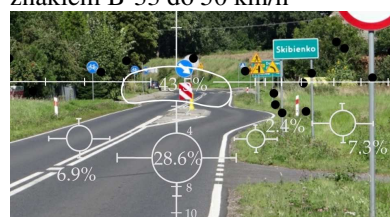
a) na podstawie danych z [9]



b) przy ograniczeniu prędkości znakiem B-33 do 70 km/h [141]

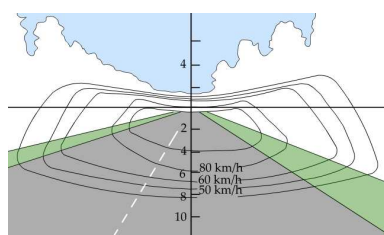


c) przy ograniczeniu prędkości znakiem B-33 do 50 km/h

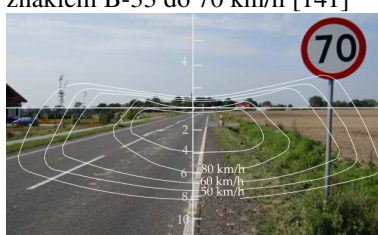


Ryc. 3.24. Punkty fiksacji otoczenia w różnych warunkach jazdy

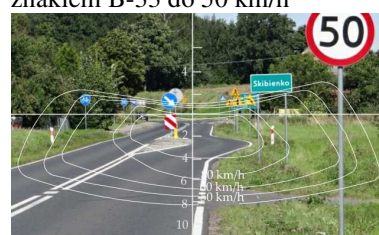
a) na podstawie danych z [59]



b) przy ograniczeniu prędkości znakiem B-33 do 70 km/h [141]



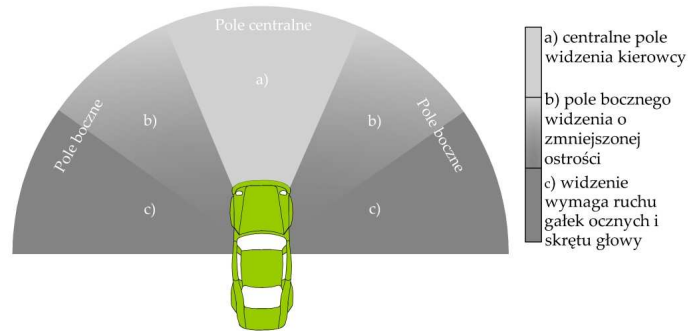
c) przy ograniczeniu prędkości znakiem B-33 do 50 km/h



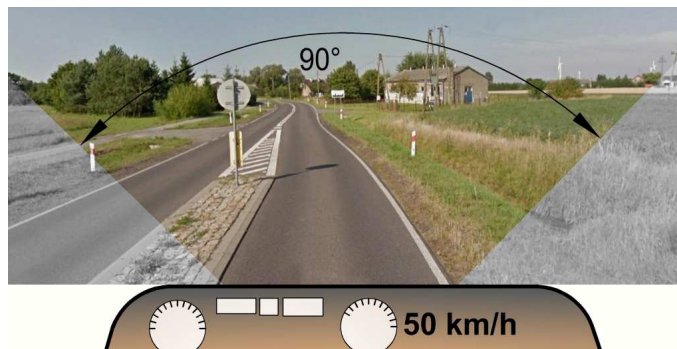
Ryc. 3.25. Pole koncentracji uwagi kierowcy

Analiza wyników badań określających punkty fiksacji oka kierowcy i podział uwagi (ryc. 3.24), jaką poświęca kierowca poszczególnym elementom drogi i otaczającego krajobrazu, wskazuje, że kierowca poświęca ok. 43% uwagi widokowi celu jazdy i ok. 10% otoczeniu bocznemu. Im większa jest prędkość, tym bardziej zawęża się pole koncentracji uwagi kierowcy i ogranicza się ono do centralnej wizji drogi (ryc. 3.25 i 3.26). Ponadto kierowca w trakcie jazdy zmuszony jest do przetworzenia dużej ilości informacji w jak najkrótszym czasie i ciągłego dostosowywania prędkości jazdy do swojej wizji otoczenia. W związku z tym jego pole widzenia podzielone jest na część centralną i boczną (ryc. 3.26a), co wynika z badań opisanych w [30, 34, 121]. Łącząc punkty fiksacji określone w [9] z polem widzenia określonym w innych badaniach można otrzymać wynikowe elementy drogi i jej otoczenia, którym kierowca w trakcie jazdy poświęca różną część swojej uwagi (ryc. 3.26). Podsumowując analizy z przytoczonych wyżej badań zagranicznych naukowców, autor rozprawy przedstawił ich wyniki na tle analizowanych odcinków z różnych poligonów badawczych odpowiednio na ryc. 3.24, 3.25, 3.26. Szczegółowe wizualizacje centralnego i bocznego pola widzenia kierowcy na dojeździe do szykany i w momencie jej przekraczania, na drogach z ograniczeniem prędkości do 70 km/h i 50 km/h autor przedstawił odpowiednio w publikacjach [140, 141]. Na ryc. 3.26 przedstawiono wizualizację pola widzenia kierowcy w odniesieniu do trzech prędkości jazdy, z wyraźnym zaznaczeniem zawężenia głównego pola widzenia i pola o zmniejszonej ostrości widzenia lub wymagającego ruchu gałek ocznych i skreśtu głowy kierowcy.

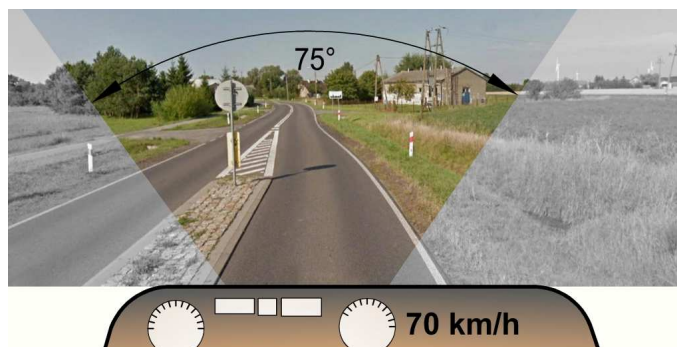
a) na podstawie danych z [121]



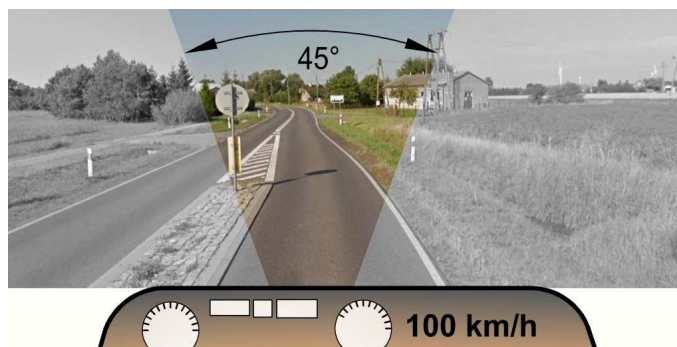
b) przy prędkości 50 km/h [141]



c) przy prędkości 70 km/h [141]



d) przy prędkości 100 km/h [141]



Ryc. 3.26. Centralne i boczne pole widzenia kierowcy

Biorąc powyższe pod uwagę w analizie jakościowej w niniejszej rozprawie wyróżniono trzy kryteria czynników związanych z organizacją ruchu, warunkami drogowymi oraz

zagospodarowaniem i widocznością (ryc. 3.23). W analizach przyjęto, że wybrane w danym kryterium jakościowe czynniki pośrednie będą miały nadane założone „miary kwantyfikacyjne” w systemie zero-jedynkowym (zgodnie z podstawami logiki [105, 162, 163]), które bezpośrednio związane są z poświadczeniem obecności danego czynnika, czyli potwierdzoną tautologią logiczną⁵⁷. Na przykład, jeśli dany czynnik był odnotowany w terenie, to będzie mu przypisana wartość 1 (potwierdzona tautologia logiczna), jeśli danego czynnika nie odnotowano, to będzie mu przypisana wartość 0 (niepotwierdzona tautologia logiczna). W niektórych przypadkach, szczególnie związanych z informacją ilościowo-jakościową dotyczącą np. odległości zabudowy lub przeszkód bocznych, zaszła jednak konieczność wprowadzenia miary kwantyfikacyjnej pośredniej i wówczas przyjęto wartość 0,5. Na przykład, gdy sylweta wsi była widoczna przy przejeździe przez szukanę w odległości mniejszej niż 100 m, to wówczas była potwierdzona tautologia logiczna, natomiast przy braku widoku sylwety wsi była niepotwierdzona tautologia logiczna. A w przypadku sylwety wsi widocznej w odległości np. 300-500 m, zachodziła konieczność przyjęcia miary pośredniej.

Przy czynnikach pośrednich związanych z kryterium organizacji ruchu wstępnie do analiz wybrano odległość pierwszych budynków mieszkalnych znajdujących się blisko krawędzi drogi, (mierzoną wzdłuż drogi od znaku D-42 oznaczającego teren zabudowany), lokalizację chodników lub innej infrastruktury drogowej względem znaku D-42, a także lokalizację znaku B-33 z podaną wartością dopuszczalnej prędkości względem osi szukaną (ryc. 3.27). Rozważano wstępnie również lokalizację znaków E-17 i D-42 przed lub za szukaną, chcąc przeanalizować jej ewentualny wpływ na redukcję prędkości Δv lub na wielkość prędkości za szukaną v^{za} . Zestawienie analizowanych czynników i przyjętą w niniejszej pracy interpretację inżynierską miar kwantyfikacyjnych przedstawiono na ryc. 3.27.

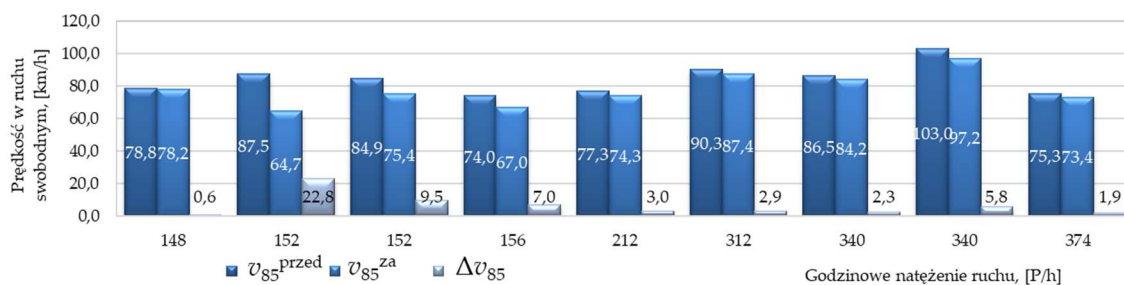
Natomiast w kryterium dotyczącym warunków drogowych rozważono również godzinowe natężenie ruchu na obu pasach i tylko na pasie wjazdowym. W pierwszej kolejności sprawdzono czy prędkości zmierzone przed i za szukaną są związane z wielkością godzinowego natężenia ruchu (ryc. 3.28). Analiza danych przedstawionych na ryc. 3.28 wykazała, że prędkości zmierzone przed szukaną mało istotnie pod względem statystycznym mogą być związane z godzinowym natężeniem ruchu, które na badanych drogach nie wykazywało większych zmian, (współczynnik korelacji jest równy tylko $R = 0,4$). Natomiast prędkości

⁵⁷ Przypis autora: Tautologie logiczne są to wyrażenia a priori – potwierdzające coś, niezależne od doświadczenia (konieczne i powszechne). Tautologie logiczne – potwierdzenie tego, co zawarte jest w zdaniu, np. „pada deszcz”. Wyrażenie a posteriori jest przeciwieństwem wyrażenia a priori – „nie pada deszcz”.

zmierzone za szykaną wykazują większe zależności od godzinowego natężenia ruchu ($R = 0,6$ – załącznik nr 1.2). Biorąc powyższe pod uwagę musiały zaistnieć inne determinanty, wpływające na redukcję prędkości za szykaną. Pozostałe wykresy z zestawieniem zmian prędkości w zależności od natężenia ruchu zestawiono w załączniku nr 1.2. Biorąc powyższe pod uwagę w dalszych analizach w kryterium dotyczącym warunków drogowych w strefie wjazdowej pominięto wpływ godzinowego natężenia ruchu na redukcję prędkości związaną z szykaną.



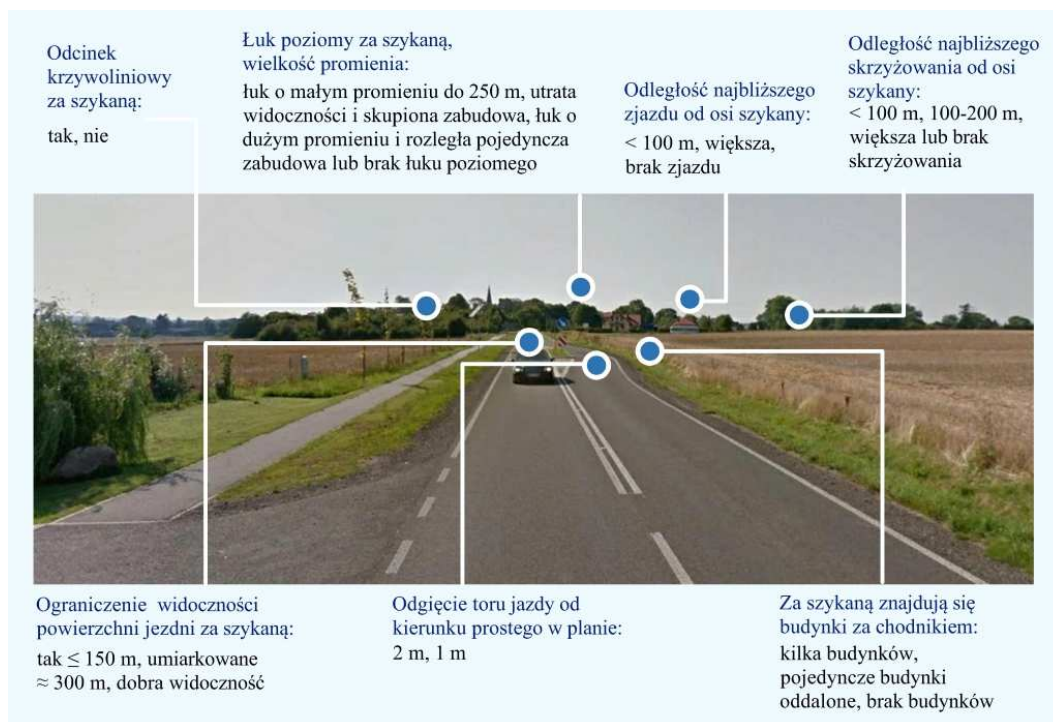
Ryc. 3.27. Wybrane czynniki związane z organizacją ruchu w poligonie badawczym 1, (czcionką niebieską oznaczono czynniki jakościowe, a czcionką czarną przyjętą interpretację miary kwantyfikacyjnej) [141]



Ryc. 3.28. Zmiany prędkości w ruchu swobodnym (poligon badawczy 1) w kolejności wartości zmierzonego godzinowego natężenia ruchu

Jednym z ważniejszych czynników w kryterium dotyczącym warunków drogowych, które rozważono wstępnie w niniejszej rozprawie, zgodnie z wnioskami sformułowanymi

w pkt 1.4 oraz szczególnie w pracach [122, 171], była wielkość odgięcia toru jazdy od kierunku prostego a (ryc. 3.8). Na podstawie wizji lokalnych, podkładów mapowych i ortofotomapy [118] do czynników jakościowych wybrano także elementarne dane drogowe związane z odcinkami krzywoliniowymi, infrastrukturą drogową, zjazdami i skrzyżowaniami. Wybrane czynniki drogowe i przyjętą w niniejszej rozprawie inżynierską interpretację ich miary kwantyfikacyjnej przedstawiono na ryc. 3.29.

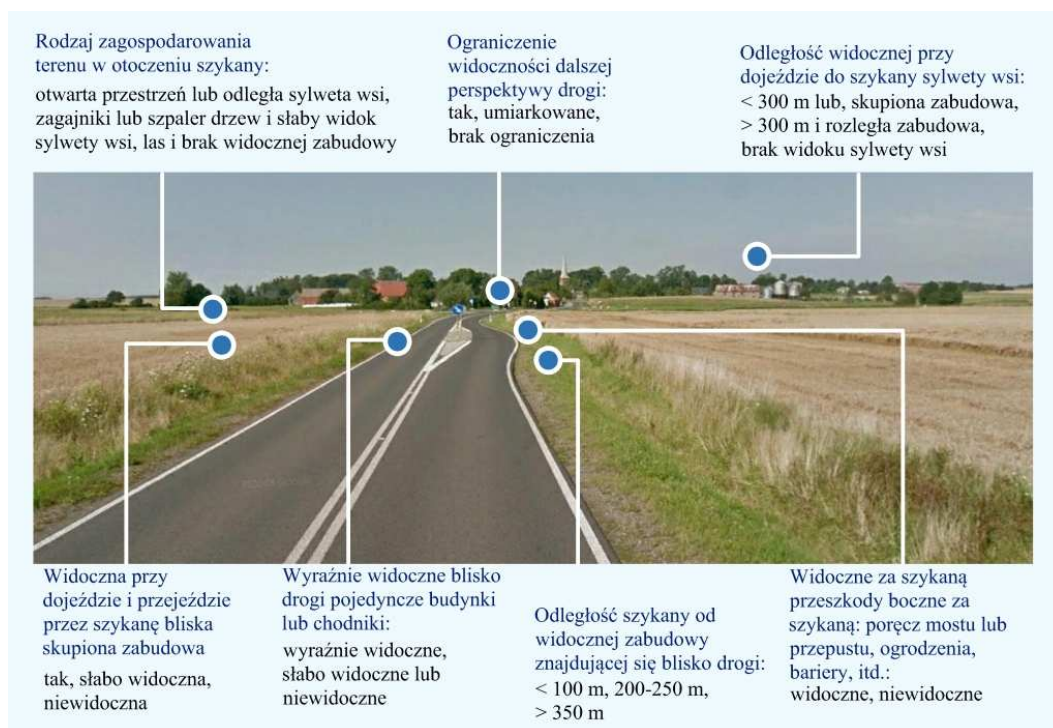


Ryc. 3.29. Wybrane związane z warunkami drogowymi w poligonie badawczym 1, (czcionką niebieską oznaczono czynniki jakościowe, a czcionką czarną przyjętą interpretację miary kwantyfikacyjnej) [141]

W ostatnim kryterium dotyczącym zagospodarowania terenu i warunków widoczności, przy czynnikach rozważanych w niniejszej rozprawie, przyjęto zgodnie z wnioskami z innych badań (pkt 1.4), jako zmienne niezależne, zaobserwowane podczas badań różnorodne jakościowo-ilościowe cechy charakteryzujące przestrzennie najbliższe otoczenie szykany oraz elementy, determinujące warunki widoczności. Rozważane czynniki i przyjętą w niniejszej rozprawie inżynierską interpretację ich miary kwantyfikacyjnej przedstawiono na ryc. 3.30.

Reasumując powyższe rozważania założono w odniesieniu do wyżej opisanych trzech kryteriów przeprowadzić wnioskowanie statystyczne związane z określeniem siły korelacji pomiędzy zmiennymi jakościowymi (Z_o , Z_d , Z_{zw}), opisanymi powyżej i parametrami charakteryzującymi prędkość (v , Δv , w), a także ogólnym zagregowanym parametrem z . W tym

celu założono wartość liczbową zagregowanego parametru z określić wg schematu przedstawionego poniżej (ryc. 3.31) i zależności (3.4).



Ryc. 3.30. Wybrane czynniki związane z zagospodarowaniem i widocznością w poligonie badawczym 1, (czcionką niebieską oznaczono czynniki jakościowe, a czcionką czarną przyjętą interpretację miary kwantyfikacyjnej) [141]

$$z_0 + z_d + z_{zw} = z$$

$$z_i = \sum(z_{0j}, z_{dj}, z_{zwwj}) = \sum z_{0j} + \sum z_{dj} + \sum z_{zwwj} \quad (3.4)$$

Ryc. 3.31. Zagregowany parametr z kwantyfikowania łącznego oddziaływania przestrzennego zagospodarowania otoczenia strefy wjazdowej na percepcję kierowcy, powodujący w efekcie zmniejszenie prędkości kierowanego pojazdu, na i -tym odcinku badawczym [141]

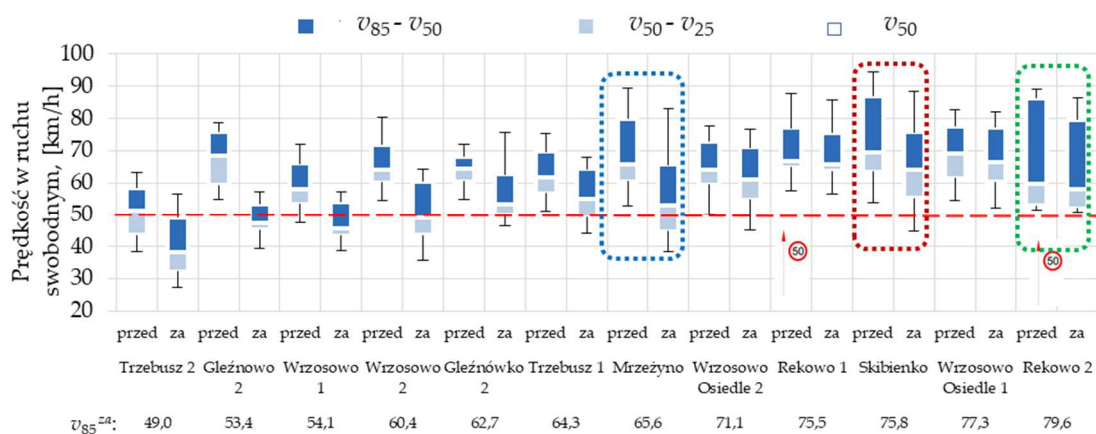
Oznaczenia: z_i – zagregowany parametr na i -tym odcinku, z_{0j} – łączna wartość oceny kwantyfikacyjnej na i -tym odcinku ze względu na organizację ruchu, z_{dj} – łączna wartość oceny kwantyfikacyjnej na i -tym odcinku ze względu na warunki drogowe, z_{zwwj} – łączna wartość oceny kwantyfikacyjnej na i -tym odcinku ze względu na przestrzenne zagospodarowanie i warunki widoczności, $\sum z_{0j}$ – wartość oceny kwantyfikacyjnej j -tych czynników na i -tym odcinku w kryterium organizacji ruchu, $\sum z_{dj}$ – wartość oceny kwantyfikacyjnej j -tych czynników na i -tym odcinku w kryterium warunków drogowych, $\sum z_{zwwj}$ – wartość oceny kwantyfikacyjnej j -tych czynników na i -tym odcinku w kryterium przestrzennego zagospodarowania i warunków widoczności.

3.4.2. Założenia badawcze przyjęte na poligonie badawczym 2

Do analizy wpływu zastosowanych środków uspokojenia ruchu w strefach wjazdowych w poligonie badawczym 2 wybrano 10 odcinków badawczych z zastosowanymi szykanami jednostronnymi oraz w celach porównawczych dwa przypadki, gdy w strefie wjazdowej nie zastosowano żadnych środków uspokojenia ruchu (Rekowo 1 i Rekowo 2). Rozmieszczenie

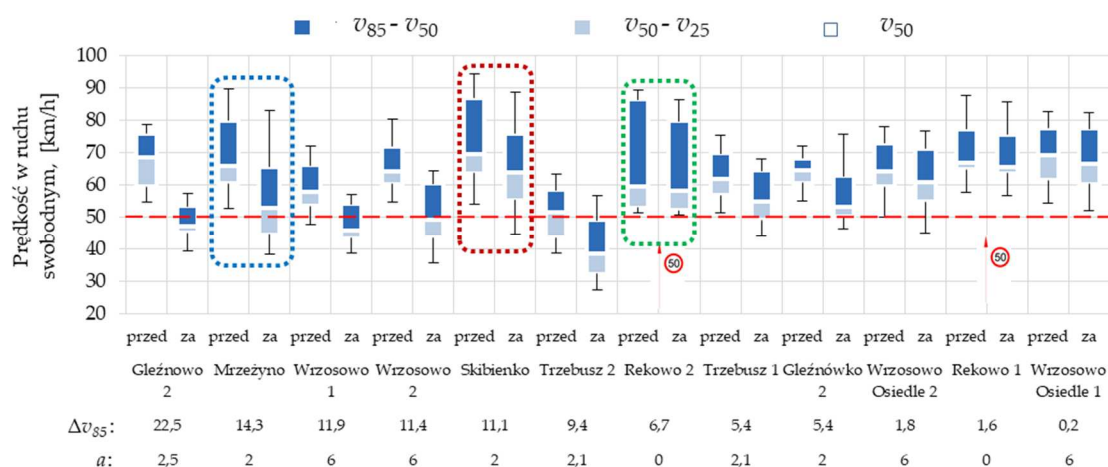
odcinków w poligonie badawczym 2 przedstawiono na ryc. 3.10. W początkowej analizie, podobnie jak w pkt 3.4.1, wykonano w odniesieniu do odcinków zaliczonych do poligonu badawczego 2 wszystkie badania terenowe zgodnie z opisem przedstawionym w pkt 3.1, następnie otrzymane wyniki prędkości poddano analizom statystycznym, zgodnie z pkt 3.2. Wyniki pomiarów zestawiono w załączniku 2. Podobnie jak w pkt 3.4.1 w odniesieniu do otrzymanych wyników prędkości wykonano ich oszacowanie przedziałowe. W dwóch przypadkach porównawczych we wsi Rekowo prędkości zmierzono odpowiednio przed i za znakami E-17 i D-42, gdyż w tym przypadku nie było zastosowanej szykany.

Poniżej na ryc. 3.32 przedstawiono wyniki wstępnych analiz. Podobnie jak w analizach wykonanych w poligonie badawczym 1 pierwsze oszacowanie przedziałowe wykonano w kolejności wielkości kwantyla 85% prędkości za szykaną (ryc. 3.32). Odcinki bez szykan w celu ich rozróżnienia oznaczono na ryc. 3.32 symbolem znaku B-33. Analiza danych przedstawionych na ryc. 3.32 wykazała bardzo duże zróżnicowanie dyspersji zmian prędkości. Szczególnie dużą dyspersję zmian prędkości odnotowano przy szykanie wybudowanej przed wsią Skibienko 1 i Mrzeżyno oraz w strefie wjazdu do Rekowa 2 (ryc. 3.1 – oznaczenia kolorowymi prostokątami). Dojazd do Skibienka i Mrzeżyna charakteryzuje się długim odcinkiem prostym w planie (długości ponad 1 km). Podobnie długim odcinkiem prostym w planie charakteryzuje się dojazd do wsi Trzebusz 2, Wrzosowo 1, Gleźnowo 2, Gleźnowko 2. Jednak dyspersje zmian prędkości na tych odcinkach są znacznie mniejsze, a to wskazuje, że są jakieś inne determinanty wpływające na percepcję kierowców i w rezultacie na wielkości prędkości wjazdowej.



Ryc. 3.32. Oszacowanie przedziałowe prędkości w ruchu swobodnym w odniesieniu do poligonu badawczego 2 wg wielkości prędkości zmierzonych za szykaną

Biorąc powyższe spostrzeżenia pod uwagę na ryc. 3.33 przedstawiono oszacowanie przedziałowe prędkości wykonane w kolejności wielkości redukcji prędkości Δv_{85} .

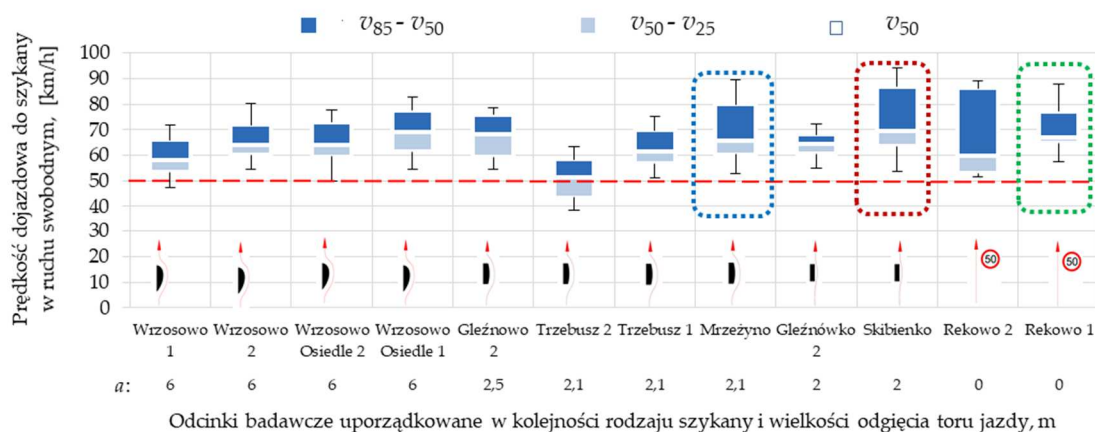


Ryc. 3.33. Oszacowanie przedziałowe prędkości w ruchu swobodnym na odcinkach badawczych z poligonu badawczego 2 wg wielkości redukcji prędkości i rzeczywistego odgięcia toru jazdy

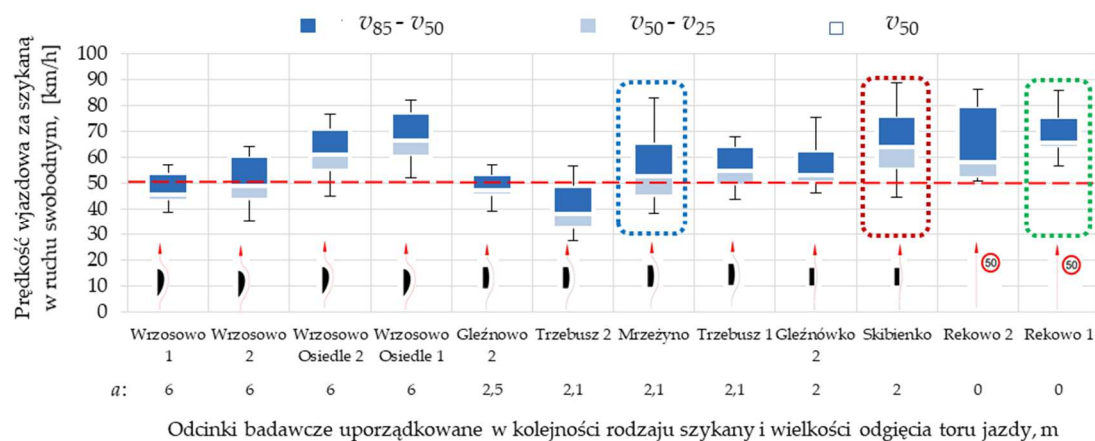
Podobnie na ryc. 3.33, zaznaczono kolorowymi prostokątami, wskazane duże dyspersje zmian prędkości na analogicznych odcinkach badawczych, co na ryc. 3.32. Analiza danych przedstawionych na ryc. 3.33 wskazuje na inną kolejność analizowanych odcinków badawczych i obrazuje, że duże różnice redukcji prędkości Δv_{85} związane mogą być z różnymi czynnikami wpływającymi na wielkość prędkości zmierzonych przed i za szykaną. Np. przy porównywalnej redukcji prędkości Δv_{85} równej ok. 11 km/h (Wrzosowo 1, Skibienko, Wrzosowo 2), odnotowano bardzo różne dyspersje zmian prędkości v^{przed} i v^{za} , które mogą być związane z jakimiś determinantami odnotowanymi w strefie wjazdowej. Również przy różnicy redukcji prędkości $\Delta v_{85} \approx 5-6$ km/h (Rekowo 2, Trzebusz 1 i Gleźnowo 2), odnotować można bardzo duże różnice dyspersji zmian prędkości. Na istnienie dodatkowych determinant wpływających na redukcję prędkości Δv_{85} wskazuje również porównanie danych z dwóch pierwszych odcinków badawczych (Gleźnowo 2 i Mrzeżyno). Oba odcinki badawcze mają podobną wartość prędkości v_{85}^{za} , przy diametralnie różnych prędkościach dojazdowych v_{85}^{przed} , ich dyspersjach i wynikowej redukcji prędkości Δv_{85} , różniącej się prawie dwukrotnie.

Analogicznie jak w poligonie badawczym 1, uwzględniając wyniki przeprowadzonych analiz wykonano oszacowanie przedziałowe wyników pomiarów prędkości w kolejności rodzaju zastosowanej szykany i wielkości odgięcia toru jazdy a , w odniesieniu do prędkości zmierzonych przed i za szykaną (ryc. 3.34).

a) w kolejności wielkości prędkości zmierzonej przed szykaną v^{przed}



b) w kolejności wielkości prędkości zmierzonej za szykaną v^{za}



Ryc. 3.34. Oszacowanie przedziałowe prędkości w ruchu swobodnym za odcinkach badawczych z poligonu badawczego 2 wg rodzaju szykany i wielkości odgięcia toru jazdy od kierunku prostego

Analiza danych przedstawionych na ryc. 3.34. wskazuje, że przy tym samym odgięciu toru jazdy i rodzaju szykany odnotować można różne prędkości na dojeździe do szykany i za nią, a także fakt, że przy mniejszym odgięciu toru jazdy można uzyskać najmniejsze prędkości zmierzone zarówno przed jak i za szykaną (ryc. 3.34 – Trzebusz 2). Ten odcinek badawczy znajdujący się po długim odcinku prostym w planie charakteryzuje się na dojeździe do szykany zastosowanymi barierami ochronnymi wybudowanymi na poboczach drogi nad przepustami. co związane jest z systemem melioracji na otwartym terenie rolniczym. Prawdopodobnie był to, oprócz widocznej dobrze sylwety wsi (ryc. 3.35), czynnik determinująco wpływający na percepcję kierowcy i w efekcie znacznie mniejsze prędkości na dojeździe do szykany (ryc. 3.36). Drugim czynnikiem wpływającym na percepcję kierowcy i zdecydowanie najmniejsze prędkości zmierzone za szykaną mogła być krętość drogi, występująca bezpośrednio za szykaną oraz bardzo dobrze widoczne przeszkody boczne, w postaci barier ochronnych nad przepustem, w odległości 25 m od osi szykany (ryc. 3.37 i 3.38).



Ryc. 3.35. Sylweta wsi dobrze widoczna na dojeździe do wsi Trzebusz 2



Ryc. 3.36. Bariery ochronne na poboczach drogi wybudowane na dojeździe do wsi Trzebusz 2



Ryc. 3.37. Kręty odcinek drogi na wjeździe do wsi Trzebusz 2 za szykaną



Ryc. 3.38. Przeszkoda boczna w postaci poręczy nad przepustem na wjeździe do wsi Trzebusz 2

Podobne spostrzeżenia dotyczące determinant związanych z warunkami drogowymi, zagospodarowaniem przestrzennym otoczenia drogi i widocznością, można sformułować odnośnie odcinka badawczego z największą redukcją prędkości równą $\Delta v_{85} = 22,5$ km/h (Gleźnowo 2). W danym przypadku na dojeździe do szykany po długim odcinku prostym w planie, znajdującym się częściowo w terenie leśnym (ryc. 3.39), prawdopodobny wpływ na redukcję prędkości miało duże odgięcie toru jazdy, zastosowany agresywny skos odgięcia 1:5 i wysoki krawężnik wzdłuż przejazdu przez szykanę i za nią, a także widok bliskiej zabudowy i obiektu inżynierskiego zaraz za szykaną (ryc. 3.40).

Sformułowane spostrzeżenia odnoszą się do odcinków zaliczonych do poligonu badawczego 2, z ograniczeniem prędkości do 50 km/h, podanym na znaku B-33 przed szykaną. Podobnych determinant nie odnotowano na odcinkach zaliczonych do poligonu badawczego 1. A to dodatkowo oznacza, że oba poligony badawcze mogą mieć różne determinanty, wpływające na redukcję prędkości.



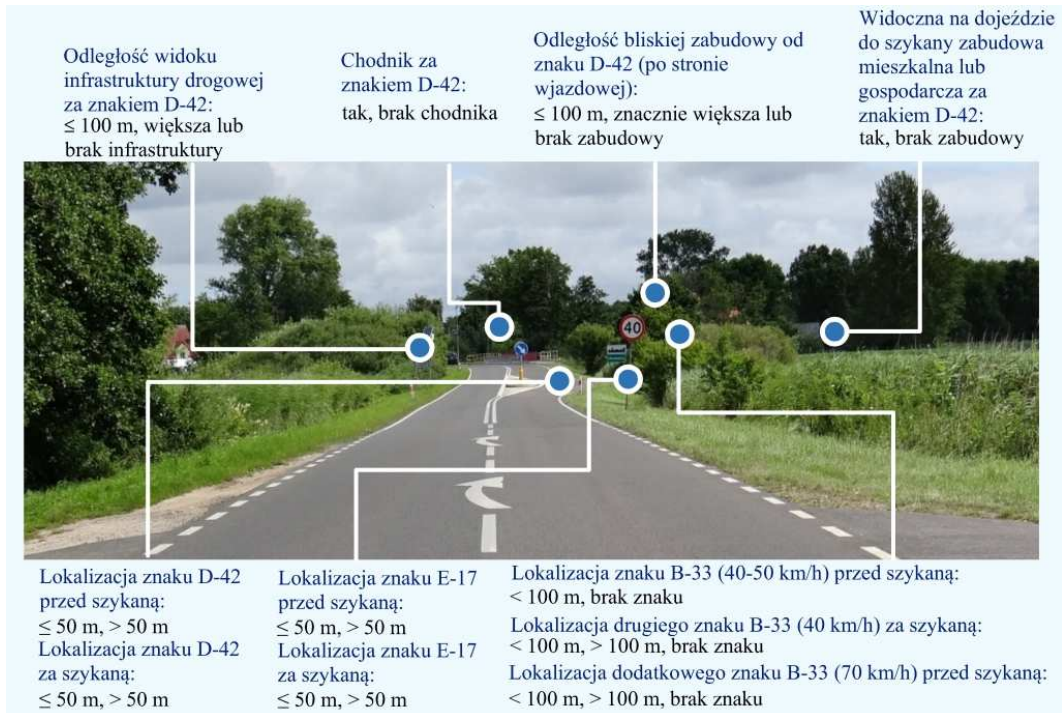
Ryc. 3.39. Dojazd do szykany na wjeździe do wsi Gleźnowo 2, znajdujący się częściowo w terenie leśnym



Ryc. 3.40. Wysoki krawężnik na krawędzi drogi na wyjeździe z szykany i widok bliskiej zabudowy we wsi Gleźnowo 2

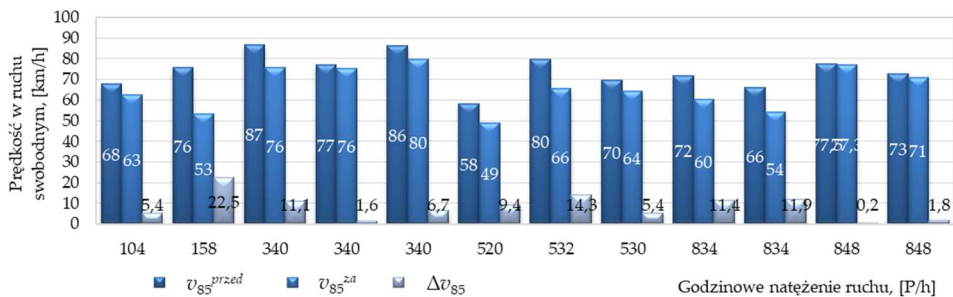
Biorąc powyższe pod uwagę szczegółowym analizom poddano, zarówno czynniki pośrednie, tj. zmienne niezależne, wymienione w poligonie badawczym 1, jak i nowe zidentyfikowane na podstawie wizji lokalnych, analizy podkładów mapowych i ortofotomap [71], wpływające na redukcję prędkości i percepcję kierowcy, (tj. spostrzegalność przestrzennego zagospodarowania otoczenia wokół szykany). Dodatkowe czynniki rozważane w poligonie badawczym 2 wyróżniono poniżej w tekście czcionką pogrubioną.

Przy czynnikach związanych z kryterium organizacji ruchu wstępnie do analiz odcinków z poligonu badawczego 2 przyjęto te same czynniki, które zdefiniowano w poligonie badawczym 1 (pkt 3.4.1 ryc. 3.27). Jednak w trakcie analiz zaobserwowano, że odcinki wybrane do poligonu badawczego 2, mogą mieć inny wpływ tych samych czynników niż w poligonie badawczym 1. Dlatego ponownie przedstawiono je na tle wizualizacji odcinka z poligonu badawczego 2 (ryc. 3.41). W poligonie badawczym 2 szykany znajdowały się w strefie wjazdowej bliżej zabudowy i w ich przypadku poprzedzał je znak B-33. Ponieważ wybrane odcinki badawcze zlokalizowane były we wsiach z rozproszoną zabudową, to ważne okazało się uwzględnienie liczby znaków B-33 w ich najbliższym otoczeniu. Dlatego w poligonie badawczym rozróżniono dodatkowo trzy czynniki, lokalizacji względem szykany znaku **B-33 z podaną wartością prędkości 70 km/h, 50 km/h i 40 km/h**. Natomiast miary kwantyfikacyjne pozostawiono te same co na poligonie badawczym 1. Ponadto analiza zagospodarowania otoczenia wykazała, że w przypadku poligonu badawczego 2 zachodzi dodatkowo potrzeba zamiany czynnika potwierdzającego widok sylwety wsi przy dojeździe do znaku D-42 na czynnik związany z **widokiem chodnika za znakiem D-42**. Poza wymienionymi czynnikami pozostałe czynniki pozostawiono bez zmian.



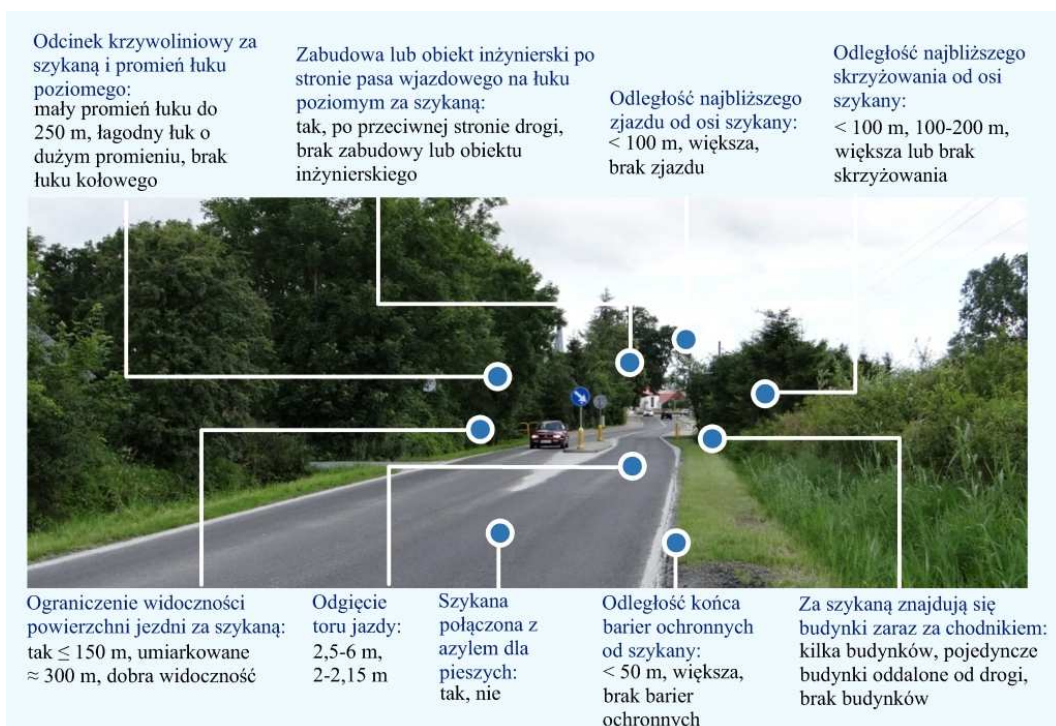
Ryc. 3.41. Wybrane czynniki związane z organizacją ruchu w poligonie badawczym 2, (czcionką niebieską oznaczono czynniki jakościowe, a czcionką czarną przyjętą interpretację miar kwantyfikacyjnych) [140]

Przy czynnikach związanych z warunkami drogowymi rozważano analogiczne godzinowe natężenie ruchu na obu pasach i tylko na pasie wjazdowym. Niestety w żadnym przypadku nie otrzymano potwierdzenia jakiegokolwiek istotnej zależności, (wszystkie współczynniki korelacji $R < 0,3$). Na ryc. 3.42. przedstawiono rezultaty pomiarów natężenia ruchu na całej jezdni. Analiza danych przedstawionych na ryc. 3.42 wskazuje, że $\Delta v_{85} \approx 11$ km/h odnotowano zarówno przy mniejszym natężeniu ruchu w granicach 340 P/h, jak i przy trzykrotnie większym równym ok. 850 p/h, a to świadczyłoby o tym, że prędkości zmierzone za szykaną i redukcja prędkości miały mały związek zależnościowy z natężeniem ruchu. Pozostałe wyniki analiz i odpowiadające im wykresy przedstawiono w załączniku nr 2.2.



Ryc. 3.42. Zmiany prędkości w ruchu swobodnym (poligon badawczy 2) w kolejności wartości zmierzonego godzinowego natężenia ruchu

Jednym z ważniejszych czynników w kryterium związanym z warunkami drogowymi, zgodnie z wnioskami sformułowanymi w [122, 171], była wielkość odgięcia toru jazdy od kierunku prostego (ryc. 3.8). W przypadku odcinków wybranych do poligonu badawczego 2, ta zmiana jest dość duża, gdyż **przy czterech szykanach półokrągłych odgięcie toru jazdy wynosiło 6 m, jedna szykana prostokątna miała odgięcie toru jazdy od kierunku prostego równe 2,5 m, a na pozostałych odcinkach odgięcie toru jazdy wynosiło ok. 2 m. Powyższe wartości odgięcia uwzględniono jedynie w miarach kwantyfikacyjnych.** Z pozostałych czynników w kryterium warunków drogowych pozostawiono wszystkie zaproponowane składowe wymienione w pkt 3.4.1 (ryc. 3.43). Ponadto dodano dodatkowe czynniki sformułowane na podstawie obserwacji poczynionych w terenie podczas wizji lokalnych i obserwacji zachowań kierowców (załącznik nr 2.3). Dodatkowo uwzględniono jeszcze czynniki związane z: potwierdzeniem istniejącej **zabudowy po stronie pasa wjazdowego na krzywoliniowym odcinku drogi za szykaną** (miary kwantyfikacyjne: tak, zabudowa po przeciwnej stronie drogi, brak), **połączeniem szykany z przejściem dla pieszych** (miary kwantyfikacyjne: tak, nie), **a także występowaniem barier ochronnych na dojeździe do szykany** (miary kwantyfikacyjne: koniec barier w odległości do 50 m od szykany, większej, brak barier). Dodatkowe czynniki przedstawiono na ryc. 3.43 oraz na ryc. 3.35-3.40.

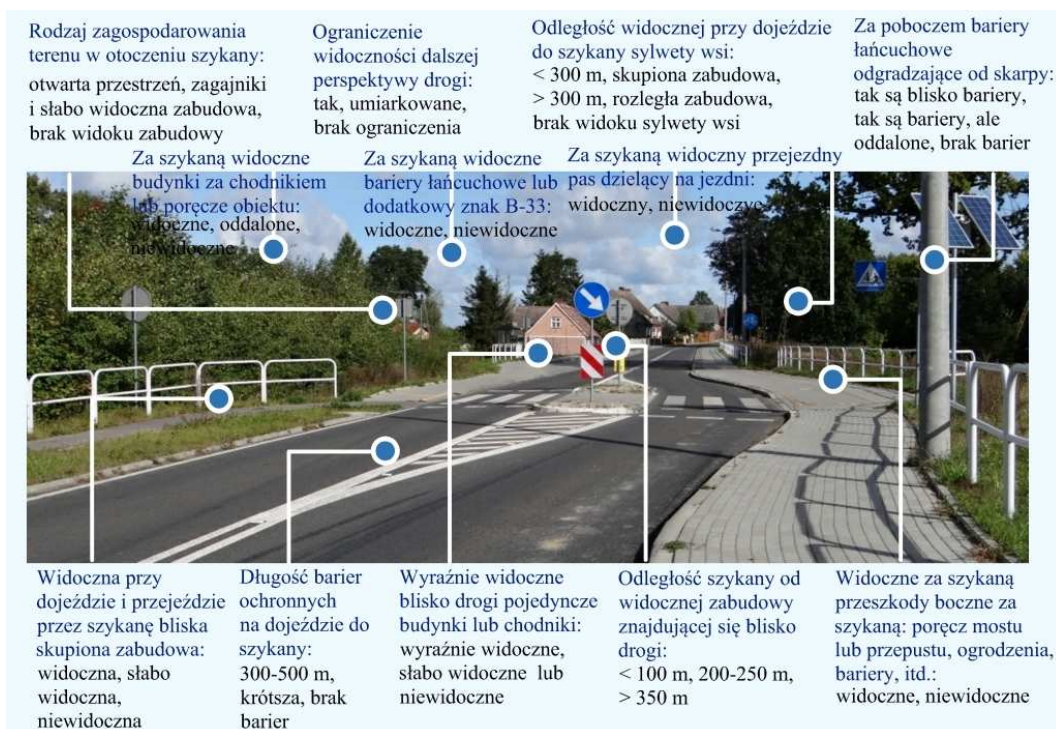


Ryc. 3.43. Wybrane czynniki związane z warunkami drogowymi w poligonie badawczym 2, (czcionką niebieską oznaczono czynniki jakościowe, a czcionką czarną przyjętą interpretację miar kwantyfikacyjnych [140])

Przy czynnikach ilościowo-jakościowych uwzględnionych w kryterium związanym z przestrzennym zagospodarowaniem terenu i warunkami widoczności rozważono, oprócz czynników, wymienionych w pkt 3.4.1 przy opisie poligonu badawczego 1 (ryc. 3.30), także kilka nowych czynników dotyczących (załącznik nr 2.3):

- **widocznej bliskiej zabudowy lub poręczy obiektu inżynierskiego**, przy zastosowanych miarach kwantyfikacyjnych: widoczne, niewidoczne,
- **długości barier ochronnych zastosowanych na dojeździe do szykany**, przy zastosowanych miarach kwantyfikacyjnych: 300-500 m, krótszej, brak barier ochronnych,
- **zastosowania barier łańcuchowych** odgradzających od skarpy, przy zastosowanych miarach kwantyfikacyjnych: tak są bariery, brak barier,
- **widoczności zastosowania dodatkowego znaku B-33**, przy zastosowanych miarach kwantyfikacyjnych: widoczny, niewidoczny,
- **widoczności przejezdnego pasa dzielącego za szykaną**, przy zastosowanych miarach kwantyfikacyjnych: widoczny, niewidoczny.

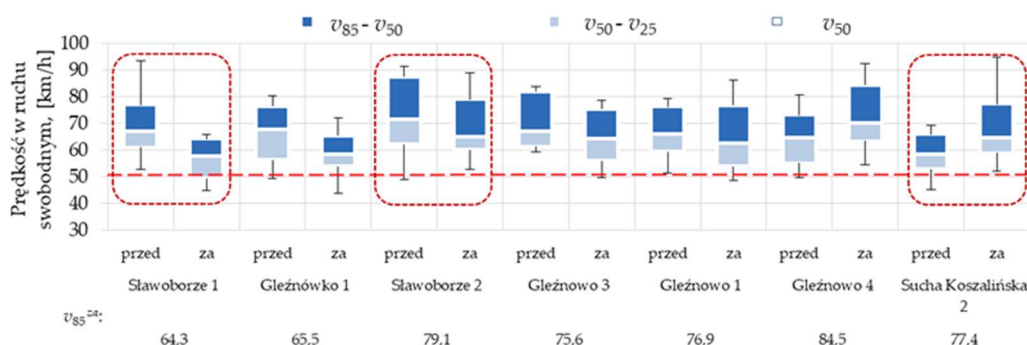
Proponowane czynniki przedstawiono na ryc. 3.44 oraz odpowiednio na ryc. 3.37-3.40.



Ryc. 3.44. Wybrane do analiz czynniki związane z zagospodarowaniem i widocznością w poligonie badawczym 2, (czcionką niebieską oznaczono czynniki jakościowe, a czcionką czarną przyjętą interpretację miar kwantyfikacyjnych) [140]

3.4.3. Założenia badawcze przyjęte na poligonie badawczym 3

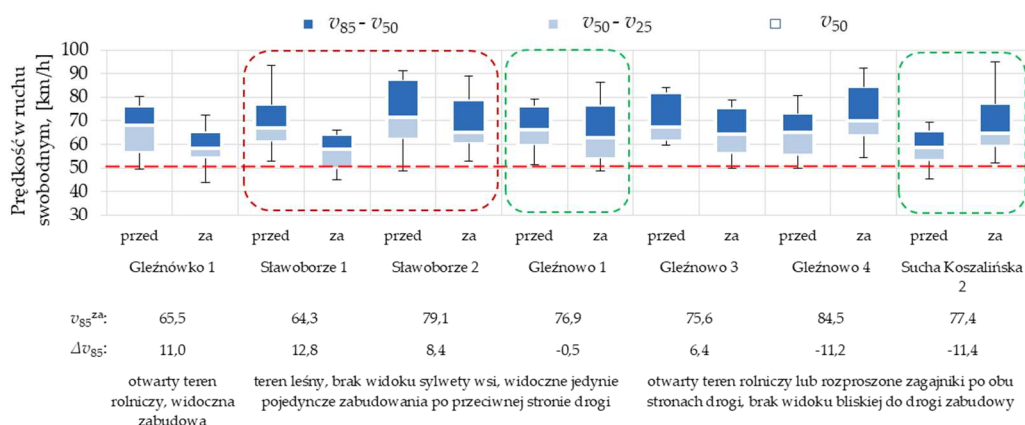
Do analizy wpływu zastosowanych środków uspokojenia ruchu w strefach wjazdowych w poligonie badawczym 3 wybrano 7 odcinków badawczych z zastosowanymi szykanami w osi jezdni⁵⁸, powodujących odgięcie torów jazdy o 1–1,5 m. Na wszystkich odcinkach badawczych obowiązywało ograniczenie prędkości do 50 km/h. Rozmieszczenie odcinków w poligonie badawczym 3 przedstawiono na ryc. 3.11. W początkowej analizie, podobnie jak w pkt 3.4.1 i 3.4.2, wykonano w odniesieniu do odcinków zaliczonych do poligonu badawczego 3 wszystkie badania terenowe zgodnie z opisem przedstawionym w pkt 3.1, a następnie otrzymane wyniki prędkości poddano analizom statystycznym, zgodnie z pkt 3.2. Wyniki pomiarów zestawiono w załączniku 3, a wyniki testów w rozdziale 7. Podobnie jak w pkt 3.4.1 i 3.4.2 w odniesieniu do otrzymanych wyników prędkości wykonano ich oszacowanie przedziałowe, w pierwszej kolejności wg wielkości kwantyla 85% prędkości v^{za} (ryc. 3.45). Analiza danych przedstawionych na ryc. 3.45 wykazała bardzo duże zróżnicowanie dyspersji zmian prędkości. Szczególnie dużą dyspersję zmian prędkości odnotowano przed wjazdem do Sławoborza 1 i 2 (ryc. 3.45 – oznaczenia prostokątami). Dojazdy do Sławoborza charakteryzują się długimi odcinkami prostymi w planie. Podobnie długim odcinkiem prostym w planie charakteryzuje się dojazd do wsi Gleźnowko i Gleźnowo. Jednak dyspersje zmian prędkości na tych odcinkach są znacznie mniejsze. Tylko w Suchej Koszalińskiej 2, dojazd do szykany jest kręty, a droga za szykaną znajduje się na długim odcinku prostym w planie z oddaloną od drogi i rozproszoną pojedynczą zabudową po stronie wyjazdu ze wsi. Powyższe spostrzeżenia wskazują, że na analizowanych odcinkach badawczych są jakieś determinanty wpływające na percepcję kierowców i w rezultacie na wielkości prędkości wjazdowej do wsi.



Ryc. 3.45. Oszacowanie przedziałowe prędkości w ruchu swobodnym w odniesieniu do poligonu badawczego 3 wg wielkości redukcji prędkości w ruchu swobodnym Δv_{85}

⁵⁸ Właściwe nazewnictwo powinno brzmieć wyspa środkowa, ale dla zachowania ciągłości nazewnictwa, autor pozostawił nazwę szykan z zaznaczeniem, że zlokalizowana ona jest w osi jezdni.

Biorąc powyższe spostrzeżenia pod uwagę na ryc. 3.46 przedstawiono oszacowanie przedziałowe prędkości wykonane w kolejności wielkości redukcji prędkości Δv_{85} , w różnych rodzajach zagospodarowania terenu wokół szykany i uzyskano przy tej samej wielkości odgięcia toru jazdy znaczne anomalie (przy dużej wielkości Δv_{85} duże dyspersje obu prędkości (ryc. 3.46 – czerwony prostokąt), a przy skrajnej ujemnej wielkości Δv_{85} również duże dyspersje prędkości v_{85}^{za} (ryc. 3.46 – zielony prostokąt), ale odwrotne. Charakterystycznym zjawiskiem w poligonie badawczym 3 było odnotowanie wzrostu prędkości za szykaną, zamiast oczekiwanej jej redukcji.



Ryc. 3.46. Oszacowanie przedziałowe prędkości w ruchu swobodnym w odniesieniu do poligonu badawczego 3 wg wielkości redukcji prędkości i różnego charakteru otoczenia strefy wjazdowej

Analiza danych przedstawionych na ryc. 3.46 wskazuje na inne następstwo analizowanych odcinków badawczych i obrazuje, że duże redukcje prędkości Δv_{85} związane mogą być z różnymi czynnikami wpływającymi na wielkość prędkości zmierzonych przed i za szykaną. Np. przy porównywalnej redukcji prędkości Δv_{85} równej ok. 11–12,8 km/h (Sławoborze 1 i Gleżnowko 1), odnotowano bardzo różne dyspersje zmian prędkości v^{przed} i v^{za} , które mogą być związane z jakimiś determinantami odnotowanymi w strefie wjazdowej. Również przy redukcji prędkości $\Delta v_{85} \approx 6-8$ km/h (Sławoborze 2, Gleżnowo 3), odnotować można bardzo duże różnice dyspersji prędkości. Na istnienie dodatkowych determinant wpływających na redukcję prędkości Δv_{85} wskazuje również porównanie danych z odcinków badawczych w Sławoborzu 2, Gleżnowo 1 i Suchoj Koszalińskiej 2. Wymienione odcinki badawcze mają podobną wartość prędkości $v_{85}^{za} \approx 77-79$ km/h przy diametralnie różnej dyspersji prędkości v_{85}^{przed} , a także odnotowanej różnicy prędkości. Podobnie na kolejno

następujących po sobie odcinkach Gleźnowo 3 i Gleźnowo 4, wynikowa różnica prędkości Δv_{85} w przypadku Gleźnowa 3 wynosi 6,4 km/h, natomiast na odcinku Gleźnowo 4 odnotowano wzrost prędkości o $-11,2$ km/h.

Największą redukcję prędkości $\Delta v_{85} = 12,8$ km/h uzyskano na odcinku badawczym zlokalizowanym w Sławoborzu 1 (ryc. 3.47). Szykana znajduje się ok. 60 m za znakiem D-42 i przy dojeździe do niej widoczne są bliskie zabudowania i obustronne chodniki. Prawdopodobnie te dwa czynniki, przyczyniły się do uzyskania dużej redukcji prędkości. Drugim odcinkiem z redukcją prędkości $\Delta v_{85} = 11$ km/h jest odcinek Gleźnowko 1 (ryc. 3.48). Na kierowców działają tutaj czynniki związane z organizacją ruchu, warunkami drogowymi oraz zagospodarowaniem bezpośredniego otoczenia drogi w pobliżu szykany. Kierowca dojeżdżając do szykany po długim odcinku prostym w planie, otoczonym otwartą przestrzenią, widzi wyraźne liczne zabudowania znajdujące się blisko drogi, a w perspektywie za szykaną znajduje się łuk poziomy ograniczający dalszą perspektywę drogi. Po lewej i prawej stronie znajdują się chodniki, a szykanie połączona jest z przejściem dla pieszych. Sama szykana znajduje się w bezpośredniej bliskości znaku E-17 i D-42. Prawdopodobnie synergia wszystkich ww. czynników oddziałuje determinująco na kierowców powodując tak dużą redukcję prędkości przy stosunkowo niewielkim odgięciu toru jazdy równym 1 m.



Ryc. 3.47. Widoczne budynki i chodniki na odcinku Sławoborze 1 [118]



Ryc. 3.48. Widoczne budynki, chodniki, łuk poziomy i znak D-42 na odcinku Gleźnowko 1 [118]

Osobliwe zjawisko odnotowano w trakcie badań na odcinku badawczym Sucha Koszalińska 2 (ryc. 3.49-3.50), na którym uzyskano nie redukcję, a największy przyrost prędkości w strefie wjazdowej. Szykana w tym przypadku zlokalizowana jest po krętym odcinku drogi w planie, ok. 240 m przed znakiem E-17 i 310 m przed znakiem D-42 informującym o wjeździe na teren zabudowany. Na percepcję kierowcy prawdopodobnie oddziałuje to, że po przejeździe przez kręty odcinek (ryc. 3.49), na którym widoczność

ograniczał gęsty las, wjeżdża się na długi odcinek prosty w planie, wokół którego znajduje się otwarta przestrzeń (ryc. 3.50). Dodatkowo przed krętym odcinkiem drogi znajdowało się ograniczenie prędkości do 50 km/h, które zostało odwołane znakiem B-42 znajdującym się bezpośrednio za szykaną. W tych okolicznościach na kierowcę nie działają żadne determinanty wpływające na redukcję prędkości. Ten fakt potwierdza, więc, że nie sama szykana, a synergia czynników zewnętrznych decyduje o skuteczności zastosowanego środka uspokojenia ruchu.



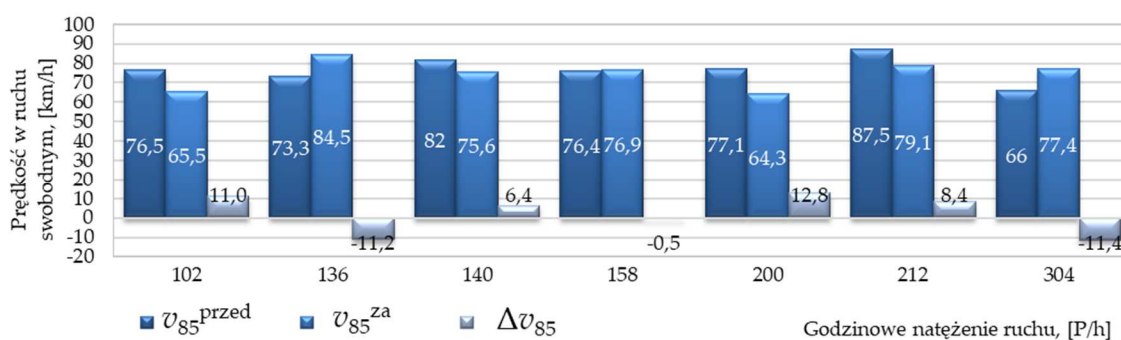
Ryc. 3.49. Ograniczenie prędkości do 50 km/h przed krętym odcinkiem drogi przed Sucha Koszalińska 2



Ryc. 3.50. Otwarta przestrzeń bez zabudowy za szykaną na odcinku Sucha Koszalińska 2

Na odcinkach z poligonu badawczego 3 szczegółowym analizom poddano również czynniki wpływające na percepcję kierowcy sformułowane i opisane w pkt 3.4.2 oraz przedstawione na schematach (ryc. 3.41, 3.43 i 3.44). W odniesieniu do odcinków z poligonu badawczego 3 nie sformułowano nowych czynników, tylko utrzymano wszystkie czynniki opisane szczegółowo w pkt 3.4.2.

Przy czynnikach w kryterium związanym z warunkami drogowymi rozważano, podobnie jak w pkt 3.4.1 i 3.4.2 godzinowe natężenie ruchu na obu pasach i tylko na pasie wjazdowym. Niestety w żadnym przypadku nie otrzymano potwierdzenia jakiegokolwiek istotnej zależności. Na ryc. 3.51 przedstawiono rezultaty pomiarów w odniesieniu do natężenia ruchu na całej jezdni. Analiza danych przedstawionych na ryc. 3.54 wskazuje, że natężenie na wszystkich odcinkach było zbliżone, tj. w przedziale 102-304 P/h, natomiast otrzymane różnice prędkości były zróżnicowane i wynosiły od 12,8 km/h do -11,4 km/h. Można, zatem stwierdzić, że redukcja prędkości w tym przypadku ma mały związek zależnościowy z natężeniem ruchu. Pozostałe wyniki analiz i odpowiadające im wykresy przedstawiono w załączniku nr 3.2.



Ryc. 3.51. Zmiany prędkości w ruchu swobodnym (poligon badawczy 3) w kolejności wartości zmierzonego godzinowego natężenia ruchu

3.5 ZAŁOŻENIA PRZYJĘTE W ODNIESIENIU DO BEZPIECZEŃSTWA RUCHU

Innym efektem wprowadzenia uspokojenia ruchu w strefach wjazdowych jest niewątpliwie oczekiwana poprawa bezpieczeństwa ruchu. Biorąc powyższe pod uwagę w ramach analiz w niniejszej rozprawie doktorskiej zebrano dane w zakresie liczby zdarzeń drogowych na drogach wojewódzkich w analizowanych wsiach w latach 2010-2016 [33]. Zdarzenia drogowe przyjęto bez rozróżniania na kolizje i wypadki drogowe. Wszystkie dane o zdarzeniach drogowych zestawiono w załączniku 4. Założono, że na podstawie otrzymanych danych możliwe będzie przeanalizowanie statystyczne zdarzeń drogowych i określenie:

- czy stosowanie szykan w strefach wjazdowych ma istotny wpływ na poprawę bezpieczeństwa ruchu,
- czy rodzaj zastosowanej szykany ma wpływ na bezpieczeństwo ruchu drogowego.

Analiza otrzymanych danych wykazała, że z uwagi na charakter prowadzenia zestawień w Rejonowych Komendach Policji, nie można szczegółowo i jednoznacznie określić wpływu zastosowania szykan w strefach wjazdowych oraz ich rodzaju na poprawę bezpieczeństwa ruchu na przejściu drogi wojewódzkiej przez analizowane wsie. Zwyczajowo w terenach zabudowanych łatwo jest określić pikietaż znaków drogowych, początkowej zabudowy, lokalizacji szykany itd. Natomiast miejsca zdarzeń drogowych wg danych otrzymanych z Rejonowych Komend Policji [33] nie zawsze pokrywają się z lokalizacją stref wjazdowych czy samej szykany. W przeważającej liczbie analizowanych wsi otrzymane dane [33] dotyczą tylko liczby zdarzeń, bez podania ich lokalizacji. Z tego względu założono, że analizie będzie poddana liczba zdarzeń drogowych w całej wsi (na drogach wojewódzkich) bez wyszczególniania konkretnych pikiet. Zakłada się, że przebudowa drogi i wprowadzenie stref ruchu uspokojonego, w tym budowa szykan, ma jednakowy wpływ na bezpieczeństwo ruchu

na całej długości przejścia przez wieś. Bazując na przytoczonych powyżej założeniach, w ramach analiz statystycznych uwzględniono również datę przebudowy danej drogi wojewódzkiej [32] oraz liczbę zdarzeń drogowych w poszczególnych latach przed i po jej przebudowie. Analiza danych przedstawionych w załączniku 4 pozwoliła stwierdzić, że po przebudowie drogi, liczba zdarzeń drogowych oscyluje wokół liczby zdarzeń sprzed przebudowy, z tendencją liczbowo malejącą.

Zgodnie z zaleceniami sformułowanymi w [177] w przypadku różnych okresów analizy bezpieczeństwa ruchu jedną z zalecanych metod jest stosowanie testu statystycznego χ^2 (3.5):

$$\chi^2 = (n_1 t_2 - n_2 t_1) / (t_1 t_2 (n_1 + n_2)) \quad (3.5)$$

gdzie: n_1 – liczba wypadków przed zastosowaniem środka poprawy bezpieczeństwa ruchu, n_2 – liczba wypadków po wprowadzeniu zmian, t_1 – długość okresu obserwacji przed wprowadzeniem zmian (lata), t_2 – długość okresu obserwacji po wprowadzeniu zmian (lata).

Otrzymaną wartość statystyki χ^2 porównuje z wartością krytyczną określoną przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$ $\chi^2_{\alpha} = 3,84$ lub też zalecaną w [177] przy małej liczebności zdarzeń drogowych przy poziomie istotności $\alpha = 0,10$ $\chi^2_{\alpha} = 2,71$. Zgodnie z zasadami statystycznymi [17, 40, 50, 149] jeśli obliczona wartość statystyki χ^2 będzie większa od wartości krytycznej, (czyli odpowiednio 3,84 lub 2,71), to stwierdzona różnica jest istotna statystycznie. Przy analizie skuteczności zastosowanego środka uspokojenia ruchu powinna równocześnie zachodzić nierówność (3.5):

$$n_1/t_1 > n_2/t_2 \quad (3.6)$$

W przypadku, gdy obliczona wartość statystyki χ^2 będzie mniejsza od wartości krytycznej χ^2_{α} , to różnice w zarejestrowanych zdarzeniach drogowych należy ocenić jako przypadkowe, wynikające z losowej natury zjawiska i nie ma wówczas podstaw do przyjęcia hipotezy o ich związku z zastosowanymi środkami uspokojenia ruchu.

Biorąc powyższe założenia pod uwagę, w ramach zadań niniejszej rozprawy, wykonano analizę statystyczną, a wyniki przeprowadzonych testów zestawiono w załączniku 4. Uwzględniając małe liczby zdarzeń drogowych na analizowanych drogach [33], na podstawie otrzymanych wyników statystyk stwierdzono, że wybudowane szlaki w strefach wjazdowych do wsi nie miały istotnego związku ze zdarzeniami drogowymi odnotowanymi na przejściu drogi przez wieś i w dalszej części rozprawy zagadnień bezpieczeństwa ruchu nie rozwijano.

3.6 ZAŁOŻENIA I METODY BADAWCZE PRZYJĘTE W ODNIESIENIU DO ZMIANY POZIOMU HAŁASU DROGOWEGO

3.6.1 Podstawowe założenia odnośnie wykonywanych pomiarów poziomu hałasu

Hałas drogowy stanowi istotny czynnik oddziaływania dróg na warunki życia mieszkańców. Przez pojęcie to należy rozumieć długotrwały uciążliwy lub szkodliwy dźwięk, czyli wrażenie słuchowe spowodowane przez fale akustyczne generowane przez wszystkie obiekty, które poprzez swój ruch pobudzają do drgań cząsteczki dowolnego ośrodka sprężystego, którym najczęściej jest powietrze⁵⁹. Wywołanie wrażenia słuchowego u człowieka wymaga, aby natężenie dźwięku przekroczyło próg słyszalności. Na podstawie danych zawartych w [21] zakłada się, że zakres częstotliwości słyszalnych waha się w zakresie od 16 Hz do 20 kHz. W [21] rozróżnia się cztery zakresy szkodliwego oddziaływania na człowieka, gdy przebywa on w pobliżu hałasu w przedziale⁶⁰:

- od 30 do 65 dB(A), to w zależności od pory dnia lub nocy, może on powodować ogólną nerwowość lub mogą nastąpić zaburzenia snu,
- od 65 dB(A) do 80 dB(A), to może to spowodować ogólne zmęczenie, spadek wydajności pracy, osłabienie słuchu, bóle głowy,
- od 80 dB(A) do 120 dB(A), to mogą występować uszkodzenia układu słuchowego lub zaburzenia układu krążenia,
- powyżej 120 dB(A), to następują mechaniczne całkowite uszkodzenia słuchu.

W niniejszej rozprawie w ramach badań skuteczności oddziaływania szykan wybudowanych w strefach wjazdowych na warunki ruchu założono również wykonanie analizy zmiany poziomu hałasu drogowego. Oczekiwana redukcja prędkości może mieć bezpośredni związek z wielkością poziomu hałasu, generowanego przez ruch drogowy od wszystkich pojazdów biorących udział w ruchu [46, 92, 94]. Zastosowana metoda wykonania pomiarów hałasu bazowała na podstawach podanych w wytycznych [176]⁶¹. Identyfikując się z tematyką rozprawy założono dobór lokalizacji odcinków badawczych w strefach wjazdowych z rozróżnieniem zagospodarowania terenu w najbliższym otoczeniu szynki, m.in. wyróżniono teren niezabudowany, z zabudową rozporoszoną oraz zabudową zwartą, z różnym stanem zieleni w otoczeniu drogi, tj. szpalerem drzew przydrożnych, terenem leśnym oraz teren rolniczy otwarty i z niewielkim zagajnikami. Ponadto założono, że wszystkie pomiary wykona

⁵⁹ Budownictwo ogólne, 2010, s. 512.

⁶⁰ Ibidem, s. 512-516.

⁶¹ Wytyczne wykonywania pomiarów hałasu..., 2005, rozdział 10 s. 21 oraz rozdział 11, s. 21-23.

się w dni robocze między godziną 11.00:16.00. W prowadzonych badaniach założono wykorzystane urządzenia klasy 1, z charakterystyką korekcyjną A i stałą czasową typu FAST, tj. profesjonalnych mierników poziomu dźwięku klasy 1 SVAN typu 971 [61], spełniających wymagania normy IEC 61672-1. Zgodnie z opisem producenta [61], miernik jest przeznaczony do wykonywania rozmaitych pomiarów akustycznych, ze szczególnym uwzględnieniem monitorowania poziomu hałasu drogowego w różnych środowiskach. W celu uzyskania miarodajnych wyników założono, że pomiary będą prowadzone przy stabilnych warunkach atmosferycznych, tj. suchej nawierzchni, braku opadów, dodatniej temperaturze itd.

3.6.2 Metodologia badawcza w odniesieniu do oceny skuteczności oddziaływania szykany na zmniejszenie poziomu hałasu drogowego

Zgodnie z zaleceniami zawartymi w [176]⁶² w niniejszej rozprawie założono, wykonanie pomiarów hałasu na wysokości 4 m n.p.t., uwzględniając, że w strefach wjazdowych budynki mieszkalne znajdują się w oddaleniu od szykany i rzadko jest to teren chroniony. Drugie założenie badawcze dotyczyło długości trwania pomiarów poziomu hałasu, z uwzględnieniem ich kolejności i mnogości. Przystępując do badań rozkładu hałasu przeprowadzono sześć wstępnych pomiarów w charakterystycznych przyszłych miejscach pomiarowych. Pomiary hałasu wykonano w pobliżu szykan przy przerwach w ruchu pojazdów i podczas ciągłego potoku pojazdów, następnie przy szykanach i różnie zagospodarowanym terenie, tj. szpalerze pojedynczych niewysokich drzew i wysokich drzewach z dużymi koronami oraz w terenie leśnym z gęsto posadzonymi drzewami i rzadkim zadrzewieniem, zaroślami i niewielkimi polankami leśnymi. Różnorodnie dobrane odcinki pomiarowe do wstępnych badań poziomu hałasu miały być podstawą określenia minimalnej liczebności próby przy dwóch poziomach istotności $\alpha = 0,1$ i $\alpha = 0,05$. Wstępnie założono, że wykona się po trzy pomiary po 5 minut. Zapis wyników poziomu hałasu odbywał się co 100 ms w trzech cyklach 5 minutowych. Pomiary były wykonywane na wysokości 4,0 m n.p.t., a punkt pomiarowy znajdował się 10 m od krawędzi jezdni lub krawędzi skarpy nasypu. Wszystkie pomiary hałasu były wykonane równocześnie z pomiarami prędkości i natężenia ruchu. Do równoczesnego pomiaru hałasu zastosowano skorelowane ze sobą urządzenia pomiarowe SVANTEK [61], co przedstawiono na ryc. 3.52 i 3.53. Przy wszystkich pomiarach była odnotowywana charakterystyka pogodowa, tj. mierzona temperatura, ciśnienie powietrza i prędkość wiatru.

⁶² Ibidem, s. 16, rys. 7.1.



Ryc. 3.52. Przykładowe ustawienie urządzeń podczas wykonywania pomiarów



Ryc. 3.53. Odczyt pomiaru prędkości wiatru i odczyt poziomego hałasu ze SVANTKA

Przyjęto, że oszacowana różnica pomiędzy trzema wartościami pięciominutowych pomiarów hałasu L_{eq} , (ze względu na różnorodne warunki rozkładu hałasu) będzie wynosiła ok. 2 dB(A), a maksymalny błąd szacunku wartości średniej nie będzie przekraczał 5% [50, 149, 187]. Na podstawie analizy wyników z pomiarów wstępnych przyjęto (tab. 3.2), że minimalna liczebność wykonywanych pięciominutowych pomiarów poziomego hałasu będzie równa trzy.

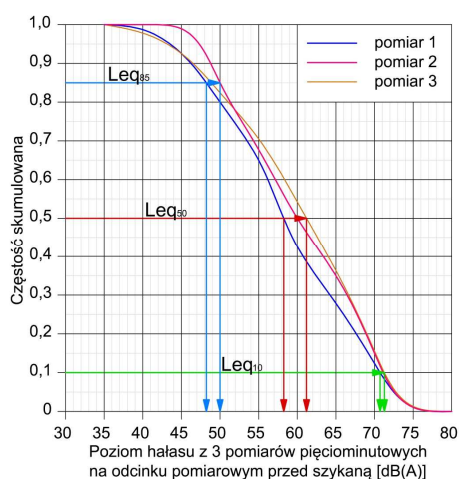
Tab. 3.2. Podstawowe wielkości uzyskane z wstępnych pomiarów poziomego hałasu

		Przerwy w potoku pojazdów	Płynny ruch ciągły	Szpaler rzadkich niewysokich drzew	Szpaler wysokich drzew z dużymi koronami	Teren leśny, gęsty las	Teren leśny, rzadki las, zagajniki i polanki
	Leg1	67,4	67,4	67,4	68,6	64,2	64,9
	Leg2	65,7	65,7	65,7	68,0	65,8	66,2
	Leg3	64,5	64,5	64,5	69,6	63,6	66,0
	$s^2=$	2,2	1,3	0,1	0,7	1,3	0,5
$\alpha=0,10$	$n_{min}=$	4,7	2,8	0,2	1,5	2,8	1,1
$\alpha=0,05$	$n_{min}=$	10,2	6,0	0,5	3,2	6,0	2,3
	$n_0=$	3	3	3	3	3	3

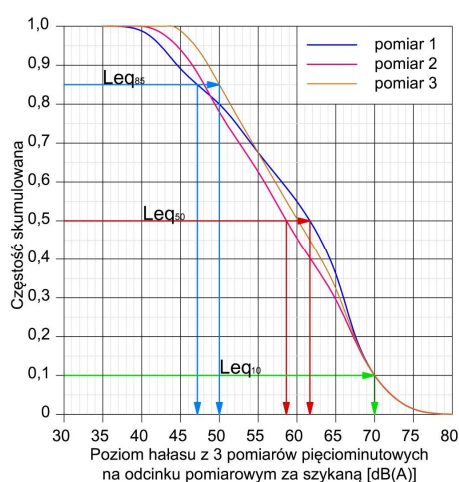
Analiza danych przedstawionych w tab. 3.2. wykazała, że przy poziomie istotności równym $\alpha=0,1$ optymalna liczba pomiarów 5-cio minutowych może być równa 3. Tylko w pierwszym przypadku przy odnotowanych przerwach w natężeniu ruchu otrzymano, że należy wykonać minimum pięć pomiarów. Uwzględniając powyższe założono, że jeśli w trakcie pomiarów zaobserwuje się istotne przerwy w ruchu, to pomiary hałasu zostaną przerwane i do dalszych analiz wykorzystana się tylko te pięciominutowe pomiary w czasie, których ruch odbywał się w sposób ciągły. Biorąc pod uwagę małe i nierównomierne natężenie ruchu, różnorodność zagospodarowania otoczenia wokół odcinków pomiarowych oraz

niewielki udział pojazdów ciężarowych na wybranych do badań drogach wojewódzkich przyjęto, że na wszystkich odcinkach badawczych wykona się trzy pomiary po 5 minut.

Uwzględniając możliwą różnicę w sposobach oceny zmiany hałasu drogowego w niniejszej rozprawie założono, że przy analizie skuteczności oddziaływania szykany będzie się brać pod uwagę zarówno wynik poziomego hałasu z całych 15 minut pomiarowych, jak i trzy wyniki z pomiarów 5-cio minutowych. W celu potwierdzenia słuszności danego rodzaju pomiaru 15 minutowego czy 3 pomiarów 5 minutowych założono wykorzystać *test istotności dla dwóch średnich*, którego wynik będzie decydował czy wyniki z trzech pomiarów można łączyć razem, czy wyniki pomiaru hałasu należy rozpatrywać oddzielnie. Podobnie jak przy pomiarach prędkości (pkt 3.1 i 3.2) założono również wykonanie *testu wariancji dwóch średnich*. Oba testy pozwalają stwierdzić czy średni poziom hałasu zmierzony przed szykaną jest istotnie statystycznie większy od poziomu hałasu zmierzonego za szykaną. W dalszej kolejności w niniejszej rozprawie założono, że wykonany zostanie *test zgodności Kołmogorowa-Smirnowa* w odniesieniu do wyników pomiaru poziomego hałasu wykonanych przed i za szykaną. W założeniach badawczych przyjęto, że pomiary zarówno prędkości, natężenia ruchu i poziomego hałasu będą wykonywane równolegle w tym samym czasie. Wobec czego poziom hałasu będzie dotyczył tej samej struktury rodzajowej i tego samego natężenia. Przykładowe wyniki porównania dystrybuant rozkładu poziomego hałasu w odniesieniu do jednego z przykładowych odcinków pomiarowych przedstawiono na ryc. 3.54 i 3.55.



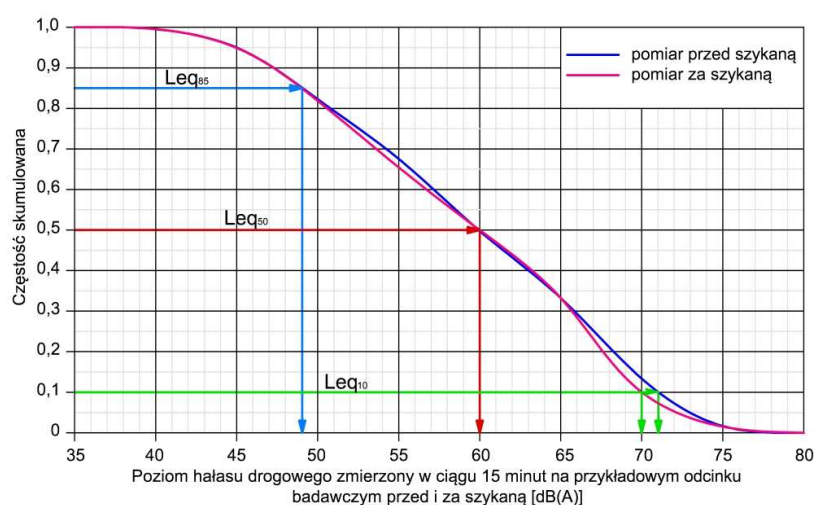
Ryc. 3.54. Dystrybuanty rozkładu hałasu na odcinku badawczym przed szykaną



Ryc. 3.55. Dystrybuanty rozkładu hałasu na odcinku badawczym za szykaną

Analiza danych przedstawionych na ryc. 3.54 i 3.55 wykazała, że kwantyl 85% i mediana nie różnią się istotnie przy porównywaniu poziomu hałasu przed i za szykaną, gdyż ich wielkości różnią się w granicach 0,5-1 dB(A), natomiast istotną różnicę w granicach

1-3 dB(A) hałasu pomierzonego przed i za szykaną otrzymuje się w odniesieniu do kwantyla 10%. W celach porównawczych do powyższych wniosków na ryc. 3.56 przedstawiono dystrybuantę rozkładu hałasu z wyników 15-to minutowych. Symulację połączenia pomiarów cząstkowych w jeden pomiar np. 15-minutowy miernik SVANTEK ma automatycznie wpisaną w procedurę obsługi [61]. Analiza rozkładów hałasu przedstawionych na ryc. 3.56 potwierdziła, że wartości kwantyla 85% i mediany nie różniły się istotnie, a różnice do 2 dB(A) zaobserwowano jedynie w odniesieniu do kwantyla 10%. Biorąc powyższe pod uwagę w dalszych analizach założono wykorzystywać do interpretacji skuteczności oddziaływania szykany na redukcję hałasu *test zgodności K-S* w odniesieniu do wyników z całych 15 minut.

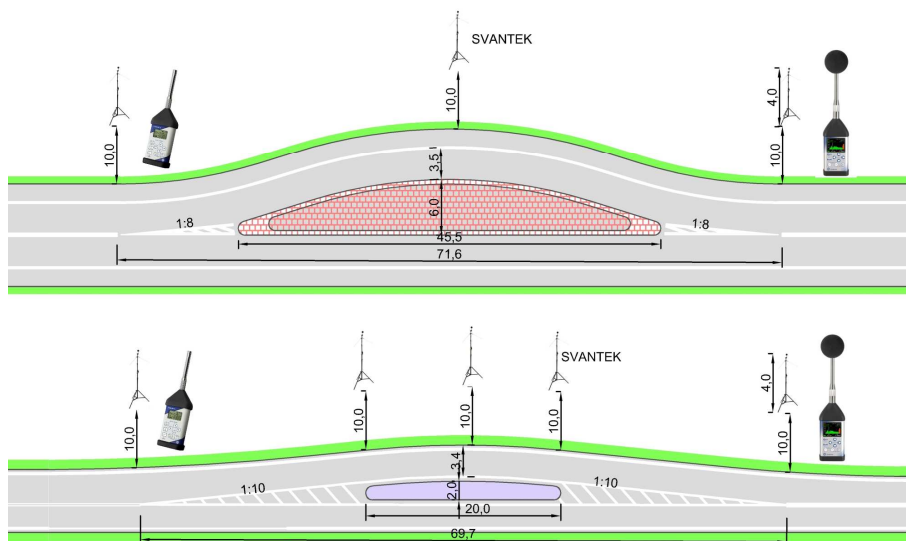


Ryc. 3.56. Dystrybuanty rozkładu poziomu hałasu z 15 minut na przykładowym odcinku badawczym

Podobnie jak w pkt 3.2 kolejnym testem statystycznym zakładanym do wykorzystania w niniejszej rozprawie do oceny skuteczności oddziaływania szykany na wynikowy poziom hałasu będzie *test niezależności χ^2* . Test ten w swoim założeniu statystycznym pozwala zbadać cechy niemierzalne z mierzalnymi. W danym przypadku cechą niemierzalną była lokalizacja pomiaru przed i za szykaną. A jednostkowe poziomy hałasu wykonywane w sposób ciągły podczas całych 15 minut miały stanowić cechy mierzalne. W sumie w każdym pomiarze 5 minutowym urządzenie pomiarowe wykonało 3000 pomiarów jednostkowych hałasu, czyli w *teście niezależności* brano pod uwagę 9000 wyników jednostkowych przed i za szykaną. Wyniki te założono rozdzielić na dwa zakresy: mniejsze od 65 dB(A) i większe od 65 dB(A). Uwzględniając, że szykany były z reguły wybudowane w strefie wjazdowej w pobliżu znaku

D-42 i pierwszych zabudowań, przyjęto na podstawie [125]⁶³, poziom hałasu równy 65 dB(A), jako dopuszczalny poziom hałasu przy zabudowie wielorodzinnej w terenie zabudowanym.

Kolejnym założeniem badawczym była lokalizacja przekrojów pomiarowych w pobliżu szykany, dotyczących ustawienia mierników pomiarowych SVANTEK. Wstępnie wykonano równocześnie po trzy pomiary z różną lokalizacją ustawienia w trzech przekrojach badawczych zsynchronizowanych ze sobą mierników pomiarowych (ryc. 3.57). Wszystkie pomiary wykonano w czasie 3 x po 5 minut wraz z odczytem łącznym 15-to minutowym.



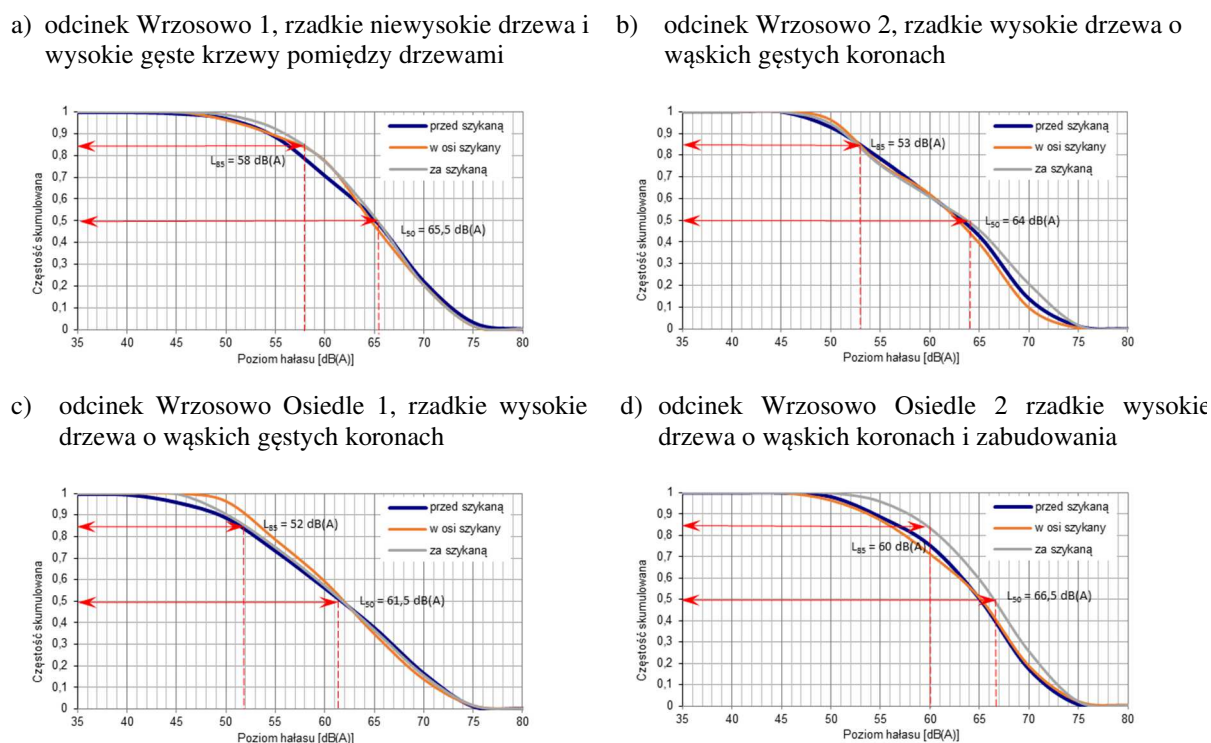
Ryc. 3.57. Ustawienie mierników do pomiaru hałasu na przykładowych dwóch odcinkach

Pomiary wstępne wykonano w czterech strefach wjazdowych z szykanami półkolistymi zlokalizowanymi w pobliżu Wrzosowa na DW107 i w jednej strefie wjazdowej z szykaną prostokątno-łukową w pobliżu Mrzeżyna na DW109. Uwzględniając niewielkie zmiany hałasu drogowego odnotowywane z reguły przy kwantylach mniejszych niż 50% (ryc. 3.58) oraz zakładaną znaczną liczbę wykonywanych pomiarów, w dalszej części niniejszej rozprawy przyjęto, że przekroje pomiarowe zlokalizowane będą tylko na początku i na końcu linii P-21 i oba pomiary będą wykonywane jednocześnie. Uwzględniając, że w przypadku większości szykan odgięcie toru jazdy było małe ($\approx 1-2$ m) oraz fakt szerokiego spektrum badawczego pomiarów wykonywanych w ramach niniejszej rozprawy, w dalszych badaniach pomiaru hałasu nie wykonywano w osi szykany.

W danym przypadku zasadnicze znaczenie w odniesieniu do wyników pomiarowych miał fakt istnienia pasa awaryjnego szerokości 2 m, co przy stopniowym ograniczeniu

⁶³ Dziennik Ustaw z dnia 22 stycznia 2014 r., poz. 112, tab. 1.

prędkości znakami B-33 70 km/h i 50 km/h nie powodowało nagłych hamowań, tylko stopniowe i ustabilizowane zmniejszanie prędkości. Zauważalne jest również (ryc. 3.58), że kwantyle hałasu w przedziale 50-85% zmierzone na odcinkach Wrzosowo 2 i Wrzosowo Osiedle 1, (zlokalizowanych pomiędzy rozdzielonymi terenami zabudowanymi), były średnio o 2–8 dB(A) mniejsze niż oszacowane w okolicy szykan w rzeczywistych strefach wjazdowych, tj. Wrzosowo 1 i Wrzosowo Osiedle 2.

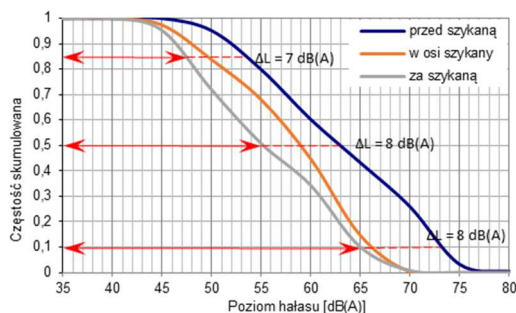


Ryc. 3.58. Dystrybuanty rozkładu poziomu hałasu pomierzonego w ciągu 15 minut na przykładowych odcinkach badawczych przy szykanie półkolistej o szerokości w osi 6 m

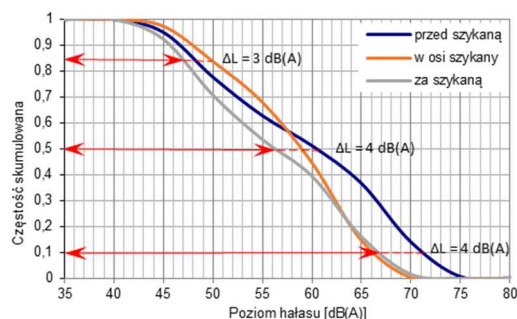
Analizując warunki miejscowe w pobliżu szykany wjazdowej do Mrzeżyna, szczególnie geometrię planu sytuacyjnego (ryc. 3.57), można stwierdzić jej wpływ na redukcję prędkości oraz pośrednio na poziom hałasu drogowego (ryc. 3.59). Kierowcy zbliżając się do strefy wjazdowej do Mrzeżyna po długim odcinku prostym w planie zostają poinformowani o szykanie i wprowadzonym ograniczeniu prędkości znakiem B-33 (40 km/h), zlokalizowanym bezpośrednio przed szykaną. Dodatkowo zaraz za szykaną znajduje się krótki łuk poziomy prowadzący na obiekt mostowy z barierą energochłonną i balustradą dla pieszych powodujący ograniczenie widoczności (widok odcinka pomiarowego przed Mrzeżynem stanowi tło na rys. 3.41). Takie nagłe pogorszenie się postrzegania dalszej perspektywy drogi powoduje zmniejszenie prędkości pojazdów w rejonie szykany, a wraz z nią zmniejszenie poziomu

hałasu. Porównanie wyników przedstawione na ryc. 3.59 również potwierdziło wcześniejsze założenia, że przekroje pomiarowe powinny być zlokalizowane na końcu skosu linii P-21.

a) pomiary wykonane na końcu skosu linii P-21



b) pomiary wykonane przy końcach wyspy szykany



Ryc. 3.59. Dystrybuanty rozkładu poziomu hałasu pomierzonego w ciągu 15 minut na przykładowym odcinku badawczym przy jednostronnej szykanie o szerokości 2 m

Ponadto przedstawione wyniki także uzasadniają, pominięcie pomiarów w osi szykany (ryc. 3.59). Porównanie przebiegu dystrybuant wykazało (ryc. 3.59a), że przy pomiarze na końcu skosu w linii P-21 poziom hałasu zmierzony za szykaną w stosunku do poziomu hałasu zmierzonego przed szykaną zmniejszył się średnio o ok. 8 dB(A). Analogicznie analiza rozkładu dystrybuant w przekrojach pomiarowych na końcu wyspy szykany (ryc. 3.59b) pozwoliła stwierdzić, że redukcja hałasu za szykaną, w stosunku do jego poziomu przed szykaną jest mniejsza (średnio ok. 3-4 dB(A)). Wy tłumaczeniem tego jest fakt, że kierowcy tuż przed szykaną rozpoczynają manewr hamowania i co za tym idzie poziom natężenia dźwięku jest mniejszy. Prawdopodobnie do mniejszego poziomu hałasu przyczyniło się również zagospodarowanie zielenią otoczenia drogi, gdyż od osi szykany jadąc w kierunku wsi znajdują się gęste krzewy o zróżnicowanej wysokości i gatunku.

Reasumując powyższe rozważania można stwierdzić, że różnica poziomu hałasu przed i za szykaną powinna być określana w punktach pomiarowych zlokalizowanych znajdujących się na końcu skosu linii P-21. Ponieważ poziom hałasu w osi szykany mieścił się pomiędzy wartościami poziomów hałasu przed i za szykaną, można uznać, że wykonywanie dalszych pomiarów w osi szykany nie jest zasadne.

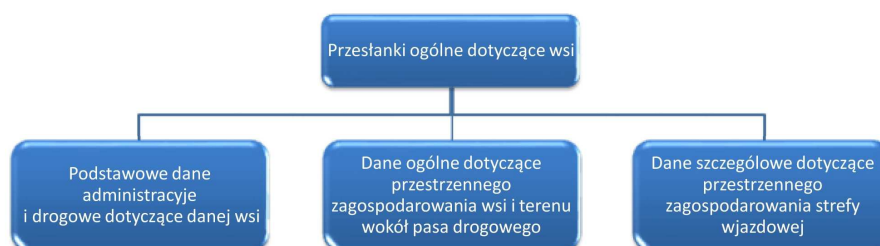
Uwzględniając różne warunki ruchu i zagospodarowanie terenu wokół szykan w niniejszej rozprawie zakłada się wykonać podsumowującą analizę oszacowania poziomu hałasu drogowego oddzielnie w poszczególnych poligonach badawczych. Powyższe analizy wykona się w celu oszacowania, w jakich warunkach zagospodarowania najskuteczniej będzie zastosować daną szykanę o danym kształcie i lokalizacji, co przedstawiono w rozdziale 8.

Rozdział 4

ANALIZA UWZGLĘDNIENIA DANYCH OGÓLNYCH W CZYNNOŚCIACH PLANISTYCZNYCH I PROJEKTOWYCH

4.1 ZAŁOŻENIA OGÓLNE

Przed analizą skuteczności szykan wybudowanych w strefach wjazdowych na oczekiwaną redukcję prędkości autor niniejszej rozprawy przeanalizował przesłanki ogólne dotyczące analizowanych miejscowości pod kątem planistycznym, w celu rozważenia ewentualnych podstaw, jakimi kierują się planiści przy planowaniu różnych środków uspokojenia ruchu. Przesłanki ogólne dotyczące wybranych wsi przeanalizowano w trzech kryteriach przedstawionych na ryc. 4.1. Szczegółowe dane odnośnie analizowanych kryteriów przedstawiono w zbiorczej tabeli 4.1.



Ryc. 4.1. Schemat ideowy analizowanych kryteriów dotyczących wybranych do badań odcinków badawczych

4.2 ZESTAWIENIE OGÓLNYCH DANYCH ADMINISTRACYJNYCH I PODSTAWOWYCH DANYCH DROGOWYCH

Po wstępnych analizach prawie stu stref wjazdowych, wybrano ostatecznie 25 stref wjazdowych na przejściach dróg wojewódzkich przez wsie. Przy analizie czynników ogólnych prawdopodobnie branych pod uwagę przy planowaniu różnych środków uspokojenia ruchu na przejściu dróg wojewódzkich przez wsie autor niniejszej rozprawy przeanalizował w pierwszej kolejności dane administracyjne [114] i podstawowe dane drogowe, przedstawione w tab. 4.1.

Tab. 4.1. Zestawienie danych ogólnych na wybranych odcinkach badawczych z podziałem na rodzaje szyszan

L.p. odcinków badawczych	szyskany jednostronne prostokątne								9	10	11	12	szyskany jednostronne polokragte		17	18	19	20	21	22	23	24	
	1	2	3	4	5	6	7	8					13	14									15
L.p. odcinków badawczych	szyskany w osi jezdnii - dane dotyczą tylko pasa wjazdowego																						
Rodzaj zastosowanej szyskany	szyskany jednostronne polokragte																						
Odcinek badawczy	Bielsko 1	Iwicznko 1	Gleznówko 2	Ułemiysł	Dęborów	Iwicznko 2	Skibienko 1	Krosno	Gleznów 2	Mrzyzno	Trzebusz 2	Trzebusz 1	Wizosowo 2	Wizosowo 1	Wizosowo Ostelle 2	Wizosowo Ostelle 1	Slawborze 1	Gleznówko 1	Slawborze 2	Gleznów 3	Gleznów 4	Gleznów 1	Sucha Koszalińska 2
Liczba mieszkańców wsi, osoby	271	316	99	315	170	316	35	508	670	1611	670	670	411	411	200	200	271	99	1927	200	200	200	405
Powierzchnia faktycznej zabudowy, tys. m ²	76	86	82	74	66	86	79	116	125	21	174	174	343	343	10	10	468	82	80	125	125	125	80
Długość przejścia drogi przez wieś, mierzona pomiędzy znakami E-17 i E-18, m	1170	1101	430	598	1287	1101	471	777	1700	jeździ znak	1461	1461	2700	2700	2700	2700	2929	1170	430	2929	1700	1700	2589
Długość przejścia drogi przez wieś, mierzona między szyskanami, m	1220	1168	371	jeździ szyskana	jeździ szyskana	1168	616	jeździ szyskana	2900	jeździ szyskana	1206	1206	1230	1230	930	930	2211	1220	371	2211	3300	3300	2700
Dane ogólne dotyczące przestrzennego zagospodarowania wsi i terenu wokół pasa drogowego																							
Długość wzdłuż drogi faktycznej zabudowy wsi (oddalonej od drogi mniej niż 20 m), m	120	225	78	128	174	225	167	607	336	46	200	200	400	400	200	200	1512	120	78	1512	336	336	741
Długość wzdłuż drogi faktycznej zabudowy wsi oddalonej od drogi dalej niż 20 m, m	646	330	76	432	60	330	37	319	325	99	750	750	440	440	510	510	862	646	76	862	325	325	1600
Potwierdzenie, że faktyczna odległość między zabudowaniami ≤ 50 m	nie	nie	nie	tak	tak	nie	nie	tak	tak	nie	tak	tak	tak	tak	nie	nie	tak	nie	nie	tak	tak	tak	nie
Potwierdzenie, że faktyczna odległość między zabudowaniami > 50 m	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
Wybudowanie otoczone zagajnikami	tak	nie	tak	tak	tak	nie	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
Zabudowa skupiona (długość mierzona wzdłuż drogi, m)	800	760	145	400	270	760	204	590	550	99	1088	1088	840	840	710	710	2240	800	145	2240	550	550	1600
Zabudowa rozproszona (długość mierzona wzdłuż drogi, m)																							
Dane szczegółowe dotyczące przestrzennego zagospodarowania strefy wjazdowej oraz potwierdzenia tautologii logicznej związanej z percepcją kierowcy																							
Długość bliższej zabudowy znajdującej się bezpośrednio przy drodze, (do odległości do 100 m od końca szyskany), mierzona wzdłuż strefy wjazdowej, m	30	brak	30	brak	brak	brak	65	brak	20	brak	brak	brak	brak	brak	brak	brak	30	brak	15	172	207	102	32
Liczba budynków, widocznych przy przejeździe wzdłuż szyskany, szt.	5	3	1	1	0	2	2	1	7	1	6	3	2	2	1	1	5	0	2	3	3	3	2
Zabudowa jednostronna znajdująca się po stronie pasa wjazdowego (do odległości 100 m od końca szyskany)	tak	brak	brak	brak	brak	brak	brak	brak	tak	brak	tak	brak	brak	brak	brak	brak	tak	brak	brak	brak	tak	tak	brak
Zabudowa jednostronna znajdująca się po stronie pasa wjazdowego (do odległości 100 m od końca szyskany)	tak	brak	tak	tak	brak	brak	tak	brak	tak	brak	tak	brak	brak	brak	brak	brak	tak	brak	brak	brak	tak	tak	brak
Odległość zabudowy jednostronnej od krawędzi drogi (po stronie pasa wjazdowego), m	15	15	12	10	brak	35	12	25	17	40	32	25	10	10	23	15	14	brak	brak	brak	22	22	7
Odległość pierwszych budynków od osi szyskany, znajdujących się po stronie pasa wjazdowego, (mierzona wzdłuż drogi), m	100	410	285	298	brak	185	118	120	21	150	170	45	260	640	207	184	50	brak	brak	brak	152	110	95
Odległość zabudowy jednostronnej od krawędzi drogi, (po stronie pasa wjazdowego), m	15	7	8	10	22	30	18	25	10	30	30	brak	14	35	15	15	22	brak	10	brak	45	45	22
Odległość pierwszych budynków od osi szyskany znajdujących się po stronie pasa wjazdowego, (mierzona wzdłuż drogi), m	47	233	37	290	340	185	45	120	70	200	70	brak	203	580	40	360	62	brak	15	brak	33	350	55
Odległość pierwszych budynków od znaku D-42 (mierzona wzdłuż pasa wjazdowego), m	18	250	300	186	390	94	brak D-42	60	160	390	253	130	340	170	20	310	113	220	145	380	brak D-42	615	114
Odległość pierwszych budynków od znaku D-43 (mierzona wzdłuż pasa wjazdowego), m	70	88	57	170	240	94	brak D-43	70	100	200	154	30	300	114	200	20	140	190	130	0	brak D-42	250	114
Oznaczenia:	tak	potwierdzenie tautologii logicznej																			brak		
	nie	niepotwierdzenie tautologii logicznej																			brak		

W przypadku wsi Gleznów długość przejścia drogi przez wieś, mierzona między szyskanami, podana jest dwójka, w mianowniku podana jest długość w odniesieniu do szyskan skrajnych, a w liczniku w odniesieniu do odległości szyskan wybudowanych w tej samej strefie wjazdowej.

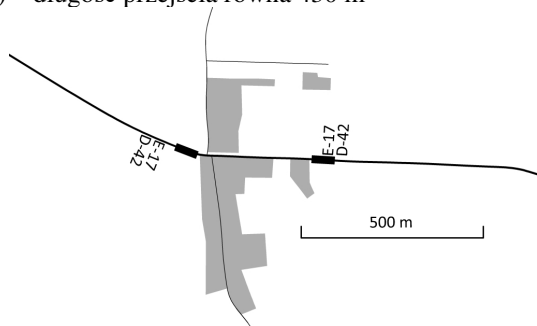
Zaliczono do nich przede wszystkim dane odnośnie: liczby mieszkańców, powierzchni faktycznej zabudowy, długości przejścia drogi przez wieś w granicach administracyjnych oraz długości przejścia drogi wojewódzkiej pomiędzy zastosowanymi szykanami. Analiza zebranych danych przedstawionych w tab. 4.1 wskazuje, że rodzaje szykan zastosowanych w projektach nie zależały, ani od liczby mieszkańców, ani od powierzchni zabudowy, czy długości przejścia drogi wojewódzkiej przez wieś. Schematy zabudowy i rozmieszczenie szykan przedstawiono na ryc. 4.2. Przy wsiach liczących ok. 2000 mieszkańców zastosowano w strefach wjazdowych zarówno szykany jednostronne, jak i szykany w osi. Podobnie było z szykanami jednostronnymi półokrągłymi, które zastosowano w podzielonej terenem niezabudowanym wsi Wrzosowo. W pierwszej centralnej części wsi mieszka ponad 400 mieszkańców, a w wydzielonym osiedlu domków letniskowych tylko 200 mieszkańców, przy bardzo różniącej się powierzchni zabudowy (ryc. 4.2e i f). Ponadto charakterystyczne były w danym przypadku również odległości pomiędzy znakami E-17 (2700 m) i odległościami pomiędzy szykanami równymi odpowiednio 1230 m i 930 m, między którymi znajduje się teren niezabudowany o charakterze rolniczym.

Ponadto w analizach danych ogólnych uwzględniono długość przejścia drogi wojewódzkiej przez wieś, odczytywane bezpośrednio z programu [118]. Jak już wcześniej wspomniano w rozdziale 3 istotnym parametrem wydawała się być długość przejścia drogi przez wieś, zmierzona pomiędzy granicami administracyjnymi (E-17 i E-18), jak i długość faktycznej zabudowy wzdłuż drogi. Wynikało to z zaobserwowanych reakcji kierowców, które powinny być zgodne z zasadami podanymi w [89, 88, 90]. Na odcinkach badawczych, na których znak D-42 informujący o wjeździe na teren zabudowany znajduje się dużo wcześniej przed faktycznymi zabudowaniami kierowcy nie widzieli podstaw do zwalniania i realizowane były prędkości wyższe niż na innych odcinkach badawczych, na których w bezpośrednim otoczeniu znaku E-17 znajdował się znak D-42, w pobliżu, którego znajdowały się zabudowania. Długość przejścia drogi wojewódzkiej przez analizowane wsie była bardzo zróżnicowana i wynosiła od 430-450 m do 2500-2900 m, co zobrazowano na ryc. 4.2. Analiza danych przedstawionych w tab. 4.1 i na przykładowych schematach zabudowy wsi (ryc. 4.2) wykazała, że rodzaje szykan i ich lokalizacje nie zależały ani od długości przejścia, ani od długości zabudowy wzdłuż drogi. Przykładem różnego rozmieszczenia szykan w stosunku do znaku D-42 i bliskiej zabudowy mogą być przypadki przedstawione na:

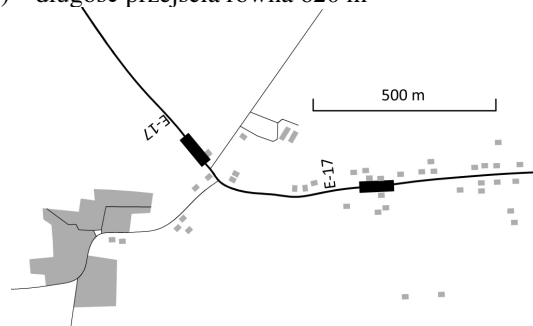
- ryc. 4.2c, d i f – szykany rozmieszczone są w pobliżu kilku zabudowań,
- ryc. 4.2c – szykany rozmieszczone są daleko od centrum wsi,

- ryc. 4.2d szykana zlokalizowana jest poza granicami administracyjnymi i terenem zabudowanym,
- ryc. 4.2f wieś jest podzielona na dwie części i szykana znajduje się daleko od znaku D-42.

a) długość przejścia równa 430 m



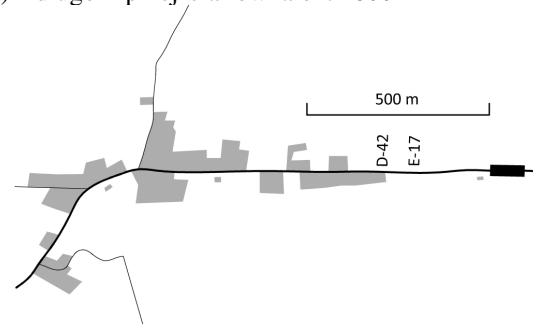
b) długość przejścia równa 620 m



c) długość przejścia równa ok. 1700 m



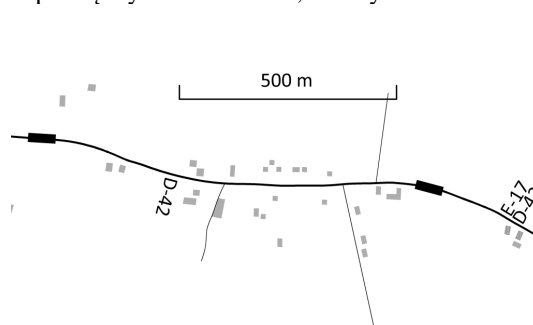
d) długość przejścia równa ok. 2600 m





e) długość przejścia równa ok. 2700 m, mierzona pomiędzy znakami E-17 m, a faktyczna 1230 m



f) długość przejścia równa ok. 2600 m, mierzona pomiędzy znakami E-17, a faktyczna 930 m



Ryc. 4.2. Przykładowe schematy zabudowy analizowanych wsi wraz z lokalizacją szykan i znaków E-17/D-42

Oznaczenia:  szykana D-42 - znak "obszar zabudowany" E-17 - znak "miejscowość"  zabudowania

Reasumując powyższe analizy, można sformułować wniosek, że ani planiści przy planowaniu uspokojenia ruchu wzdłuż dróg wojewódzkich i przy planowaniu lokalizacji szykan, ani projektanci podczas projektowania rozmieszczenia środków uspokojenia ruchu i doborze rodzaju szykany w strefie wjazdowej, nie kierują się danymi ogólnymi dotyczącymi danej wsi, przez którą przechodzi droga wojewódzka.

4.3 ZESTAWIENIE DANYCH OGÓLNYCH DOTYCZĄCYCH PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA ANALIZOWANYCH WSI

Z danych ogólnych charakteryzujących przestrzenne zagospodarowanie terenu wsi i terenu wokół pasa drogowego drogi wojewódzkiej autor przeanalizował kilka czynników związanych przede wszystkim z potwierdzeniem tautologii logicznej odnośnie zabudowy wsi oddalonej od drogi do 20 m i powyżej, odległości między poszczególnymi zabudowaniami, a także potwierdzeniem lub nie potwierdzeniem zwartej zabudowy lub zabudowań rozproszonych i budynków mieszkalnych otoczonych zagajnikami zieleni. Podobne metody analiz wpływu zagospodarowania otoczenia drogi na prędkość i bezpieczeństwo ruchu na przejściu przez wieś stosowano w pracy [85, 86]. Analiza danych zestawionych w tab. 4.1 oraz zdjęć satelitarnych analizowanych wsi (z programu Google Earth [118]), przedstawionych na ryc. 4.3 wykazała, że dobór zastosowanych rodzajów i kształtów szykan na analizowanych drogach wojewódzkich nie był uzależniony od analizowanych ww. wybranych parametrów.

Szykany jednostronne stosowano najczęściej przy długości faktycznej zabudowy wsi wzdłuż drogi wojewódzkiej od ok. 150 m do 500 m i wyjątkowo w jednym przypadku jednej szykany zastosowanej w strefie wjazdowej do wsi Krosino (przy długości skupionej zabudowy wsi ok. 600 m).

Natomiast szykany w osi jezdni stosowano bez względu na długość faktycznej zabudowy wsi wzdłuż przejścia, a także bez względu na odległości pomiędzy zabudowaniami i charakter zagospodarowania przestrzennego terenu wokół pasa drogowego. W celach porównawczych i objaśniających autor na ryc. 4.3 przedstawił kilka przykładów kontrastującego ze sobą przestrzennego zagospodarowania terenu przyległego do analizowanej drogi wojewódzkiej i zastosowanych różnych rodzajów szykan.

Na ryc. 4.3 a i b przedstawiono przypadki dwóch wsi, w których zastosowano różne rodzaje szykan w strefach wjazdowych. Szczegółowa analiza ich lokalizacji względem zabudowy wskazuje, że tylko w jednym przypadku szykana znajdowała się w odległości ok. 60 m od zabudowy zlokalizowanej po stronie pasa wjazdowego. W pozostałych przypadkach szykany były znacznie oddalone od faktycznej zabudowy wsi. Na ryc. 4.3d przedstawiono przypadek, gdy w strefie wjazdowej zastosowano po dwie szykany na jej początku i na końcu strefy, w pobliżu centralnej ścisłej zabudowy wsi. Szczegółowa analiza wykazuje, że pierwsze szykany umieszczone na początku strefy wjazdowej nie są związane z zabudową we wsi, gdyż pojedyncze gospodarstwa w danym przypadku są otoczone zagajnikami zieleni i praktycznie dla kierowcy zabudowania są niewidoczne.

a) szykany zlokalizowane tylko w strefach wjazdowych z różną zabudową wsi



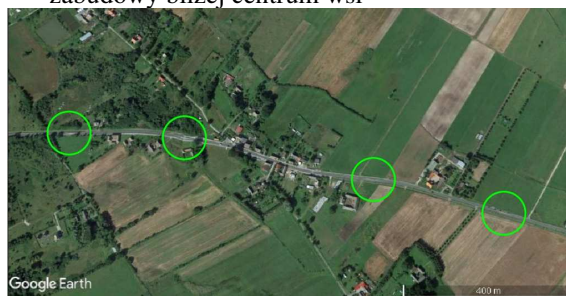
b) szykany zlokalizowane w strefach wjazdowych bez bliskiej zabudowy



c) szykany zlokalizowane na przejściu drogi wojewódzkiej przez wieś i azyl dla pieszych w centrum wsi pomiędzy zatokami autobusowymi



d) szykany zlokalizowane w strefach wjazdowych bez bliskiej zabudowy i w pobliżu bliskiej zabudowy bliżej centrum wsi



e) szykany i azyl dla pieszych zlokalizowane w pobliżu szeregowej jednostronnej zabudowy osiedla i naprzemiennych zatok autobusowych



f) szykany i azyl dla pieszych zlokalizowane na przejściu drogi wojewódzkiej przez osiedle letniskowe z rozproszoną pojedynczą zabudową



Ryc. 4.3. Porównanie przestrzennego zagospodarowania terenu wokół przejścia drogi wojewódzkiej przez wieś (lokalizacje szykan, bądź azyli dla pieszych oznaczono kołami), na tle zdjęć satelitarnych z [118]

Analiza lokalizacji szykan z uwzględnieniem intensywności przestrzennego zagospodarowania terenu wokół przejścia drogi wojewódzkiej przez wieś, przedstawionych na ryc. 4.3, wskazuje, że zarówno przy lokalizacji szykan, jak i doborze ich rodzaju planiści i projektanci nie kierowali się ani gęstością zabudowy, ani długością zabudowy wzdłuż drogi, obojętnie, czy to była zwarta zabudowa, czy były to rozporoszone pojedyncze zabudowania.

W kilku miejscowościach przy lokalizacji np. zatok autobusowych we wsi, w ich pobliżu wybudowano azyle dla pieszych, co też oznaczono na ryc. 4.3c, e i f. I rzeczywiście lokalizacja azyli dla pieszych w centrum wsi związana była z większym nagromadzeniem się zabudowy lub z lokalizacją zatok autobusowych. Natomiast prawie na wszystkich przykładowych zdjęciach satelitarnych przedstawionych na ryc. 4.3 można zaobserwować,

że w strefie wjazdowej brakuje ścisłej zabudowy, a odnotować można jedynie pojedyncze rozproszone zabudowania mieszkalne dodatkowo otoczone zagajnikami zieleni.

Dla czytelniejszego zobrazowania tego zagospodarowania na ryc. 4.4 autor przedstawił kilka przykładów takich stref wjazdowych. Np. na ryc. 4.4a przedstawiono strefę wjazdową do wsi przy zabudowie mieszkalnej zlokalizowanej po stronie pasa wyjazdowego, w przypadku gdy budynek jest otoczony zagajnikiem zieleni, kierowca nie ma miarodajnej oceny istniejącej sytuacji i nie zawsze redukuje prędkość kierowanego pojazdu nawet widząc znaki E-17 i D-42. Odwrotnym przypadkiem jest lokalizacja szykany w osi jezdni przedstawiona na ryc. 4.4b, gdy kierowca mijając rozproszone pojedyncze zabudowania oddalone od krawędzi jezdni i otoczone zagajnikami zieleni, nie odczuwa potencjalnego zagrożenia i nie zawsze redukuje prędkość kierowanego pojazdu. Na ryc. 4.4c przedstawiono lokalizację dwóch szykan w osi jezdni w pobliżu gospodarstwa wielorodzinnego, składającego się z kilku budynków otoczonych gęstym zagajnikiem zieleni (ryc. 4.4d). Kierowca w danym przypadku nie widząc bezpośredniego zagrożenia nieoczekiwanego wtargnięcia na jezdnię i otaczający drogę otwarty teren rolniczy, mimo zastosowanego odgięcia toru jazdy o 1 m, nie zawsze redukuje prędkość kierowanego pojazdu.

a) szykana jednostronna prostokątna



c) dwie szykany w osi jezdni



b) zastosowana szykana w osi jezdni i azyl dla pieszych



d) przykład zagajników zieleni otaczających rozproszoną zabudowę wsi w pobliżu szykany

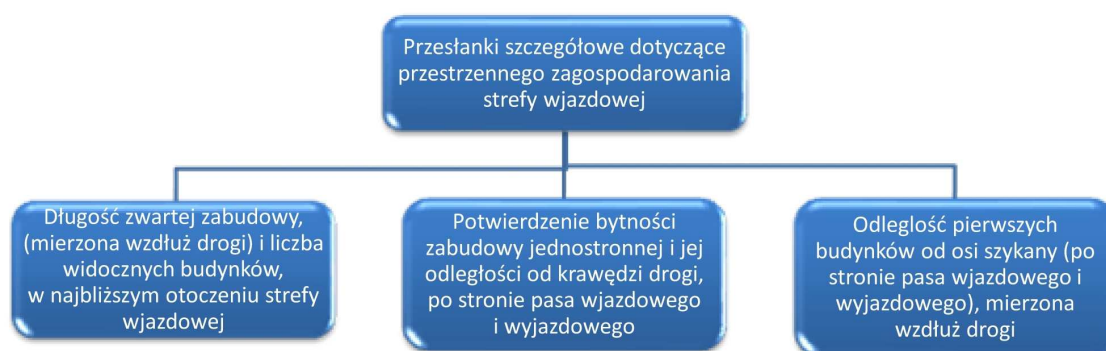


Ryc. 4.4. Przykłady lokalizacji szykan (pomarańczowe koła), zagospodarowania terenu wokół drogi oraz pojedynczej rozproszonej zabudowy otoczonej zagajnikami zieleni (zielony wielokąt), na tle zdjęć satelitarnych przykładowych wsi z programu Google Earth [118]

Przedstawiona wyżej szczegółowa analiza lokalizacji szykan i dobór ich rodzaju również wykazała, że ani planiści, ani projektanci podczas projektowania nie uwzględniali parametrów charakteryzujących przestrzenne zagospodarowanie otoczenia drogi wojewódzkiej wymienionych w tab. 4.1.

4.4 ZESTAWIENIE DANYCH OGÓLNYCH CHARAKTERYZUJĄCYCH ANALIZOWANE STREFY WJAZDOWE

Jako ostatnie z branych pod uwagę kryteriów z rozważanych przesłanek ogólnych, przeanalizowano szczegółowe dane na temat zagospodarowania przestrzennego strefy wjazdowej. Szczegółowy zakres czynników charakteryzujących strefy wjazdowe poddane analizie przedstawiono na poniższym schemacie (ryc. 4.5). Wyróżniono w nim długość zwartej zabudowy i liczbę widocznych dla kierowcy budynków przy przejeździe wzdłuż szykany, a także występowanie zabudowy jednostronnej po stronie pasa wjazdowego lub wyjazdowego oraz odległość pierwszych zabudowań od osi szykany, zarówno po stronie pasa wjazdowego, jak i wyjazdowego.



Ryc. 4.5. Schemat ideowy przyjęty przy analizie charakteru zabudowy w strefie wjazdowej

W pierwszej kolejności przeanalizowano warunki zabudowy w strefie wjazdowej. Założono przy tym, że strefa wjazdowa odnosi się do odcinka drogi długości ok. 100 m za szykaną. Wyszczególniono w analizach m.in. długość zabudowy bliskiej, tzn. znajdującej się bezpośrednio przy drodze, która była mierzona wzdłuż drogi oraz liczbę zabudowań widocznych dla kierowcy przy przejeździe przez szykanę. Na podstawie danych przedstawionych w tab. 4.1 można wywnioskować, że wybór rodzaju szykan nie zależy ani od długości bliskiej zabudowy, ani od liczby budynków widocznych przy przejeździe przez

szykanę. Dane w tym zakresie są różnorodne i nie pozwalają jednoznacznie zdefiniować wpływu tych czynników na wybór rodzaju szykany.

W następnej kolejności zweryfikowano występowanie zabudowy jednostronnej po stronie pasa wjazdowego i wyjazdowego oraz jej ewentualną odległość od krawędzi drogi. Analiza danych zestawionych w tab. 4.1 pozwala stwierdzić, że również w tym zakresie brak jest zależności między występowaniem zabudowy jednostronnej oraz jej odległości, a doбором rodzaju szykany. Zarówno przy szykanach jednostronnych, jak i szykanach zlokalizowanych w osi jezdni, znajdują się odcinki bez zabudowy lub z zabudową jednostronną o zbliżonej odległości do drogi. Pozwala to, zatem potwierdzić, że czynnik ten nie jest analizowany podczas projektowania i planowania lokalizacji szykany w strefie wjazdowej.

Jako ostatnia przesłanka przestrzennego zagospodarowania strefy wjazdowej została przeanalizowana odległość pierwszych budynków od osi szykany, która mierzona była wzdłuż drogi po stronie pasa wjazdowego i wyjazdowego. Wartości, które przedstawione zostały w tab. 4.1 pozwalają przypuszczać, że odległości te są mocno zróżnicowane przy wszystkich rodzajach analizowanych szykan. Na odcinkach, na których zastosowano szykany jednostronne prostokątne wahały się one od 100 m do 298 m na pasie wjazdowym oraz od 45 m do 340 m na pasie wyjazdowym. Przy szykanach jednostronnych półokrągłych pierwsze budynki od osi szykany oddalone były od 184 m do 640 m na pasie wjazdowym oraz od 40 m do 580 m na pasie wyjazdowym. Analogicznie było w grupie szykan prostokątno-łukowych i szykan wybudowanych w osi jezdni. Pozwala to, zatem potwierdzić przypuszczenie, że dobór rodzaju szykany w żadnym z odcinków badawczych nie zależał od analizowanej przesłanki.

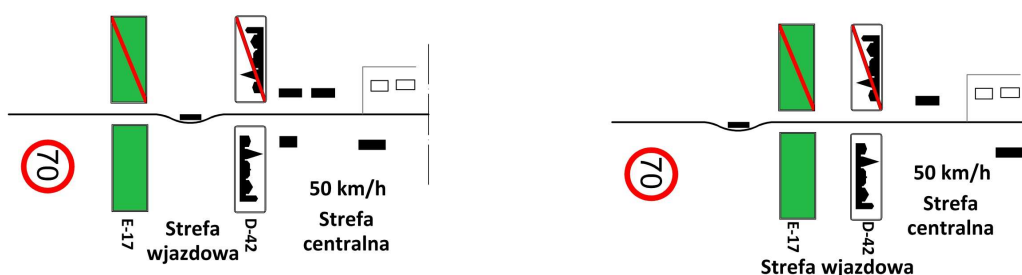
Rozdział 5

DETERMINANTY ODDZIAŁYWANIA SZYKAN NA WARUNKI RUCHOWE W POLIGONIE BADAWCZYM 1

5.1 ZAŁOŻENIA OGÓLNE

Na odcinkach badawczych zaliczonych do poligonu badawczego 1 różnie były umieszczone znaki E-17 i D-42 względem szykany (ryc. 5.1). Zgodnie z obowiązującymi wytycznymi [185], znak E-17 powinien być umieszczony na granicy obszaru administracyjnego lub w odległości 50-100 m przed pierwszymi zabudowaniami, gdy zabudowania są znacznie oddalone od granicy administracyjnej. Natomiast granicę obszaru zabudowanego wyznacza znak D-42, który stosuje się wówczas, gdy zabudowa wzdłuż drogi ma charakter mieszkalny i generuje ruch pieszy. Zgodnie z wytycznymi [185], jeśli granica administracyjna pokrywa się z granicą obszaru zabudowanego, oba znaki umieszcza się razem. Na odcinkach badawczych tylko w jednym przypadku, z odnotowaną największą redukcją prędkości $\Delta v_{85} = 22,8$ km/h w odległości od znaku D-42 m ok. 60 m znajduje się bliska zabudowa mieszkalna (ryc. 5.1a). Na pozostałych odcinkach badawczych zabudowa była znacznie oddalona od znaku D-42 i od wybudowanej szykany (ryc. 5.1b), a sama szykana była wybudowana przed znakiem E-17.

- a) rozmieszczenie znaków E-17 i D-42 na odcinku z odnotowaną największą redukcją prędkości b) rozmieszczenie znaków E-17 i D-42 na pozostałych odcinkach badawczych



Ryc. 5.1. Przykłady lokalizacji znaków E-17 i D-42 na odcinkach z poligonu badawczego 1 [141]

Z obserwacji poczynionych na odcinkach badawczych istotny okazał się bardziej widok sylwety wsi i widok bliskiej zabudowy niż umiejscowienie znaków E-17 i D-42, za którymi w większości przypadków nie było zabudowy mieszkalnej. Przedmiotowej strefy wjazdowej na odcinkach badawczych też nie udało się ściśle potwierdzić, gdyż tylko w jednym przypadku szykana była wybudowana za znakiem E-17, w pozostałych przypadkach szykana poprzedzała znaki E-17 i D-42, a sylweta wsi i zabudowa mieszkalna była znacznie od nich oddalona.

Biorąc jednak pod uwagę dużą częstość stosowania podobnych rozwiązań drogowych w praktyce – w niniejszej rozprawie przeanalizowano ww. odcinki badawcze, chcąc potwierdzić czy wybudowane szykany są skuteczne w redukcji prędkości. Schemat proponowanych analiz wykonanych w odniesieniu do rezultatów otrzymanych na odcinkach z poligonu badawczego 1 przedstawiono na ryc. 5.2.



Ryc. 5.2. Schemat kolejności analiz w odniesieniu do rezultatów otrzymanych na odcinkach z poligonu badawczego 1

5.2 ANALIZA STATYSTYCZNA WYNIKÓW POMIARÓW PRĘDKOŚCI

W odniesieniu do wszystkich odcinków z poligonu badawczego 1, zgodnie z założeniami sformułowanymi w pkt 3.2 w rozdziale 3, wykonano testy statystyczne jednorodności, potwierdzając, że wszystkie zmierzone prędkości przynależą do danej populacji. Wszystkie wyniki *testów zgodności Kołmogorowa* potwierdziły hipotezę zerową H_0 o rozkładzie normalnym badanych populacji (tab. 5.1 i 5.2). Przeprowadzono również tradycyjne *testy dla dwóch średnich*, jednak nie zawsze ich wyniki mogły być dalej uwzględniane, gdyż *testy wariancji* miały różne wyniki (tab. 5.1 i 5.2), co powodowało, że zgodnie z zasadami podanymi w [50, 149, 187], przy stosowaniu *testów dla dwóch średnich* wymagana jest równość wariancji w obu populacjach. W następnej kolejności, zgodnie

z założeniami sformułowanymi w rozdziale 3 przeprowadzono testy statystyczne *Kołmogorowa-Smirnowa*, *niezależności* i *mediany* w odniesieniu do porównywanych populacji prędkości zmierzonych przed i za szykaną, a na odcinkach porównawczych odpowiednio przed i za znakami E-17 i D-42. Wyniki przeprowadzonych testów zestawiono w tab. 5.3 i 5.4.

Tab. 5.1. Rezultaty standardowych testów statystycznych w odniesieniu do populacji prędkości w ruchu swobodnym, (odcinki badawcze wymienione są w kolejności Δv_{85}) [141]

Odcinki badawcze	Test Kołmogorowa λ $H_0: F(v) = F_0(v)$ $H_1: F(v) \neq F_0(v)$			Test dla dwóch średnich u $H_0: v_{s,przed} = v_{s,za}$ $H_1: v_{s,przed} \neq v_{s,za}$		Test dla dwóch średnich t $H_0: v_{sr,przed} = v_{sr,za}$ $H_1: v_{sr,przed} > v_{sr,za}$		Test wariancji F $H_0: s_{przed}^2 = s_{za}^2$ $H_1: s_{przed}^2 > s_{za}^2$	
	v_{przed}	v_{za}	$\lambda_{\alpha, \alpha=0,05}$	u	$u_{\alpha, \alpha=0,05}$	t	$t_{\alpha, \alpha=0,05}$	F	$F_{\alpha, \alpha=0,05}$
Bielkowo 1	0,37	0,58	1,36	5,85	1,96	5,85	1,64	3,03	1,61
Iwięcino 1	0,45	0,48	1,36	6,33	1,96	6,33	1,64	1,75	1,54
Bielkowo 2	0,63	0,70	1,36	3,62	1,96	3,62	1,64	1,72	1,63
Uniemyśl	0,49	0,24	1,36	1,63	1,96	1,63	1,64	1,02	1,62
Krosino	0,79	0,68	1,36	7,01	1,96	7,01	1,64	2,79	1,63
Dębostrów	0,63	0,15	1,36	2,02	1,96	2,02	1,64	2,35	1,64
Iwięcino 2	0,45	0,48	1,36	6,33	1,96	6,33	1,64	1,75	1,54
Dwa odcinki porównawcze (bez wybudowanych szykan w strefach wjazdowych)									
Jarzysław 2	0,98	0,78	1,36	1,24	1,96	1,24	1,64	2,29	1,55
Jarzysław 1	0,73	0,58	1,36	0,88	1,96	0,88	1,64	1,39	1,55

W tab. 5.1 kolorem czerwonym oznaczono wyniki testów poświadczające, przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$, że nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy H_0 , czyli nie ma istotnej statystycznie różnicy między analizowanymi populacjami.

Tab. 5.2. Rezultaty standardowych testów statystycznych w odniesieniu do populacji prędkości w potoku pojazdów v^{pp} , (odcinki badawcze wymienione są w kolejności Δv_{85})

Odcinki badawcze	Test Kołmogorowa λ $H_0: F(v) = F_0(v)$ $H_1: F(v) \neq F_0(v)$			Test dla dwóch średnich u $H_0: v_{s,przed}^{pp} = v_{s,za}^{pp}$ $H_1: v_{s,przed}^{pp} \neq v_{s,za}^{pp}$		Test dla dwóch średnich t $H_0: v_{sr,przed}^{pp} = v_{sr,za}^{pp}$ $H_1: v_{sr,przed}^{pp} > v_{sr,za}^{pp}$		Test wariancji F $H_0: s_{przed}^{pp} = s_{za}^{pp}$ $H_1: s_{przed}^{pp} > s_{za}^{pp}$	
	v_{przed}^{pp}	v_{za}^{pp}	$\lambda_{\alpha, \alpha=0,05}$	u	$u_{\alpha, \alpha=0,05}$	t	$t_{\alpha, \alpha=0,05}$	F	$F_{\alpha, \alpha=0,05}$
Bielkowo 1	0,84	0,88	1,36	10,80	1,96	10,80	1,60	1,14	1,35
Iwięcino 1	0,38	0,51	1,36	6,68	1,96	6,68	1,60	1,59	1,48
Bielkowo 2	0,67	0,51	1,36	4,29	1,96	4,29	1,60	2,35	1,52
Uniemyśl	0,45	0,32	1,36	1,97	1,96	1,67	1,60	1,05	1,56
Krosino	1,27	1,14	1,36	3,14	1,96	3,14	1,60	1,32	1,53
Dębostrów	0,61	0,91	1,36	0,45	1,96	0,45	1,60	1,09	1,55
Iwięcino 2	0,61	0,87	1,36	4,67	1,96	4,67	1,60	1,50	1,46
Dwa odcinki porównawcze (bez wybudowanych szykan w strefach wjazdowych)									
Jarzysław 2	1,17	0,53	1,36	1,75	1,96	1,75	1,60	1,53	1,50
Jarzysław 1	0,60	0,57	1,36	0,91	1,96	0,91	1,64	1,30	1,48

Oznaczenia jak w tab. 5.1.

Tab. 5.3. Rezultaty standardowych testów statystycznych w odniesieniu do porównania populacji prędkości przed i za szykaną w ruchu swobodnym, (odcinki badawcze wymienione są w kolejności Δv_{85}) [141]

Odcinek badawczy	Δv_{85} , [km/h]	Test Kołmogorowa-Smirnowa $H_0: F(v^{przed}) = F(v^{za})$ $H_1: F(v^{przed}) \neq F(v^{za})$		Test niezależności $H_0: P\{X = v^{przed}_i, Y = v^{za}_i\} = P\{X = v^{przed}_i\}, P\{Y = v^{za}_i\}$ $H_1: P\{X = v^{przed}_i, Y = v^{za}_i\} \neq P\{X = v^{przed}_i\}, P\{Y = v^{za}_i\}$		Test mediany $H_0: F_1(x) = F_2(x)$ $H_1: F_1(x) \neq F_2(x)$	
		λ	λ_α	χ^2	χ^2_α	χ^2	χ^2_α
Bielkowo 1	22,8	3,04	1,36	25,7	3,84	21,6	3,84
Iwięcino 1	9,5	2,55	1,36	15,6	3,84	15,9	3,84
Bielkowo 2	7,0	2,20	1,36	9,7	3,84	12,8	3,84
Uniemyśl	3,0	0,98	1,36	4,3	3,84	3,53	3,84
Krosino	2,9	0,50	1,36	1,00	3,84	7,95	3,84
Dębostrów	1,9	0,89	1,36	0,98	3,84	4,82	3,84
Iwięcino 2	0,6	2,12	1,36	3,80	3,84	16,06	3,84
Dwa odcinki porównawcze (bez wybudowanych szykan w strefach wjazdowych)							
Jarzysław 2	5,8	0,42	1,36	0,04	3,84	0,20	3,84
Jarzysław 1	2,3	0,61	1,36	0,03	3,84	0,36	3,84

Oznaczenia jak w tab. 5.1.

Tab. 5.4. Rezultaty standardowych testów statystycznych w odniesieniu do porównania populacji prędkości przed i za szykaną w potoku pojazdów, (odcinki badawcze wymienione są w kolejności jak w tab. 5.3) [141]

Odcinek badawczy	$\Delta v_{5\%pp}$, [km/h]	Test Kołmogorowa-Smirnowa $H_0: F(v^{przed pp}) = F(v^{za pp})$ $H_1: F(v^{przed pp}) \neq F(v^{za pp})$		Test niezależności $H_0: P\{X = v^{przed pp}_i, Y = v^{za pp}_i\} = P\{X = v^{przed pp}_i\}, P\{Y = v^{za pp}_i\}$ $H_1: P\{X = v^{przed pp}_i, Y = v^{za pp}_i\} \neq P\{X = v^{przed pp}_i\}, P\{Y = v^{za pp}_i\}$		Test mediany $H_0: F_1(x) = F_2(x)$ $H_1: F_1(x) \neq F_2(x)$	
		λ	λ_α	χ^2	χ^2_α	χ^2	χ^2_α
Bielkowo 1	14,1	4,25	1,36	28,5	3,84	178,2	3,84
Iwięcino 1	11,2	2,61	1,36	16,8	3,84	17,7	3,84
Bielkowo 2	7,1	2,23	1,36	14,3	3,84	16,3	3,84
Uniemyśl	4,4	0,96	1,36	4,2	3,84	1,37	3,84
Krosino	7,3	1,25	1,36	7,6	3,84	5,1	3,84
Dębostrów	1,0	0,37	1,36	0,8	3,84	2,0	3,84
Iwięcino 2	1,5	2,46	1,36	6,1	3,84	24,0	3,84
Dwa odcinki porównawcze (bez wybudowanych szykan w strefach wjazdowych)							
Jarzysław 2	3,6	0,37	1,36	1,1	3,84	1,2	3,84
Jarzysław 1	1,6	0,55	1,36	0,08	3,84	0,3	3,84

Oznaczenia jak w tab. 5.1.

Analiza danych zestawionych w tab. 5.3 i 5.4, wykazała, że na odcinkach, na których odnotowano większą różnicę prędkości ($\Delta v_{85} = 7-22,8$ km/h), analizowane wyniki testów wykazały, iż są one rzeczywiście statystycznie bardzo istotne. Na pozostałych odcinkach z mniejszą redukcją prędkości ($\Delta v_{85} \leq 7$ km/h) wyniki testów były niejednorodne. A na odcinkach porównawczych otrzymano, że obie populacje prędkości należą do jednej i tej samej populacji.

Biorąc powyższe pod uwagę i w celu potwierdzenia celu rozprawy doktorskiej, przeprowadzono podobne testy w odniesieniu do populacji prędkości zmierzonych za szykaną

i otrzymanych na kolejnych odcinkach badawczych uporządkowanych wg wartości redukcji prędkości Δv_{85} . Wyniki przeprowadzonych testów statystycznych zestawiono w tabeli 5.5 i 5.5.

Tab. 5.5. Rezultaty standardowych testów statystycznych w odniesieniu do porównania populacji prędkości w ruchu swobodnym na kolejnych odcinkach badawczych [141]

Porównywane odcinki badawcze	Test Kolmogorowa-Smirnowa $H_0: F(v^{za_i}) = F(v^{za_{i+1}})$ $H_1: F(v^{za_i}) \neq F(v^{za_{i+1}})$		Test niezależności $H_0: P\{X = v^{za_i}, Y = v^{za_{i+1}}\} = P\{X = v^{za_i}\}, P\{Y = v^{za_{i+1}}\}$ $H_1: P\{X = v^{za_i}, Y = v^{za_{i+1}}\} \neq P\{X = v^{za_i}\}, P\{Y = v^{za_{i+1}}\}$		Test mediany $H_0: F_1(x) = F_2(x)$ $H_1: F_1(x) \neq F_2(x)$	
	λ	λ_α	χ^2	χ_α^2	χ^2	χ_α^2
Bielkowo 1 i Iwęcino 1	1,04	1,36	4,64	3,84	4,95	3,84
Iwęcino 1 i Bielkowo 2	0,99	1,36	7,23	3,84	6,31	3,84
Bielkowo 2 i Uniemyśl	1,46	1,36	7,87	3,84	15,98	3,84
Uniemyśl i Krosino	1,32	1,36	2,66	3,84	16,58	3,84
Krosino i Dębostrów	1,49	1,36	3,39	3,84	5,63	3,84
Dębostrów i Iwęcino 2	1,05	1,36	0,11	3,84	4,90	3,84
Iwęcino 2 i Jarzysław 2	4,48	1,36	76,44	3,64	67,33	3,84
Jarzysław 2 i Jarzysław 1	3,72	1,36	52,46	3,84	41,10	3,84

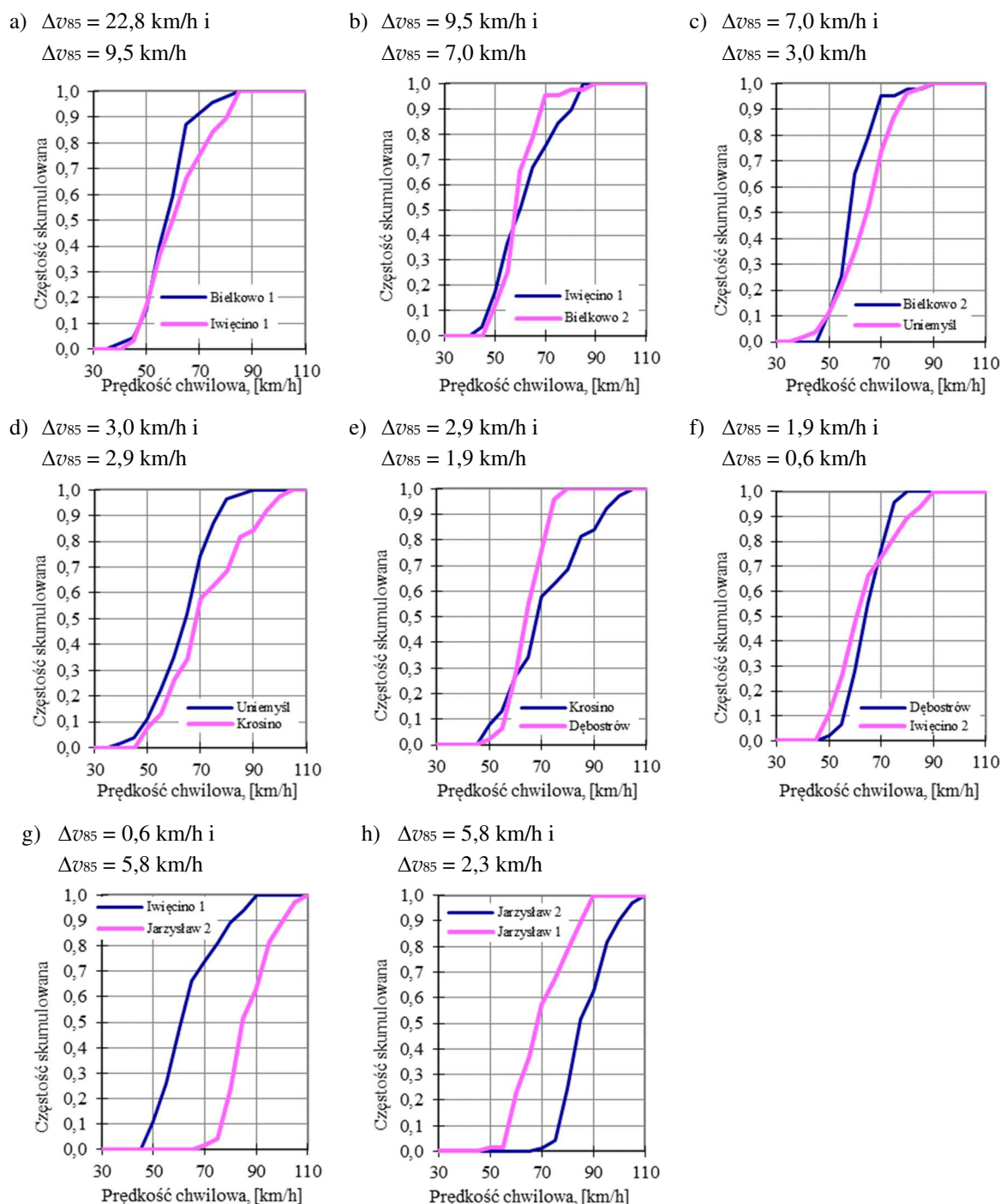
Oznaczenia jak w tab. 5.1.

Tab. 5.6. Rezultaty standardowych testów statystycznych w odniesieniu do porównania populacji prędkości w potoku pojazdów na kolejnych odcinkach badawczych [141]

Porównywane odcinki badawcze	Test Kolmogorowa-Smirnowa $H_0: F(v^{za\ pp_i}) = F(v^{za\ pp_{i+1}})$ $H_1: F(v^{za\ pp_i}) \neq F(v^{za\ pp_{i+1}})$		Test niezależności $H_0: P\{X = v^{za\ pp_i}, Y = v^{za\ pp_{i+1}}\} = P\{X = v^{za\ pp_i}\}, P\{Y = v^{za\ pp_{i+1}}\}$ $H_1: P\{X = v^{za\ pp_i}, Y = v^{za\ pp_{i+1}}\} \neq P\{X = v^{za\ pp_i}\}, P\{Y = v^{za\ pp_{i+1}}\}$		Test mediany $H_0: F_1(x) = F_2(x)$ $H_1: F_1(x) \neq F_2(x)$	
	λ	λ_α	χ^2	χ_α^2	χ^2	χ_α^2
Bielkowo 1 i Iwęcino 1	2,76	1,36	17,8	3,84	31,8	3,84
Iwęcino 1 i Bielkowo 2	1,19	1,36	12,3	3,84	3,52	3,84
Bielkowo 2 i Uniemyśl	1,66	1,36	12,9	3,84	9,5	3,84
Uniemyśl i Krosino	1,02	1,36	0,32	3,84	0,97	3,84
Krosino i Dębostrów	0,90	1,36	1,19	3,84	4,0	3,84
Dębostrów i Iwęcino 2	1,19	1,36	0,00	3,84	13,4	3,84
Iwęcino 2 i Jarzysław 2	4,86	1,36	84,0	3,64	90,6	3,84
Jarzysław 2 i Jarzysław 1	3,61	1,36	37,4	3,84	37,4	3,84

Oznaczenia jak w tab. 5.1.

Analiza wyników testów przedstawionych w tab. 5.5 i 5.6, wykazała, że są one niejednorodne, gdyż nie dają wiarygodnej odpowiedzi, czy populacje prędkości odnotowane na kolejnych odcinkach badawczych o zmniejszającej się stopniowo redukcji prędkości różnią się na tyle statystycznie istotnie, że porównywane wyniki należą do dwóch oddzielnych populacji. Na ryc. 5.3 przedstawiono porównanie dystrybuant prędkości w ruchu swobodnym (zmierzonych za szykaną v_{85}^{za}) w kolejności zmian redukcji prędkości Δv_{85} przedstawionej w tab. 5.1, w celu zobrazowania odnotowanych różnic.



Ryc. 5.3. Dystrybuanty prędkości zmierzonej za szykaną w ruchu swobodnym, porównywane na kolejnych odcinkach z poligonu badawczego 1, w kolejności malejącej wartości redukcji prędkości Δv_{85}

Dystrybuanty prędkości przedstawione na ryc. 5.3a, w odniesieniu do największych redukcji prędkości, wykazują różnice dopiero w kwantylach większych niż 50%. Rozsunięcie się przebiegu dystrybuant prędkości widoczne jest wyraźnie na ryc. 5.3c, przy porównaniu dystrybuant na odcinku Bielkovo 2 i Uriemyśl, co może być związane z innymi determinantami wpływającymi na percepcję kierowców, gdyż w przypadku Bielkovo 2 jest to

odcinek o otwartej przestrzeni wokół strefy wjazdowej, a odcinek Uniemyśl znajduje się w terenie leśnym. Dalsze charakterystyczne różnice przebiegu dystrybuant prędkości można odnotować na kolejnych odcinkach badawczych z wartością redukcji prędkości Δv_{85} w granicach ok. 3 km/h (ryc. 3.13, 3.15 i 3.16), które znajdują się w terenie leśnym (Uniemyśl i Dębostrów) lub jest to odcinek, na którym drogę wojewódzką otaczają z obu stron nieregularne zagajniki zieleni i drzewa przydrożne (Krosino).

Największe jednak różnice między dystrybuantami prędkości odnotowano na dodatkowych odcinkach badawczych we wsi Jarzysław, na których różnice redukcji prędkości w obu strefach wjazdowych do wsi są znaczne. W danym przypadku prawdopodobnie o otrzymanych różnicach w redukcji prędkości i wartościach prędkości zmierzonych przed znakami i za E-17 i D-42 zdecydowały inne determinanty niż samo zastosowanie tych samych znaków drogowych. Prawdopodobnie do tych dystrybuant można zaliczyć przestrzenne zagospodarowanie otoczenia drogi w strefie wjazdowej (ryc. 3.17 i 3.18) i widok sylwety wsi oraz bliskiej zabudowy mieszkalnej lub jej brak. Z porównania dystrybuant prędkości wynika, że prawdopodobnie na mniejsze prędkości odnotowane przy dojeździe do Jarzysławia 1 wpłynęła mimo wszystko słabo widoczna zabudowa mieszkalna (ryc. 3.17), czego nie odnotowano przy dojeździe do Jarzysławia 2 (ryc. 3.18).

5.3 OSZACOWANIE ZAGREGOWANEGO PARAMETRU z

5.3.1 Zestawienie wyników oceny czynników związanych z kryterium dotyczącym organizacji ruchu

Zgodnie z założeniami sformułowanymi w pkt 3.4.1 i przedstawionymi na ryc. 3.27 w kryterium dotyczącym organizacji ruchu uwzględniono wiele czynników, przypisując im miary kwantyfikacyjne, zgodnie z tautologią logiczną, czyli potwierdzeniem lub nie potwierdzeniem danego czynnika, co szczegółowo przedstawiono w złączniku nr 1.3. Poniżej w celach wizualnych miary kwantyfikacyjne zapisane w metodzie zero-jedynkowej zamieniono na kolory, przyjmując ciemnoniebieski kolor odpowiadający mierze kwantyfikacyjnej równej 1 poświadczającej obecność danego czynnika (ryc. 5.4). Kolorem jasnoniebieskim oznaczono miarę kwantyfikacyjną 0, czyli brak obecności danego czynnika lub np. dużą odległość od znaku drogowego. Kolorem pośrednim oznaczono np. lokalizacje znaku B-33 blisko szykany. W przypadku dodatkowych odcinków badawczych (Jarzysław 1 i 2), na których nie wybudowano szykan, przy czynnikach związanych z organizacją ruchu uwarunkowanych

wybudowaną szykaną, nie przypisano żadnej wagi, (czyli również wizualizacyjnie nie nadano im żadnego koloru na ryc. 5.4).

Przyjęte oznaczenia miar kwantyfikacyjnych:													
1	0,5	0	brak szykany	Σo_j	Bielkowo 1	Iwęcino 1	Bielkowo 2	Uniemyśl	Krosino	Dębostrów	Iwęcino 2	Jarząszew 2	Jarząszew 1
Lokalizacja znaku B-33 od osi szykany	7												
Zabudowa za znakiem D-42	5												
Odległość bliskiej zabudowy od znaku D-42	4												
Widok na dojeździe do szykany sylwety wsi za znakiem D-42	1												
Odległość widoku infrastruktury drogowej za znakiem D-42	1												
Lokalizacja znaku E-17 przed szykaną													
Lokalizacja znaku D-42 przed szykaną													
Lokalizacja znaku E-17 za szykaną													
Lokalizacja znaku D-42 za szykaną													
Suma miar na danym odcinku badawczym Σo_i		5	3	3	2	3	1	1	0	0			
Δv_{85} , [km/h]		22,8	9,5	7,0	3,0	2,9	1,9	0,6	5,8	2,3			

Ryc. 5.4. Wyniki oceny czynników związanych z kryterium dotyczącym organizacji ruchu, zestawione wg wartości redukcji prędkości Δv_{85} [141]

Oznaczenia: o_j – kolejny rozpatrywany czynnik, Σo_j – suma potwierdzonych tautologii logicznych na badanych odcinkach w odniesieniu do rozpatrywanego j -tego czynnika, Σo_i – suma miar kwantyfikujących na i -tym odcinku badawczym.

Analiza wartości miar kwantyfikacyjnych przedstawionych na ryc. 5.4 wykazała, zgodność kilku wybranych czynników z wartościami redukcji prędkości. A mianowicie zgodność redukcji prędkości odnotowano zgodnie z lokalizacją znaku B-33 względem osi szykany, tj. potwierdzenia widoku i faktycznej obecności zabudowy za znakiem, a także potwierdzenie obecności bliskiej odległości zabudowy do krawędzi drogi. Tylko w jednym przypadku potwierdzono zgodność największej wartości redukcji prędkości Δv_{85} z widokiem bliskiej sylwety wsi lub infrastruktury drogowej za znakiem D-42 (ryc. 3.24 i załącznik nr 1.3).

Przy czynnikach związanych z lokalizacją znaków E-17 i D-42 odnotowano brak zgodności z redukcją prędkości. Prawdopodobnie widok bliskiej zabudowy wsi odnotowany za znakami E-17 i D-42 wpływa na percepcję kierowcy, w konsekwencji powodując redukcję prędkości (ryc. 5.5). Jeśli za znakiem E-17 i D-42 umieszczonym za szykaną w różnej odległości od niej, nie widać sylwety wsi lub bliskiej zabudowy, szczególnie po stronie pasa wjazdowego (ryc. 5.6-5.8), to wpływ znaków drogowych informujących o terenie zabudowanym nie wpływa mobilizująco na kierowcę i nie zmniejsza on prędkości kierowanego pojazdu.

Biorąc powyższe pod uwagę w odniesieniu do trzech czynników dotyczących lokalizacji znaków E-17 i D-42 kolorystycznie zaznaczono tautologię logiczną, ale nie przypisano im żadnych wartości liczbowych, gdyż odległości d_{E-17} ustawienia znaku E-17 od szykany wahały się w zakresie od 5 m przed szykaną do 120 m za szykaną, a odległości d_{D-42} ustawienia znaku D-42 od 29 m do 290 m za szykaną. Tak duża dyspersja była bezpośrednią przyczyną określenia współczynnika korelacji pomiędzy wartościami ww. odległości i wartości redukcji prędkości na analizowanych odcinkach. Wartości współczynnika korelacji wynosiły odpowiednio $R = 0,4$ ($f(d_{E-17}, \Delta v_{85})$) i $R = 0,2$ ($f(d_{D-42}, \Delta v_{85})$), co wskazywało na brak istotnej statystycznie zależności redukcji prędkości od odległości umieszczenia znaków od szykany.



Ryc. 5.5. Przypadek widoku zabudowy wsi za znakiem E-17 stojącym 5 m przed szykaną i D-42 stojącym 30 m za szykaną



Ryc. 5.6. Przypadek bardzo oddalonej sylwetki wsi za znakiem E-17 i D-42 stojącym 100 m za szykaną



Ryc. 5.7. Przypadek, gdy za znakiem D-42 stojącym 150 m za szykaną nie ma bliskiej zabudowy po stronie pasa wjazdowego



Ryc. 5.8. Przypadek, gdy za znakiem D-42 stojącym 30 m za szykaną nie ma bliskiej zabudowy po stronie pasa wjazdowego

Uwzględniając powyższe można sformułować wniosek, że lokalizacja znaków E-17 i D-42 względem szykany, jeśli nie jest powiązana z widokiem zabudowy, to nie ma istotnego wpływu na prędkości zmierzone za szykaną. Jednak w przypadku, gdy przed szykaną stoi znak B-33 ograniczający prędkość przejazdu przez szykaną do 70 km/h, to wówczas rozważanie tautologii logicznej związanej z obecnością bliskiej zabudowy wsi (typu ulicznego) było niezgodne z Kodeksem drogowym [88, 89] i wytycznymi [185], a także stwarzało trudność

określenia miary kwantyfikacyjnej. Uwzględniając powyższe w wynikach oceny czynników związanych z kryterium organizacji ruchu nie nadano im żadnych miar (ryc. 5.4).

Podsumowując powyższe rozważania, można sformułować wniosek, że w przypadku szykan budowanych w strefach wjazdowych z ograniczeniem prędkości do 70 km/h determinantami wpływającymi skutecznie na redukcję prędkości są: umieszczenie znaku B-33 przed szykaną w odległości do 100 m, a także widoczna bliska zabudowa wsi, znajdująca się za znakiem D-42 w odległości mniejszej niż 100 m.

Poniżej na wykresach radarowych (ryc. 5.9) przedstawiono porównanie zmian redukcji prędkości Δv_{85} i Δv_{sr} oraz sumy miar kwantyfikacyjnych z_o . Z porównania zmian wynika, że oprócz tylko Uniemyśla, można zauważyć umiarkowaną zgodność sumy miar kwantyfikacyjnych z_o z wielkością redukcji prędkości Δv_{85} i Δv_{sr} .

a) rozkład redukcji prędkości Δv_{85} i Δv_{sr} b) rozkład zmian sumy miar kwantyfikacyjnych z_o 

Ryc. 5.9. Porównanie zmian wielkości redukcji prędkości Δv_{85} i Δv_{sr} oraz sumy miar kwantyfikacyjnych z_o na odcinkach z poligonu badawczego 1

5.3.2 Zestawienie wyników oceny czynników związanych z kryterium dotyczącym warunków drogowych

Drugie kryterium rozważane przy identyfikacji determinant skuteczności stosowania szykan w strefie wjazdowej związane jest z czynnikami charakteryzującymi warunki drogowe. W tym kryterium potwierdzono różnorodnie związki zależnościowe warunków drogowych i redukcji prędkości Δv_{85} . Zgodnie z wnioskami zawartymi w [171] powinno się uzyskać miarodajną zależność analizowanych zmiennych w odniesieniu do wielkości odgięcia toru jazdy od kierunku pierwotnego. Jednak w poligonie badawczym 1 znalazły się przede wszystkim szykany jednostronne prostokątne o wielkości odgięcia toru jazdy 2 m (ryc. 3.8b). Tylko na jednym odcinku badawczym zastosowana była szykana w osi jezdni, dająca odgięcie

toru jazdy o 1 m (ryc. 3.8a). Zmiany redukcji prędkości Δv_{85} wahają się na analizowanych odcinkach z wybudowanymi szykanami w zakresie od 0,6 – 22,8 km/h (ryc. 5.10), a wg wniosków zawartych w [171], na odcinkach z odgięciem toru jazdy o ok. 2 m powinny być w granicach ok. $\Delta v_{85} = 10$ km/h, a prędkość v_{85}^{za} powinna być w granicach 60 km/h (ryc. 1.1). Porównując otrzymane dane z wnioskami zawartymi w [14], że $\Delta v_{85} = f(l/a)$, też nie otrzymano jednoznacznego potwierdzenia wspomnianej zależności, gdyż na badanych prawie wszystkich odcinkach, poza Bielkowo 2, stosunek wielkości $l/a = \text{const}$, a otrzymane prędkości v_{85}^{za} i Δv_{85} charakteryzowały się bardzo dużym zróżnicowaniem (ryc. 3.12 i 3.19). Podobnie otrzymane wyniki z odcinków z poligonu badawczego 1 nie potwierdziły też sformułowanych w publikacjach [5, 8, 37, 102, 152], gdyż klasa drogi, szerokość pasa ruchu, kształt szykan, kąty odgięcia, wysokości krawężników wysp szykany były takie same na prawie wszystkich badanych odcinkach w poligonie badawczym 1, a otrzymane wartości v_{85}^{za} i Δv_{85} były bardzo zróżnicowane. Biorąc powyższe pod uwagę ww. czynników w kryterium warunków drogowych nie uwzględniono.

Przyjęte oznaczenia miar kwantyfikacyjnych:		Σo_j														
1		0,5		0		brak szykany		Bielkowo 1	Iwięcino 1	Bielkowo 2	Uniemysł	Krosino	Dębostrów	Iwięcino 2	Jarzyśław 2	Jarzyśław 1
Odgięcie toru jazdy	6,5															
Odcinek krzywoliniowy za szykaną	5,0															
Odległość najbliższego zjazdu od osi szykany	4,5															
Łuk poziomy za szykaną (kręty lub łagodny), wielkość promienia	3,5															
Ograniczenie widoczności powierzchni jezdni za szykaną	3,0															
Za szykaną znajdują się budynki za chodnikiem	2,0															
Odległość najbliższego skrzyżowania od osi szykany	2,0															
Suma miar na danym odcinku badawczym Σz_{di}		6,5	6,5	3,5	3,5	1,5	4	1	0	0						
Δv_{85} , [km/h]		22,8	9,5	7,0	3,0	2,9	1,9	0,6	5,8	2,3						

Ryc. 5.10. Wyniki oceny czynników z kryterium dotyczącym warunków drogowych, zestawione wg wartości redukcji prędkości Δv_{85} [141]

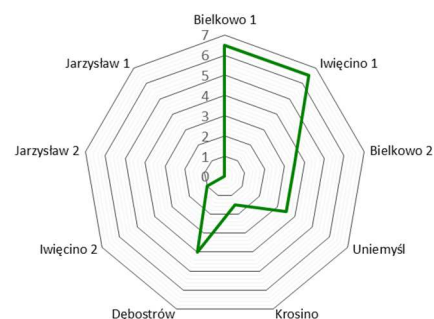
Oznaczenia: o_j – kolejny rozpatrywany czynnik, Σo_j – suma potwierdzonych tautologii logicznych na badanych odcinkach w odniesieniu do rozpatrywanego j -tego czynnika, Σz_{di} – suma miar kwantyfikujących na danym i -tym odcinku badawczym.

Różnorodny wpływ na redukcję prędkości miała także widoczna dla kierowcy lokalizacja zjazdu. Jeśli zjazd prowadził do kilku budynków, to odnotowano wówczas większą redukcję prędkości, ale ta redukcja była bardzo różnorodna i wahała się w granicach od

3,5 km/h do 22,8 km/h (ryc. 5.10). W przypadku gdy, zjazd prowadził do pojedynczej zabudowy, to także na odcinkach badawczych odnotowano różne wartości redukcji prędkości, ale już w mniejszym zakresie (ryc. 5.10 – $\Delta v_{85} = 1,9-3,0$ km/h). Podobny zróżnicowany wpływ okazała lokalizacja skrzyżowania z drogą boczną, w danym przypadku redukcja prędkości wahała się w granicach $\Delta v_{85} = 1,9-9,5$ km/h. Analiza zmian sumy miar kwantyfikacyjnych charakteryzujących warunki drogowe z_d i redukcji prędkości Δv_{85} , wykazała prawdopodobną zgodność pomiędzy rozpatrywanymi zmiennymi (ryc. 5.10). Wyjątek w danym przypadku stanowi tylko odcinek badawczy Krosino, na którym odnotowano mniej ważnych czynników drogowych, niż na pozostałych odcinkach zaliczonych do poligonu badawczego 1.

Podsumowując powyższe rozważania, można sformułować wniosek, że w przypadku szykan budowanych w strefach wjazdowych z ograniczeniem prędkości do 70 km/h determinantami wpływającymi skutecznie na redukcję prędkości są: odgięcie toru jazdy, odcinek krzywoliniowy za szykaną wraz z parametrami zastosowanej krzywizny poziomej oraz bliska lokalizacja zjazdu.

Poniżej na wykresach radarowych (ryc. 5.11) przedstawiono porównanie zmian redukcji prędkości Δv_{85} i Δv_{sr} oraz sumy miar kwantyfikacyjnych z_d , związanych warunkami drogowymi. Z porównania zmian analizowanych wielkości wynika, że oprócz tylko Krosina, można zauważyć umiarkowaną zgodność sumy miar kwantyfikacyjnych z_d i redukcją prędkości Δv_{85} i Δv_{sr} . W przypadku dwóch odcinków Bielkowo 1 i Iwęcino 1 otrzymano tą samą sumę miar kwantyfikacyjnych z_d i podobne wielkości redukcji prędkości Δv_{sr} , natomiast redukcja Δv_{85} była zdecydowanie różna, co może potwierdzać wpływ innych jeszcze determinant.

a) rozkład redukcji prędkości Δv_{85} i Δv_{sr} b) rozkład zmian sumy miar kwantyfikacyjnych z_d 

Ryc. 5.11. Porównanie zmian wielkości redukcji prędkości Δv_{85} i Δv_{sr} oraz sumy miar kwantyfikacyjnych z_d na odcinkach z poligonu badawczego 1

5.3.3 Zestawienie wyników oceny czynników związanych z kryterium dotyczącym zagospodarowania otoczenia i warunków widoczności

Ostatnim kryterium rozważanym przy identyfikacji determinant skuteczności stosowania szukan w strefie wjazdowej są czynniki związane z przestrzennym zagospodarowaniem najbliższego otoczenia drogi i warunkami widoczności. W tym kryterium potwierdzono bardzo istotne związki zależnościowe redukcji prędkości Δv_{85} i sumy miar kwantyfikacyjnych Z_{zw} , szczególnie w odniesieniu do trzech pierwszych odcinków badawczych (ryc. 5.12). W rozdziale 3 na ryc. 3.20 i 3.21 przedstawiono widok sylwety wsi, jaki widzi kierowca dojeżdżając do szukan na dwóch pierwszych odcinkach badawczych (Bielkowa 1 i Iwięcina 1), z potwierdzoną największą redukcją prędkości.

Przyjęte oznaczenia miar kwantyfikacyjnych:																			
1		0,5		0		brak szukan													
		Σo_j	Bielkowo 1	Iwięcina 1	Bielkowo 2	Uniemyśl	Krosino	Dębostrów	Iwięcina 2	Jarzysław 2	Jarzysław 1								
Rodzaj zagospodarowania terenu w otoczeniu szukan	4		1	1	1	0	0,5	0,5	1	0	0								
Ograniczenie widoczności dalszej perspektywy drogi	4		1	1	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5								
Odległość widoczności przy dojeździe do szukan sylwety wsi	3,5		1	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0								
Widoczna przy dojeździe i przejeździe przez szukaną bliska skupiona zabudowa	3,5		1	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0								
Wyraźnie widoczne blisko drogi pojedyncze budynki lub chodniki	3		1	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5								
Odległość szukan od widocznej zabudowy znajdującej się blisko drogi	2,5		1	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0	0								
Widoczne za szukaną przeszkody boczne: poręcz mostu lub przepustu, ogrodzenia, bariery itd.	1		0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5								
Suma miar na danym odcinku badawczym $Z_{zw i}$		6	6,5	4,5	1,5	2	0,5	0,5	0,5	0	0								
Δv_{85} [km/h]		22,8	9,5	7,0	3,0	2,9	1,9	0,6	5,8	2,3									

Ryc. 5.12. Wyniki oceny czynników związanych z kryterium dotyczącym zagospodarowania otoczenia i warunków widoczności zestawione wg wartości redukcji prędkości Δv_{85} [141]

Oznaczenia: o_j – kolejny rozpatrywany czynnik, Σo_j – suma potwierdzonych tautologii logicznych na badanych odcinkach w odniesieniu do rozpatrywanego j -tego czynnika, $Z_{zw i}$ – suma miar kwantyfikujących na i -tym odcinku badawczym.

Na ryc. 5.13 i 5.14 przedstawiono widok wsi, jaki widzi kierowca przy przejeździe wzdłuż szukan. W przypadku wsi Bielkowo 1 kierowca widzi bliską zabudowę za znakiem D-42 i łuk poziomy z ograniczoną widocznością dalszej perspektywy drogi (ryc. 5.13) i to prawdopodobnie jest główną przyczyną dużej redukcji prędkości równej $\Delta v_{85} = 22,8$ km/h. W drugim przypadku przedstawionym na ryc. 5.14 kierowca dojeżdżając do szukan widzi w oddaleniu sylwetę wsi i oddalone zabudowania w odległości ok. 300 m, znajdujące się po

przeciwnej stronie drogi. Znaki drogowe E-17 i D-42 znajdują się za szykaną, co powoduje, że redukcja prędkości w ruchu swobodnym jest znacznie mniejsza ($\Delta v_{85} = 9,5$ km/h).



Ryc. 5.13. Widok bliskiej zabudowy w pobliżu szykany (Bielkowo 1), znak E-17 5 m przed szykaną i D-42 30 m za szykaną [141]



Ryc. 5.14. Widok oddalonej sylwety wsi i zabudowy, w pobliżu szykany (Iwięcino 1), znak E-17 100 m za szykaną i D-42 150 m za szykaną [141]

Na ryc. 5.15 i 5.16 przedstawiono dojazd do odcinka Bielkowo 2 i warunki widoku otoczenia drogi przy przejeździe wzdłuż szykany. Redukcja prędkości w ruchu swobodnym w danym przypadku jest równa $\Delta v_{85} = 7,0$ km/h. Prawdopodobnie przyczynia się do tego brak widoku sylwety wsi, bliskiej zabudowy i odgięcie toru jazdy tylko o 1 m od pierwotnego kierunku. A zastosowana organizacja ruchu, czyli znak E-17 oraz znak D-42, który informuje kierowcę o terenie zabudowanym umieszczony jest dopiero w odległości 300 m za szykaną.



Ryc. 5.15. Dojazd do szykany i brak widoku sylwety wsi i zabudowy (Bielkowo 2) w pobliżu szykany wybudowanej w osi jezdni [141]



Ryc. 5.16. Brak widoku zabudowy wsi, w pobliżu szykany (Bielkowo 2), znak E-17 150 m za szykaną i D-42 300 m za szykaną [141]

Na pozostałych odcinkach badawczych odnotować można duże zróżnicowania pomiędzy potwierdzonymi tautologiami logicznymi, (czyli nadanymi miarami kwantyfikacyjnymi) i redukcją prędkości (Uniemyśl, Krosino, Dębostrów i Iwięcino 2). Sumy

cząstkowe czterech górnych czynników przedstawionych na ryc. 5.12 mają zbliżone wartości, jednak ich rozkład na analizowanych odcinkach jest bardzo zróżnicowany, podobnie jak zróżnicowane są wartości redukcji prędkości W odniesieniu do dwóch dolnych czynników przedstawionych na ryc. 5.12 również można odnotować bardzo duże zróżnicowanie w poszczególnych miarach kwantyfikacyjnych (tj. tylko jedno potwierdzenie widocznych przeszkód bocznych lub bliskiej odległości zabudowy względem szykany i trzech przypadków poświadczających widoczną zabudowę, ale w dalszej odległości od szykany). Jednak porównując sumy miar kwantyfikacyjnych Z_{zw} z wartościami redukcji prędkości Δv_{85} na poszczególnych odcinkach badawczych, można stwierdzić pewną zgodność następowania zmian, co zobrazowano przedstawiono na wykresach radarowych (ryc. 5.17).

a) rozkład redukcji prędkości Δv_{85} i Δv_{sr} b) rozkład zmian sumy miar kwantyfikacyjnych Z_{zw} 

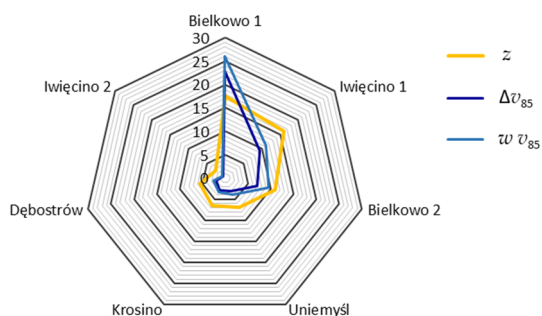
Ryc. 5.17. Porównanie zmian wielkości redukcji prędkości Δv_{85} i Δv_{sr} oraz sumy miar kwantyfikacyjnych Z_{zw} na odcinkach z poligonu badawczego 1

5.3.4 Zestawienie wyników oceny zagregowanego parametru z i jego łącznego wpływu na parametry ruchowe

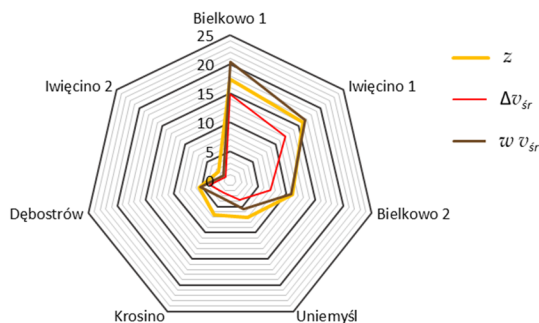
Podsumowując powyższe analizy poniżej na ryc. 5.18 i 5.19 przedstawiono na wykresach radarowych prawdopodobną zgodność pomiędzy oszacowaną redukcją prędkości Δv_{85} oraz Δv_{sr} w ruchu swobodnym i wskaźnikami zmian prędkości w , określonymi wg zależności (5.1 i 5.2) oraz zagregowanym parametrem z , czyli zsumowanym łącznym oddziaływaniem czynników związanych z organizacją ruchu (z_o), warunkami drogowymi (z_d) i zagospodarowaniem otoczenia i warunkami widoczności (z_{zw}) na wszystkich odcinkach z poligonu badawczego 1.

$$w(v_{85}) = (v_{85}^{przed} - v_{85}^{za}) / v_{85}^{przed}, \quad (5.1)$$

$$w(v_{sr}) = (v_{sr}^{przed} - v_{sr}^{za}) / v_{sr}^{przed}, \quad (5.2)$$



Ryc. 5.18. Zgodność zmian redukcji prędkości Δv_{85} , $w v_{85}$ oraz zagregowanego parametru z (odpowiednio $R = 0,89$ i $R = 0,90$) [141, 142]



Ryc. 5.19. Zgodność wskaźnika zmian prędkości Δv_{sr} , $w v_{sr}$ oraz zagregowanego parametru z (odpowiednio $R = 0,98$ i $R = 0,99$) [141, 142]

Analiza zmian analizowanych zmiennych wykazuje największą zgodność pomiędzy redukcją prędkości średniej w ruchu swobodnym Δv_{sr} oraz wskaźnikiem zmian prędkości $w v_{sr}$ i przyjętym w niniejszej rozprawie zagregowanym parametrem z (ryc. 5.19). Biorąc powyższe pod uwagę w niniejszej rozprawie założono przeprowadzenie analizy regresji pomiędzy analizowanymi zmiennymi, co autor niniejszej rozprawy przedstawił w kolejnym punkcie.

5.4 ANALIZA REGRESJI WPŁYWU ZAGREGOWANEGO PARAMETRU I PARAMETRÓW ROZKŁADU PRĘDKOŚCI

W analizach regresji potwierdzających skuteczność zastosowanych szykan drogowych lub jej niepotwierdzających, wzięto pod uwagę zarówno zsumowane wartości miar kwantyfikacyjnych (z_w , z_d i z_o) oraz zagregowany parametr z . W odniesieniu do parametrów rozkładu prędkości przed i za szykaną uwzględniono w analizie, zarówno kwantyl 85% prędkości w ruchu swobodnym v_{85} , prędkość w średnią w ruchu swobodnymi v_{sr} i w ruchu ciągłym v_{sr}^{pp} , a także odpowiednie wartości redukcji prędkości Δv . Przy parametrach rozkładu prędkości uwzględniono również wskaźnik zmian prędkości w , który jest często uwzględniany w analizach uspokojenia ruchu i przedstawia wartość procentową redukcji prędkości w stosunku do jej wartości początkowej (zależność 5.1 i 5.2). W odniesieniu do dwóch odcinków badawczych zlokalizowanych we wsi Jarzysław, z racji braku wybudowanej szykany, prędkości zmierzono odpowiednio przed i za znakami E-17 i D-42, ustawionymi

w tej samej lokalizacji. Wyniki współczynników korelacji przedstawiono poniżej w tab. 5.7 i 5.8. W tab. 5.7 i 5.8 czcionką pogrubioną zaznaczono przypadki, gdy współczynnik korelacji był większy niż 0,9, co oznacza zgodnie z zasadami statystycznymi sformułowanymi w [50, 65, 53] istotną statystycznie zależność.

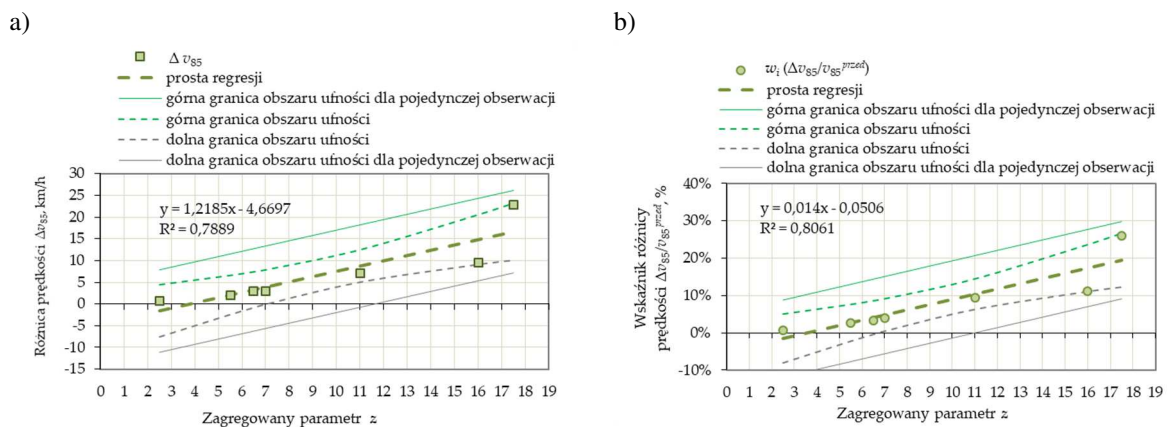
Tab. 5.7. Współczynniki korelacji pomiędzy miarami kwantyfikacyjnymi i wybranymi parametrami rozkładu prędkości w poligonie badawczym 1 (włącznie z odcinkami dodatkowymi, w których nie wybudowano szykan)

	$U_{85}^{prze\acute{d}}$	$U_{5r}^{prze\acute{d}}$	$U_{5r}^{pp\ prze\acute{d}}$	U_{85}^{za}	U_{5r}^{za}	$U_{5r}^{pp\ za}$	ΔU_{85}	ΔU_{5r}	ΔU_{5r}^{pp}	$w_{U_{85}}$	$w_{U_{5r}}$
Z _{zw}	-0,14	-0,21	-0,12	-0,63	-0,68	-0,61	0,76	0,93	0,93	0,80	0,94
Z _d	-0,38	-0,36	-0,29	-0,77	-0,78	-0,67	0,68	0,89	0,75	0,71	0,90
Z _o	-0,18	-0,31	-0,24	-0,67	-0,69	-0,71	0,76	0,81	0,90	0,79	0,82
Z	-0,24	-0,31	-0,23	-0,73	-0,76	-0,69	0,77	0,94	0,90	0,81	0,95

Tab. 5.8. Współczynniki korelacji pomiędzy miarami kwantyfikacyjnymi i wybranymi parametrami rozkładu prędkości w poligonie badawczym 1 (bez dodatkowych odcinków, w których nie wybudowano szykan)

	$U_{85}^{prze\acute{d}}$	$U_{5r}^{prze\acute{d}}$	$U_{5r}^{pp\ prze\acute{d}}$	U_{85}^{za}	U_{5r}^{za}	$U_{5r}^{pp\ za}$	ΔU_{85}	ΔU_{5r}	ΔU_{5r}^{pp}	$w_{U_{85}}$	$w_{U_{5r}}$
Z _{zw}	0,39	0,42	0,64	-0,49	-0,74	-0,74	0,81	0,93	0,93	0,82	0,94
Z _d	0,18	0,26	0,53	-0,64	-0,83	-0,48	0,77	0,92	0,71	0,78	0,92
Z _o	0,62	0,52	0,73	-0,40	-0,56	-0,61	0,90	0,82	0,96	0,90	0,82
Z	0,40	0,42	0,68	-0,57	-0,79	-0,64	0,89	0,98	0,94	0,90	0,99

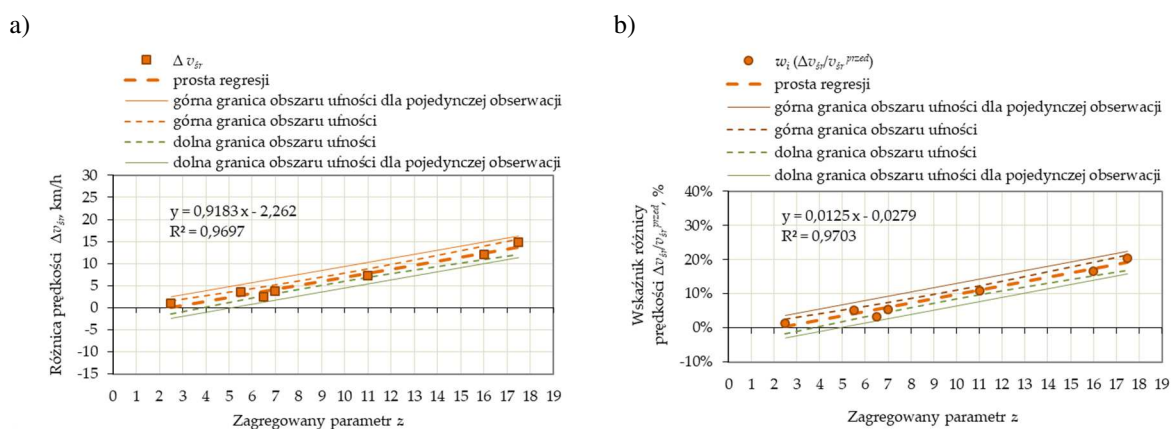
Uwzględniając otrzymane pozytywne rezultaty współczynników korelacji w odniesieniu do poszukiwanej zależności redukcji prędkości Δv lub wskaźnika redukcji prędkości w od zagregowanego parametru z przeprowadzono odpowiednie analizy regresji. Otrzymane wyniki analizy regresji przedstawiono na ryc. 5.20-5.21.



Ryc. 5.20. Funkcja regresji liniowej określającej zależność od zagregowanego parametru z : a) redukcji prędkości Δv_{85} , ($R = 0,89$), b) wskaźnika redukcji prędkości $w (v_{85})$ ($R = 0,90$) [141, 142]

Zależności przedstawione na ryc. 5.20 poświadczają sformułowane w rozdziale 3 hipotezy, że redukcja prędkości przy przejeździe wzdłuż szykany zależy od wielu czynników charakteryzujących przestrzennie otoczenie, które w łączny sposób wpływają na kierowcę i podjęcie decyzji o zmniejszeniu prędkości w strefie wjazdowej. Odnosząc się do wytycznych zagranicznych [51, 122, 156, 164] i krajowych [92, 93], w których tylko podane są, w zależności od kraju różne wielkości procentowe redukcji prędkości, można stwierdzić, że otrzymane w niniejszej rozprawie wyniki potwierdzają te tezy. Jednak otrzymane wielkości redukcji zależą od wielu czynników zewnętrznych, które po raz pierwszy zostały sformułowane i oszacowane w niniejszej rozprawie.

Na ryc. 5.21 przedstawiono analizy regresji w odniesieniu do średniej prędkości.

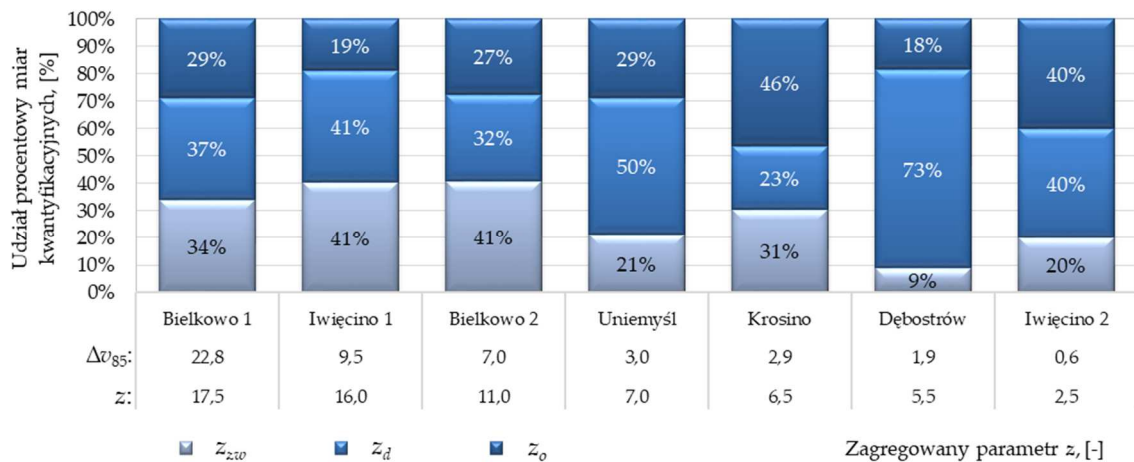


Ryc. 5.21. Funkcja regresji liniowej określającej zależność od zagregowanego parametru z: a) redukcji prędkości Δv_{sr} ($R = 0,98$), b) wskaźnika redukcji prędkości $w(v_{sr})$ ($R = 0,99$) [141]

Analiza danych przedstawionych na ryc. 5.21 wskazuje, że prędkość średnia v_{sr} w ruchu swobodnym jest istotnie statystycznie zależna od łącznej siły oddziaływania przestrzennego zagospodarowania otoczenia drogi w strefie wjazdowej, co poświadczają duże wartości współczynników korelacji (tab. 5.7 i 5.8). Im więcej jest obecnych w strefie wjazdowej różnych elementów tego przestrzennego zagospodarowania otoczenia drogi w rejonie szykany drogowej wybudowanej w strefie wjazdowej, tym większa może być oczekiwana redukcja prędkości Δv . Powyższe spostrzeżenia mogą wskazywać planistom i projektantom, w której lokalizacji najkorzystniej będzie zaprojektować szykanę skutecznie redukującą prędkość, pod warunkiem uwzględnienia jak największej liczby czynników.

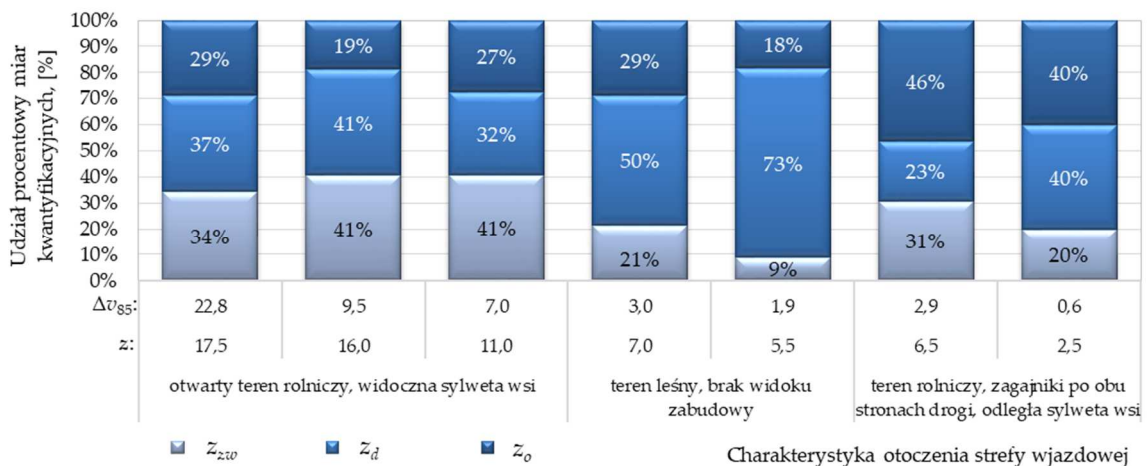
Ważnym zagadnieniem jest też wskazanie, które czynniki z wymienionych w sumie 23 na poszczególnych ryc. 5.4, 5.10 i 5.11, charakteryzujących wybrane przez autora 3 kryteria okazały się istotne. Biorąc powyższe pod uwagę na ryc. 5.22 przedstawiono udziały procentowe poszczególnych zsumowanych miar kwantyfikacyjnych w 3 kryteriach w odniesieniu do

wartości zagregowanego parametru z . Analiza danych przedstawionych na ryc. 5.22 wskazuje, że im większy jest udział kryterium zagospodarowania otoczenia w strefie wjazdowej i kryterium warunków drogowych, tym większa może być redukcja prędkości.



Ryc. 5.22. Zestawienie udziałów procentowych zsumowanych miar kwantyfikacyjnych w poszczególnych kryteriach w odniesieniu do zagregowanego parametru z

Biorąc pod uwagę, że odgięcie toru jazdy na odcinkach zaliczonych do poligonu badawczego 1 jest jednakowe i równe 2 m, oprócz odcinka Bielkowo 2, na ryc. 5.23 przedstawiono udziały procentowe poszczególnych zsumowanych miar kwantyfikacyjnych w 3 kryteriach w zależności od charakterystyki otoczenia strefy wjazdowej.



Ryc. 5.23. Zestawienie udziałów procentowych zsumowanych miar kwantyfikacyjnych w poszczególnych kryteriach w odniesieniu do charakterystyki otoczenia strefy wjazdowej

Analiza danych zestawionych na ryc. 5.23 wykazuje, że największe redukcje prędkości odnotowano w terenie rolniczym przy widocznej wyraźnie sylwecie wsi i pojedynczych zabudowań. Znacznie mniejsze redukcje odnotowano, gdy strefa wjazdowa była otoczona lasem lub zagajnikami i brak było widoku sylwety wsi i pojedynczej zabudowy.

Jeśli w strefie wjazdowej znajdują się zabudowania, elementy obiektów inżynierskich, (czyli przestrzenne przeszkody boczne) i ich lokalizacja względem krawędzi drogi jest bliska, to szykanę należy projektować w jak najbliższej odległości od tych elementów. W celu osiągnięcia skutecznej redukcji prędkości należy rozważyć także odgięcie toru jazdy od kierunku prostego większe niż 2 m i planować je w odległości do 100 m od widocznej bliskiej zabudowy wsi.

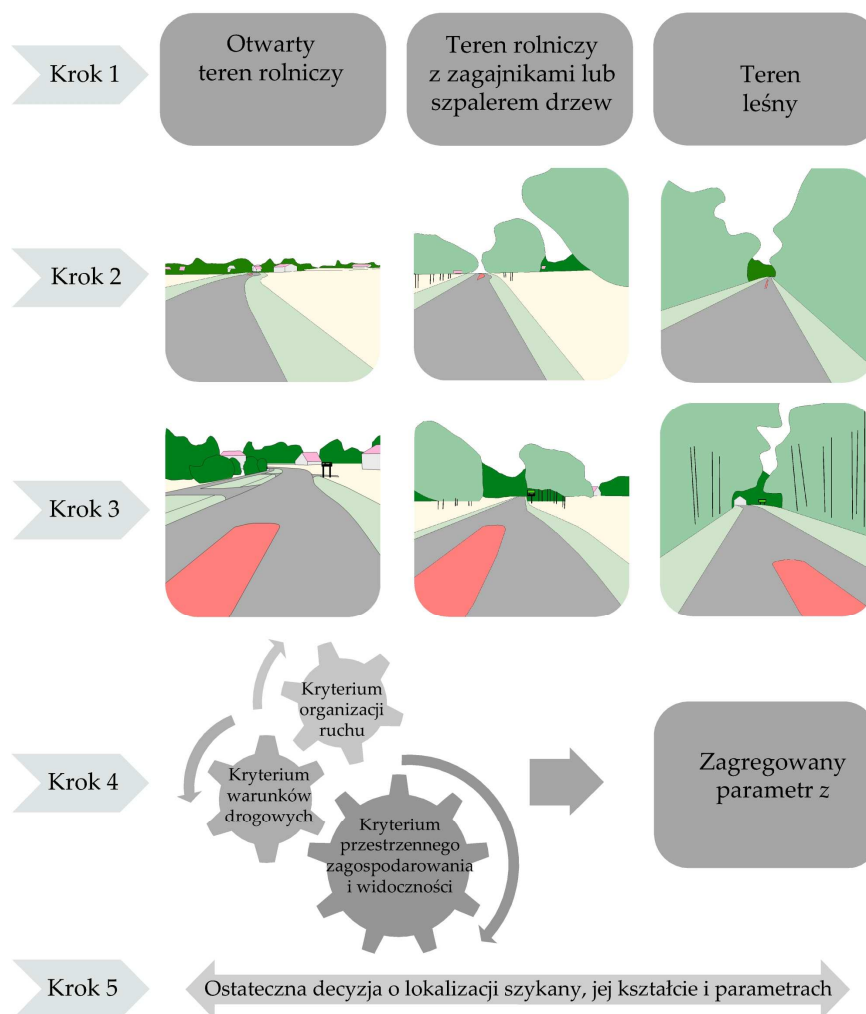
Jeśli dojazd do strefy wjazdowej następuje po długim odcinku prostym w planie w przestrzeni otwartej, to w celu osiągnięcia skutecznej redukcji prędkości wielkość odgięcia toru jazdy od kierunku prostego należy dobierać z uwzględnieniem widoku sylwety wsi i odległości szykany od widocznej zabudowy wsi, mierzonej wzdłuż drogi. Najbardziej skuteczne rezultaty redukcji prędkości można osiągnąć w przypadku wyraźnego widoku bliskiej zabudowy wsi znajdującej się po stronie pasa wjazdowego podczas dojazdu do szykany.

5.5 PODSUMOWANIE

Do badań w poligonie badawczym 1 wybrano w sumie 7 odcinków, na których wybudowano szykany w strefie wjazdowej. Analiza otrzymanych wyników z pomiarów rzeczywistych prędkości wykazała (ryc. 3.12), że dyspersja prędkości jest bardzo duża i różnorodna, pomimo że prawie wszystkie szykany miały to samo odgięcie toru jazdy od kierunku prostego. W prowadzonych analizach sformułowano kilkanaście determinant, które mogły wpłynąć na uzyskaną redukcję prędkości. Analizując szczegółowo wartości oceny czynników przedstawione na ryc. 5.4, 5.10 i 5.12 można wydzielić kilka głównych determinant, np. czynniki ściśle związane z: widokiem, jaki widzi kierowca za znakiem D-42, krzywizną poziomą i jej parametrami, warunkami otoczenia na dojeździe do wsi i w strefie wjazdowej, a także widokiem sylwety wsi lub pojedynczych zabudowań albo infrastruktury drogowej związanej z terenem zabudowanym. Wymienione determinanty potwierdzają postawioną tezę rozprawy, że istnieją czynniki zawarte we wprowadzonym zagregowanym parametrze, które wpływają na wielkość redukcji prędkości wjazdowej do wsi (ryc. 5.20 i 5.21).

Analizując tylko te odcinki, które znajdowały się w otwartych terenach rolniczych można potwierdzić, że w dużej mierze o uzyskanej redukcji prędkości w strefie wjazdowej decydowały warunki widoczności: sylwety wsi, bliskiej zabudowy, elementów infrastruktury drogowej, a także parametry krzywizny poziomej i związanymi z nimi warunkami widoczności.

Biorąc powyższe pod uwagę planiści i projektanci projektujący uspokojenie ruchu w danej wsi, powinni w analizach uwzględniać czynniki przedstawione na ryc. 5.4, 5.10 i 5.12. Proponowaną metodę kolejnych analiz przedstawiono na ryc. 5.24.

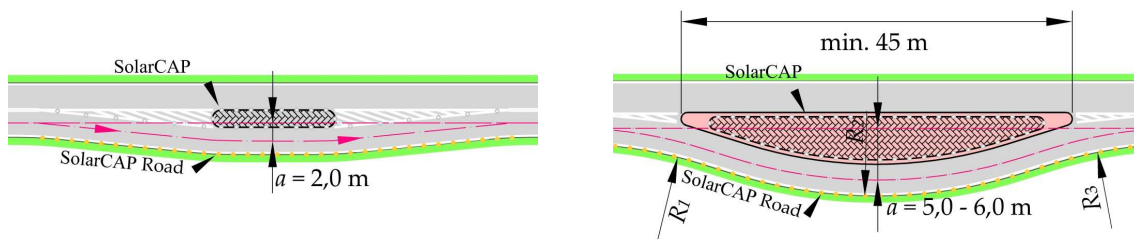


Ryc. 5.24. Proponowany tok procesu projektowego – tj. doboru lokalizacji szycany budowanej w strefie wjazdowej do wsi, przy ograniczeniu prędkości do 70 km/h [130]

W pierwszej kolejności (ryc. 5.24 – krok 1) należy rozważyć rodzaj terenu i przestrzennego zagospodarowania otoczenia drogi w strefie wjazdowej do wsi, (czyli określić czy jest to otwarty teren rolniczy, teren rolniczy z zagajnikami lub szpalerem drzew, czy teren leśny). Wymienione warunki przestrzennego zagospodarowania otoczenia drogi determinująco wpływają na prędkości dojazdu do strefy wjazdowej, percepcję kierowcy i w konsekwencji na wielkość redukcji prędkości podczas przejazdu przez szycanę. W drugiej kolejności planiści na podstawie analizy stwierdzonych tautologii logicznych w trakcie wizji lokalnych lub podczas przeglądu dostępnych zdjęć satelitarnych np. z programu Google Earth lub Street View [118], powinni ustalić liczbę czynników związanych z otoczeniem na dojeździe do planowanej lokalizacji szycany z (ryc. 5.24 – krok 2 – proces analityczny warunków dojazdu do strefy

wjazdowej do wsi). Czyli powinny to być analizy organizacji ruchu dotyczącej przede wszystkim lokalizacji znaków, a także warunków drogowych i otoczenia drogi, wpływających na percepcję kierowcy i realizowane prędkości. Następnie należy dokonać analogicznej analizy warunków drogowych i przestrzennego zagospodarowania otoczenia drogi w pobliżu planowanej wstępnie lokalizacji szykany, (ryc. 5.24 – krok 3 – wstępna lokalizacja szykany), tj. analizy przebiegu drogi wzdłuż odcinka prostego w planie lub krzywizny poziomej, oceny warunków widoczności dalszej perspektywy drogi, istniejącej lokalizacji znaków pionowych E-17 i D-42 itd. Mając wstępnie ocenione warunki przestrzennego zagospodarowania otoczenia dojazdu do strefy wjazdowej do wsi i ocenę wstępnie planowanej lokalizacji szykany, powinno się oszacować poszczególne czynniki w ww. trzech kryteriach i przybliżoną wartość zagregowanego parametru z (ryc. 5.24 – krok 4 – ocena zagregowanego parametru). Na podstawie oszacowanego zagregowanego parametru końcowym elementem projektowania uspokojenia ruchu w strefie wjazdowej do wsi przy ograniczeniu prędkości do 70 km/h powinna być ostateczna wybrana lokalizacja szykany i parametry projektowanej szykany (ryc. 5.24 – krok 5 – projekt szykany). [141]

Reasumując powyższe, jeśli w terenie rolniczym na otwartej przestrzeni nie widać sylwety wsi, bliskich zabudowań, to w przypadku krzywizn poziomych potwierdzonych na danej drodze powodujących utratę widoczności, również można oczekiwać niewielkiej redukcji prędkości, nawet bez wybudowanej szykany (ryc. 3.12). Przy większej liczbie potwierdzonych determinant (tj. przy $z \geq 10$), można planować w strefach wjazdowych szykany jednostronne, jednak z odgięciem toru jazdy większym niż 2 m, co zgodne jest z zaleceniami zawartymi w [93, 131, 132]. W przypadku mniejszej wartości zagregowanego parametru z , należy w celu osiągnięcia oczekiwanej redukcji prędkości zaplanować bliższą lokalizację szykany do istniejącej zabudowy i należy znacznie zwiększyć odgięcie toru jazdy oraz zaplanować dodatkowe elementy uspokojenia ruchu w najbliższym otoczeniu szykany. Zgodnie z zaleceniami zawartymi w [131], promień wjazdowy R_1 przy prędkości 70 km/h nie powinien być mniejszy niż 100 m, a kolejne promienie (R_2, R_3) powinny mieć wartość równą lub większą niż wartość promienia wjazdowego R_1 (ryc. 5.25). Pozostałe wymiary szykany powinny być dostosowane do warunków drogowych, tj. dostępnej szerokości pasa drogowego, (warunkującej pożądane odgięcie toru jazdy).



Ryc. 5.25. Szykana jednostronna przy mniejszej wartości zagregowanego parametru z

Natomiast w przypadku, gdy szykany są już wybudowane i nie uzyskano w strefie wjazdowej oczekiwanej redukcji prędkości, to należy w pobliżu bliskiej zabudowy wsi zaplanować kolejne elementy uspokojenia ruchu, których skuteczność opisano w [71] oraz zastosować markery drogowe z wykorzystaniem diody elektroluminescencyjnej SolarCAP oraz SolarCAP Road (ryc. 5.26), co jest zgodne z analizami badań i wnioskami zawartymi w [64, 66, 136].



Ryc. 5.26. Wizualizacja wykorzystania najnowszych rozwiązań technologii solarnej wspomaganymi słupkami drogowymi: a) stan istniejący w terenie rolniczym bez widoku sylwety wsi, b) wspomaganie diodami elektroluminescencyjnymi informacji o przeszkodzie w terenie rolniczym, c) stan istniejący w terenie leśnym, d) wspomaganie diodami elektroluminescencyjnymi informacji o przeszkodzie w terenie leśnym

W przypadku terenów leśnych i planowanej budowy szykany jednostronnej w strefie wjazdowej do wsi, przy braku widoczności sylwety wsi i bliskiej zabudowy, powinno się planować lokalizację szykany jak najbliżej znaku D-42 i stosować jednostronne szykany półkoliste z odgięciem toru jazdy co najmniej równym 5 m (ryc. 5.25b), zgodnie z zalecaniami zawartymi w wytycznych [93, 131, 171], przy stosowaniu odpowiednich promieni wyokrąglenia krawędzi wyspy dostosowanych do prędkości 70 km/h. Szykany te powinny być jednak wspomóżone dodatkowymi elementami uspokojenia ruchu zlokalizowanymi bliżej zwartej zabudowy wsi [64, 66, 70, 136, 139]. W celu zwiększenia efektywności redukcji prędkości przy szykanach półokrągłych wybudowanych w strefach wjazdowych zlokalizowanych w terenie leśnym, (przy braku widoczności sylwety wsi lub pojedynczych zabudowań), powinno się zastosować na krawężniku wyspy, krawędziach jezdni zastosować dodatkowo światła LED [64, 66, 136], a na poboczu drogi na długości odgięcia zastosować słupki kierujące z pasami odblaskowymi typu LED [141]. Autor sugeruje zastosować markery SolarCAP i SolarCAP Road przy wybudowanych już szykanach o mniejszym odgięciu toru jazdy od kierunku prostego, w terenach rolniczych przy ograniczonej widoczności sylwety wsi (ryc. 5.25a i 5.26b). Nieskuteczne okazały się w obu przypadkach „kocie oczka” naklejane na nawierzchnię, gdyż w trakcie wizji lokalnych podczas przejazdu pojazdów ciężarowych były one odrywane od powierzchni (ryc. 5.26a i 5.26c).

Zakończenie procesu projektowego szykan budowanych w strefie wjazdowej powinno, zgodnie z wnioskami z badań [64, 66, 136], również uwzględniać stosowanie najnowszych rozwiązań technologiczne, tj. stosowania dodatkowego oznakowania technologii solarnych LED, gdyż warunki świetlne są istotnymi czynnikami bezpieczeństwa ruchu, pomimo, że związek między warunkami świetlnymi i prędkością pojazdu nie jest w pełni zrozumiały i rzadko był dotychczas badany.

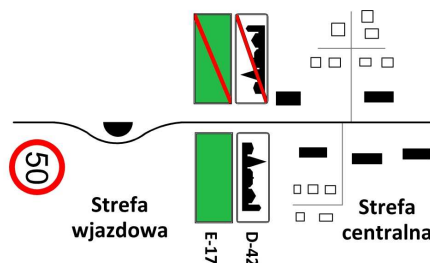
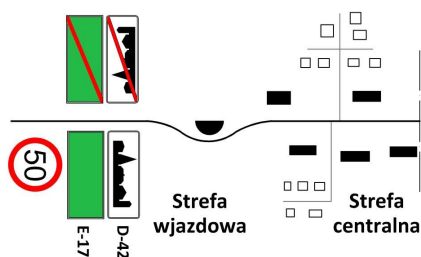
Rozdział 6

IDENTYFIKACJA DETERMINANT ODDZIAŁYWANIA SZYKAN NA WARUNKI RUCHOWE W POLIGONIE BADAWCZYM 2

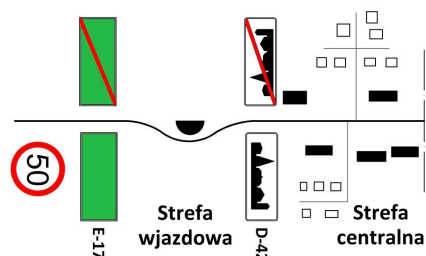
6.1 ZAŁOŻENIA OGÓLNE

Analogicznie do poligonu badawczego 1, przeanalizowano w pierwszej kolejności organizację ruchu zastosowaną na odcinkach przypisanych do poligonu badawczego 2, w odniesieniu do rozmieszczenia znaków E-17 i D-42 (ryc. 3.9 i 6.1).

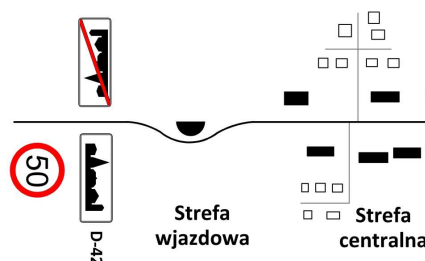
- a) przy krótkiej długości przejścia drogi tranzytowej przez wieś od 400 m do 1,5 km i rozproszonej zabudowie b) przy krótkiej długości przejścia drogi przez wieś (400-1500 m) i małej odległości bliskiej zabudowy od znaków E-17 i D-42



- c) przy rozproszonej zabudowie na długości przejścia drogi tranzytowej przez wieś (długość przejścia drogi przez wieś ponad 2 km)



- d) przy bardzo rozległej wsi i podzieleniu wsi na kilka terenów zabudowy wzdłuż drogi tranzytowej



Ryc. 6.1. Przykłady lokalizacji znaków E-17 i D-42 na odcinkach z poligonu badawczego 2

Najczęściej przy krótkim przejściu drogi tranzytowej przez wieś zastosowano szykany za znakami E-17 i D-42 (ryc. 6.1a), a w przypadku istnienia krzywizny poziomej poprzedzającej znaki E-17 i D-42 szykany z reguły wybudowano przed nimi (ryc. 6.1b). W przypadku stwierdzonej największej redukcji prędkości na odcinkach zaliczonych do poligonu badawczego 2 równej $\Delta v_{85} = 22,8$ km/h, jednostronna szykana prostokątna znajdowała się bezpośrednio przed bliską zabudową wsi i mostem, natomiast znaki E-17 i D-42 były umieszczone w znacznie dalszej odległości przed szykaną (ryc. 6.1a). W przypadku szykan jednostronnych półokrągłych, wieś była podzielona na dwa obszary zabudowy odległo o ok. 1000 m i pomiędzy nimi zastosowano tylko znaki D-42 (ryc. 6.1d). W odniesieniu do tych dwóch szykan znaki D-42 były umieszczone przed szykaną i w ich pobliżu nie odnotowano bliskiej zabudowy wsi. Należy wspomnieć, że zgodnie z wytycznymi [185] rozmieszczenie znaków E-17 i D-42 jest uzależnione od wyznaczonych granic administracyjnych i granicy wyznaczonych działek budowlanych przeznaczonych pod istniejącą lub przyszłą zabudowę.

Podobnie jak w przypadku poligonu badawczego 1, ważny w analizach okazał się widok sylwety wsi na dojeździe do strefy wjazdowej i widok bliskiej zabudowy oraz innych widocznych elementów zastosowanej infrastruktury drogowej. Biorąc powyższe pod uwagę, podobnie jak w przypadku poligonu badawczego 1, utrzymano w dalszych analizach schemat wykonywania ich kolejności przedstawiony na ryc. 5.2.

6.2 ANALIZA STATYSTYCZNA WYNIKÓW POMIARÓW PRĘDKOŚCI

Analogicznie jak w rozdziale 5 w odniesieniu do wszystkich odcinków badawczych z poligonu badawczego 2, zgodnie z założeniami sformułowanymi w pkt 3.2 w rozdziale 3, wykonano analogiczne testy statystyczne: *jednorodności*, potwierdzając, że wszystkie zmierzone prędkości przynależą do danej populacji oraz *zgodności*, potwierdzające rozkład normalny otrzymanych danych (tab. 6.1 i 6.2). Analiza wyników *testów zgodności Kołmogorowa* zestawionych w tab. 6.1 i 6.2 wykazała, że wszystkie populacje prędkości mają rozkłady normalne. Ponieważ nie we wszystkich populacjach wyniki *testu wariancji* pozwoliły przyjąć za wiarygodne wyniki *testu dla dwóch średnich*, to zakładając rozkład ciągły zmiennych w populacji prędkości w dalszych badaniach opierano się tylko na rezultatach *testu zgodności Kołmogorowa*. W następnej kolejności, zgodnie z założeniami sformułowanymi w rozdziale 3 przeprowadzono testy statystyczne *Kołmogorowa-Smirnowa*, *niezależności* i *mediany* w odniesieniu do porównywanych populacji prędkości zmierzonych przed i za

szykaną, a na odcinkach porównawczych odpowiednio przed i za znakami E-17 i D-42. Wyniki przeprowadzonych testów zestawiono w tab. 6.3 i 6.4.

Tab. 6.1. Rezultaty standardowych testów statystycznych w odniesieniu do populacji prędkości w ruchu swobodnym, (odcinki badawcze wymienione są w kolejności Δv_{85})

Odcinki badawcze	Test Kolmogorowa λ H ₀ : $F(v) = F_0(v)$ H ₁ : $F(v) \neq F_0(v)$			Test dla dwóch średnich u H ₀ : $v_{50}^{przed} = v_{50}^{za}$ H ₁ : $v_{50}^{przed} \neq v_{50}^{za}$		Test dla dwóch średnich t H ₀ : $v_{50}^{przed} = v_{50}^{za}$ H ₁ : $v_{50}^{przed} > v_{50}^{za}$		Test wariancji F H ₀ : $s^{przed 2} = s^{za 2}$ H ₁ : $s^{przed 2} > s^{za 2}$	
	v^{przed}	v^{za}	λ_{α} $\alpha = 0,05$	u	u_{α} $\alpha = 0,05$	t	t_{α} $\alpha = 0,05$	F	F_{α} $\alpha = 0,05$
Gleźnowo 2	0,93	0,22	1,36	15,7	1,96	15,7	1,60	2,54	1,52
Mrzeżyno	0,66	0,55	1,36	5,38	1,96	5,38	1,60	1,17	1,58
Wrzosowo 1	0,93	0,54	1,36	8,64	1,96	8,64	1,60	1,67	1,56
Wrzosowo 2	0,58	0,36	1,36	9,13	1,96	9,13	1,60	1,46	1,57
Skibienko 1	1,03	0,71	1,36	3,70	1,96	3,70	1,60	1,12	1,50
Trzebusz 2	0,44	0,39	1,36	5,02	1,96	5,02	1,60	1,33	1,86
Trzebusz 1	0,46	0,27	1,36	4,23	1,96	4,23	1,60	1,35	1,57
Gleźnowko 2	0,54	1,32	1,36	6,07	1,96	6,07	1,60	2,84	1,60
Wrzosowo Osiedle 2	0,26	0,25	1,36	1,67	1,96	1,67	1,60	1,58	1,61
Wrzosowo Osiedle 1	0,50	0,40	1,36	1,10	1,96	1,10	1,60	1,13	1,58
Dwa odcinki porównawcze (bez wybudowanych szykan w strefach wjazdowych)									
Rekowo 2	1,21	1,05	1,36	0,76	1,96	0,76	1,60	1,18	1,70
Rekowo 1	0,75	0,69	1,36	0,88	1,96	0,88	1,60	1,08	1,54

Oznaczenia jak w tab. 5.1.

Tab. 6.2. Rezultaty standardowych testów statystycznych w odniesieniu do populacji prędkości w potoku pojazdów, (odcinki badawcze wymienione są w kolejności Δv_{85})

Odcinki badawcze	Test Kolmogorowa λ H ₀ : $F(v) = F_0(v)$ H ₁ : $F(v) \neq F_0(v)$			Test dla dwóch średnich u H ₀ : $v_{50}^{przed pp} = v_{50}^{za pp}$ H ₁ : $v_{50}^{przed pp} \neq v_{50}^{za pp}$		Test dla dwóch średnich t H ₀ : $v_{50}^{przed pp} = v_{50}^{za pp}$ H ₁ : $v_{50}^{przed pp} > v_{50}^{za pp}$		Test wariancji F H ₀ : $s^{przed pp 2} = s^{za pp 2}$ H ₁ : $s^{przed pp 2} > s^{za pp 2}$	
	$v^{przed pp}$	$v^{za pp}$	λ_{α} $\alpha = 0,05$	u	u_{α} $\alpha = 0,05$	t	t_{α} $\alpha = 0,05$	F	F_{α} $\alpha = 0,05$
Gleźnowo 2	1,0	0,54	1,36	17,64	1,96	17,64	1,60	1,96	1,46
Mrzeżyno	0,84	0,88	1,36	10,8	1,96	10,8	1,60	1,14	1,35
Wrzosowo 1	0,87	1,03	1,36	12,34	1,96	12,34	1,60	1,69	1,39
Wrzosowo 2	0,48	0,76	1,36	14,61	1,96	14,61	1,60	1,25	1,38
Skibienko 1	0,93	0,75	1,36	5,63	1,96	5,63	1,60	1,08	1,36
Trzebusz 2	0,44	0,39	1,36	5,02	1,96	5,02	1,60	1,33	1,86
Trzebusz 1	0,46	0,27	1,36	4,23	1,96	4,23	1,60	1,35	1,57
Gleźnowko 2	0,60	1,46	1,36	7,45	1,96	7,45	1,60	2,84	1,60
Wrzosowo Osiedle 2	0,42	0,64	1,36	5,01	1,96	5,01	1,60	1,68	1,48
Wrzosowo Osiedle 1	0,48	0,48	1,36	1,57	1,96	1,57	1,60	1,23	1,42
Dwa odcinki porównawcze (bez wybudowanych szykan w strefach wjazdowych)									
Rekowo 2	1,21	0,93	1,36	1,58	1,96	1,58	1,60	1,55	1,64
Rekowo 1	0,88	0,48	1,36	3,75	1,96	3,75	1,60	1,83	1,48

Oznaczenia jak w tab. 5.1.

Tab. 6.3. Rezultaty standardowych testów statystycznych w odniesieniu do porównania prędkości przed i za szykaną w ruchu swobodnym, (odcinki badawcze wymienione są w kolejności Δv_{85})

Odcinek badawczy	Δv_{85} , [km/h]	Test Kołmogorowa-Smirnowa $H_0: F(v_{przed}) = F(v_{za})$ $H_1: F(v_{przed}) \neq F(v_{za})$		Test niezależności $H_0: P\{X = v_{przed}, Y = v_{za}\} = P\{X = v_{przed}\} \cdot P\{Y = v_{za}\}$ $H_1: P\{X = v_{przed}, Y = v_{za}\} \neq P\{X = v_{przed}\} \cdot P\{Y = v_{za}\}$		Test mediany $H_0: F_1(x) = F_2(x)$ $H_1: F_1(x) \neq F_2(x)$	
		λ	λ_α	χ^2	χ^2_α	χ^2	χ^2_α
Gleźnowo 2	22,5	4,56	1,36	60,4	3,84	77,2	3,84
Mrzeżyno	14,3	2,47	1,36	25,95	3,84	19,68	3,84
Wrzosowo 1	11,9	3,34	1,36	44,92	3,84	35,68	3,84
Wrzosowo 2	11,4	3,57	1,36	36,96	3,84	25,26	3,84
Skibienko 1	11,1	1,82	1,36	10,18	3,84	6,33	3,84
Trzebusz 2	9,4	2,08	1,36	12,12	3,84	13,79	3,84
Trzebusz 1	5,4	1,70	1,36	10,76	3,84	6,10	3,84
Gleźnowo 2	5,4	3,08	1,36	13,60	3,84	41,22	3,84
Wrzosowo Osiedle 2	1,8	0,83	1,36	1,61	3,84	3,54	3,84
Wrzosowo Osiedle 1	0,2	0,51	1,36	0,00	3,85	2,25	3,84
Dwa odcinki porównawcze (bez wybudowanych szykan w strefach wjazdowych)							
Rekowo 2	6,7	0,41	1,36	0,0	3,84	8,47	3,84
Rekowo 1	1,6	0,55	1,36	0,0	3,84	1,65	3,84

Oznaczenia jak w tab. 5.1.

Tab. 6.4. Rezultaty standardowych testów statystycznych w odniesieniu do porównania populacji prędkości przed i za szykaną w potoku pojazdów, (odcinki badawcze wymienione są w kolejności jak w tab. 6.1)

Odcinek badawczy	Δv_{85rpp} , [km/h]	Test Kołmogorowa-Smirnowa $H_0: F(v_{przed}) = F(v_{za})$ $H_1: F(v_{przed}) \neq F(v_{za})$		Test niezależności $H_0: P\{X = v_{przed}, Y = v_{za}\} = P\{X = v_{przed}\} \cdot P\{Y = v_{za}\}$ $H_1: P\{X = v_{przed}, Y = v_{za}\} \neq P\{X = v_{przed}\} \cdot P\{Y = v_{za}\}$		Test mediany $H_0: F_1(x) = F_2(x)$ $H_1: F_1(x) \neq F_2(x)$	
		λ	λ_α	χ^2	χ^2_α	χ^2	χ^2_α
Gleźnowo 2	20,2	5,22	1,36	85,0	3,84	103,9	3,84
Mrzeżyno	15,3	4,25	1,36	83,03	3,84	178,2	3,84
Wrzosowo 1	11,6	4,77	1,36	89,23	3,84	144,49	3,84
Wrzosowo 2	16,3	5,24	1,36	114,10	3,84	191,51	3,84
Skibienko 1	9,9	2,79	1,36	20,95	3,84	32,23	3,84
Trzebusz 2	10,8	2,08	1,36	12,12	3,84	13,79	3,84
Trzebusz 1	7,0	1,70	1,36	10,76	3,84	6,10	3,84
Gleźnowo 2	9,5	3,56	1,36	23,23	3,84	55,88	3,84
Wrzosowo Osiedle 2	8,6	2,06	1,36	15,43	3,84	28,98	3,84
Wrzosowo Osiedle 1	2,2	0,83	1,36	6,77	3,84	3,86	3,84
Dwa odcinki porównawcze (bez wybudowanych szykan w strefach wjazdowych)							
Rekowo 2	4,1	1,05	1,36	2,11	3,84	1,61	3,84
Rekowo 1	1,8	1,83	1,36	6,56	3,84	11,69	3,84

Oznaczenia jak w tab. 5.1.

Następnie przeprowadzono testy statystyczne w odniesieniu do populacji prędkości zmierzonej za szykaną na kolejnych odcinkach badawczych, uporządkowanych wg wartości redukcji prędkości Δv_{85} , w celu potwierdzenia oddziaływania różnych czynników na otrzymane redukcje prędkości (tab. 6.5 i 6.6). Analiza danych zestawionych w tab. 6.5 i 6.6, potwierdziła, że nie we wszystkich testach otrzymano te same rezultaty. Jednak to były pojedyncze przypadki, na odcinkach ze zbliżonymi wartościami redukcji prędkości Δv_{85} .

Tab. 6.5. Rezultaty standardowych testów statystycznych w odniesieniu do porównania prędkości w ruchu swobodnym na kolejnych odcinkach badawczych, (które wymienione są w kolejności jak w tab. 6.1)

Porównywane odcinki badawcze	Test Kolmogorowa-Smirnowa $H_0: F(v^{za_i}) = F(v^{za_{i+1}})$ $H_1: F(v^{za_i}) \neq F(v^{za_{i+1}})$		Test niezależności $H_0: P\{X = v^{za_i}, Y = v^{za_{i+1}}\} = P\{X = v^{za_i}\}, P\{Y = v^{za_{i+1}}\}$ $H_1: P\{X = v^{za_i}, Y = v^{za_{i+1}}\} \neq P\{X = v^{za_i}\}, P\{Y = v^{za_{i+1}}\}$		Test mediany $H_0: F_1(x) = F_2(x)$ $H_1: F_1(x) \neq F_2(x)$	
	λ	λ_α	χ^2	χ_α^2	χ^2	χ_α^2
Gleźnowo 2 i Mrzeżyno	1,88	1,36	7,35	3,84	10,45	3,84
Mrzeżyno i Wrzosowo 1	1,91	1,36	14,99	3,84	6,28	3,84
Wrzosowo 1 i Wrzosowo 2	0,99	1,36	4,41	3,84	9,84	3,84
Wrzosowo 2 i Skibienko 1	2,76	1,36	23,06	3,84	25,75	3,84
Skibienko 1 i Trzebusz 2	3,82	1,36	58,75	3,84	45,17	3,84
Trzebusz 2 i Trzebusz 1	3,57	1,36	39,25	3,84	50,27	3,84
Trzebusz 1 i Gleźnowko 2	0,86	1,36	0,04	3,84	2,89	3,84
Gleźnowko 2 i Wrzosowo Osiedle 2	1,94	1,36	2,02	3,84	26,62	3,84
Wrzosowo Osiedle 2 i Wrzosowo Osiedle 1	1,22	1,36	5,50	3,84	8,25	3,84

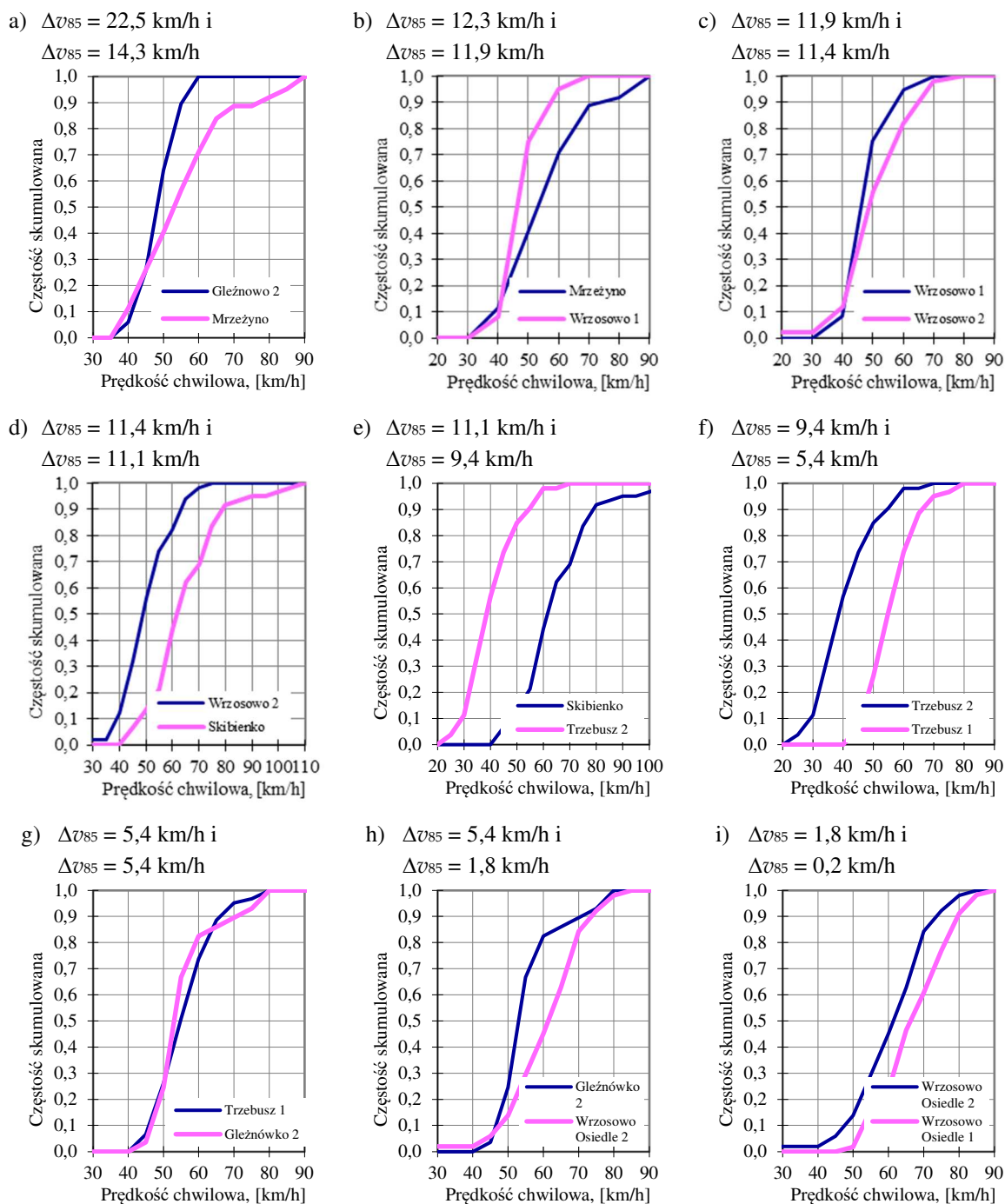
Oznaczenia jak w tab. 5.1.

Tab. 6.6. Rezultaty standardowych testów statystycznych w odniesieniu do porównania populacji prędkości w potoku pojazdów na kolejnych odcinkach badawczych

Porównywane odcinki badawcze	Test Kolmogorowa-Smirnowa $H_0: F(v^{za_i}) = F(v^{za_{i+1}})$ $H_1: F(v^{za_i}) \neq F(v^{za_{i+1}})$		Test niezależności $H_0: P\{X = v^{za_i}, Y = v^{za_{i+1}}\} = P\{X = v^{za_i}\}, P\{Y = v^{za_{i+1}}\}$ $H_1: P\{X = v^{za_i}, Y = v^{za_{i+1}}\} \neq P\{X = v^{za_i}\}, P\{Y = v^{za_{i+1}}\}$		Test mediany $H_0: F_1(x) = F_2(x)$ $H_1: F_1(x) \neq F_2(x)$	
	λ	λ_α	χ^2	χ_α^2	χ^2	χ_α^2
Gleźnowo 2 i Mrzeżyno	1,45	1,36	4,30	3,84	30,94	3,84
Mrzeżyno i Wrzosowo 1	2,32	1,36	24,56	3,84	43,91	3,84
Wrzosowo 1 i Wrzosowo 2	0,87	1,36	4,37	3,84	11,26	3,84
Wrzosowo 2 i Skibienko 1	4,60	1,36	85,62	3,84	54,81	3,84
Skibienko 1 i Trzebusz 2	3,82	1,36	58,75	3,84	45,17	3,84
Trzebusz 2 i Trzebusz 1	3,57	1,36	39,25	3,84	50,27	3,84
Trzebusz 1 i Gleźnowko 2	0,86	1,36	0,04	3,84	2,89	3,84
Gleźnowko 2 i Wrzosowo Osiedle 2	1,50	1,36	0,13	3,84	2,57	3,84
Wrzosowo Osiedle 2 i Wrzosowo Osiedle 1	1,99	1,36	17,92	3,84	12,29	3,84

Oznaczenia jak w tab. 5.1.

W celu lepszego zobrazowania różnic w analizowanych populacjach prędkości na ryc. 6.2 przedstawiono dystrybuanty na kolejnych odcinkach z poligonu badawczego 2, w kolejności różnic prędkości Δv_{85} . Analiza przebiegu dystrybuant na kolejnych odcinkach badawczych potwierdziła niejednorodne wyniki przeprowadzonych testów statystycznych, co szczególnie uwidocznione jest na ryc. 6.2c (przy $\Delta v_{85} = 11,4\text{--}11,9$ km/h) i na ryc. 6.2g (przy $\Delta v_{85} = 5,4$ km/h). Dystrybuanty mają podobny przebieg i dlatego wynik testu zgodności wskazuje na jedną populację, w przeciwieństwie do wyników testu niezależności i mediany, które potwierdzają, że są to różne populacje.



Ryc. 6.2. Dystrybuanty prędkości, zmierzonej za szykaną w ruchu swobodnym porównywane na kolejnych odcinkach z poligonu badawczego 2, w kolejności malejącej wartości redukcji prędkości Δv_{85}

6.3 OSZACOWANIE ZMIENNEJ JAKOŚCIOWEJ ISTNIEJĄCEGO OTOCZENIA STREFY WJAZDOWEJ

6.3.1 Zestawienie wyników oceny czynników związanych z organizacją ruchu

Podobnie, jak w rozdziale 5, w poligonie badawczym 2 zwrócono w pierwszej kolejności uwagę na czynniki związane z kryterium organizacji ruchu, (pkt 3.4.2 i ryc. 3.41).

W odniesieniu do tautologii logicznych w dalszych analizach przyjęto podobną kolorystyką, jaką zastosowano w pkt 5.3.1 na ryc. 5.4. W odniesieniu do poligonu badawczego 2 wprowadzono niewielkie zmiany w czynnikach, które polegały na wprowadzeniu widoku zabudowy za znakiem D-42 zamiast widoku sylwety wsi oraz dodaniu widoku chodnika za znakiem D-42, co związane było głównie z dopuszczalną prędkością wskazaną na znaku drogowym umieszczonym przed wsią. Ponadto wprowadzono dodatkowo jeszcze dwa czynniki dotyczące dodatkowych znaków drogowych B-33 przed lub za szykaną. Otrzymane wyniki oceny poszczególnych czynników przedstawiono na ryc. 6.3. Również w poligonie badawczym 2, jedynie w celach porównawczych przytoczono wyniki w odniesieniu do odcinków, na których nie wybudowano żadnej szykany (Rekowo 1 i 2).

Przyjęte oznaczenia miar kwantyfikacyjnych:																
1	0,5	0	brak szykany	Σo_j	Gleźnowo 2	Mirzeżyno	Wrzosowo 1	Wrzosowo 2	Skibienko 1	Trzebusz 2	Trzebusz 1	Gleźnowko 2	Wrzosowo Osiedle 2	Wrzosowo Osiedle 1	Rekowo 2	Rekowo 1
Odległość widoku infrastruktury drogowej za znakiem D-42	7,5															
Chodnik za znakiem D-42	4,0															
Lokalizacja znaku B-33 (40 lub 50 km/h) przed szykaną	3,0															
Widoczna na dojeździe do szykany zabudowa mieszkalna lub gospodarcza za znakiem D-42	2,0															
Lokalizacja dodatkowego znaku B-33 (70 km/h) przed szykaną	2,0															
Lokalizacja drugiego znaku B-33 (40 km/h) za szykaną	1,5															
Odległość bliskiej zabudowy od znaku D-42 (po stronie wjazdowej)	0,0															
Lokalizacja znaku E-17 przed szykaną																
Lokalizacja znaku D-42 przed szykaną																
Lokalizacja znaku E-17 za szykaną																
Lokalizacja znaku D-42 za szykaną																
Suma miar na danym odcinku badawczym Σo_i	2,0	3,0	3,5	2,0	3,0	2,0	0,5	2,5	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Δv_{85} , [km/h]	22,5	14,3	11,9	11,4	11,1	9,4	5,4	5,4	5,4	1,8	0,2	6,7	1,6			

Ryc. 6.3. Wyniki oceny czynników związanych z kryterium dotyczącym organizacji ruchu, zestawione wg wartości redukcji prędkości Δv_{85} (oznaczenia jak na ryc. 5.4) [140, 142]

Podobnie, jak w poligonie badawczym 1, na odcinkach zaliczonych do poligonu badawczego 2, odnotowano brak zgodności lokalizacji znaków E-17 i D-42 z redukcją prędkości Δv_{85} . Tylko w dwóch przypadkach odnotowano bliską zabudowę za znakiem D-42. Różnorodność odnotowanej tautologii logicznej względem rozmieszczenia znaków E-17 i D-42 oraz brak jej zgodności z redukcją prędkości Δv_{85} była podstawą pominięcia tych czynników w dalszych analizach przy wyznaczaniu determinant.

Również niezgodności z redukcją prędkości odnotowano w przypadku potwierdzenia

tautologii logicznej w odniesieniu do istniejącej zabudowy za znakiem D-42, co odnotowano w trakcie wizji lokalnych tylko na dwóch odcinkach badawczych. Jednak warunki zabudowy w obu przypadkach były zupełnie przeciwstawne. W jednym przypadku potwierdzono zabudowę odsuniętą od krawędzi jezdni i znajdującą się po stronie pasa wyjazdowego, a w drugim przypadku potwierdzono zabudowę znajdującą się za znakiem D-42, ale znak był ustawiony w odległości ponad 300 m za szykaną. Podobne rozbieżności stwierdzono w odniesieniu do ustawienia dodatkowego znaku B-33 (70 km/h) oraz drugiego znaku 40 km/h ustawionego za szykaną. Jednak uwzględniając, że ww. czynniki potwierdzono na kilku odcinkach, to zdecydowano, że w dalszych analizach pozostawi się te czynniki.

Najwięcej tautologii logicznych potwierdzono w odniesieniu do czynników związanych z widokiem różnych elementów infrastruktury drogowej, czy zabudowaniami znajdującymi się za znakiem D-42 i ustawieniem przed szykaną (do 100 m) znaku B-33 z ograniczeniem prędkości do 40 lub 50 km/h. Biorąc powyższe pod uwagę, można sformułować hipotezę, że prawdopodobnie będą to czynniki determinująco oddziałujące na kierowców i w końcowym rezultacie przyczyniające się do redukcji prędkości.

6.3.2 Zestawienie wyników oceny czynników związanych z warunkami drogowymi

Drugie kryterium związane było z czynnikami charakteryzującymi warunki drogowe (ryc. 6.4). W tym kryterium w poligonie badawczym 2 potwierdzono różnorodne związki zależnościowe warunków drogowych i redukcji prędkości Δv_{85} . W danym przypadku dość istotna okazała się analiza zależności redukcji prędkości od wielkości odgięcia toru jazdy od kierunku prostego w planie, co sugerowały wyniki badań podanych w [171] (ryc. 1.1). W tym celu dodatkowo na ryc. 6.5 obok wielkości Δv_{85} specjalnie dodano wartości odgięcia toru jazdy na poszczególnych odcinkach badawczych i symbole charakteryzujące kształt szykany.

W poligonie badawczym 2 szykany różniły się nie tylko odgięciem toru jazdy, różne były także ich długości i kształty. Kształt szykany wiąże się bezpośrednio z jej długością l i stosunkiem długości do szerokości $l/2a$. Te parametry wg wniosków z przeprowadzonych badań opublikowanych w [14, 171] miały determinująco wpływać na redukcję prędkości Δv_{85} . Analiza danych przedstawionych na ryc. 6.5 wykazuje jednak, że w poligonie badawczym 2 ani odgięcie toru jazdy, ani ww. stosunek paramentów szykany $l/2a$ nie wpływał determinująco na redukcję prędkości, a nawet nie miał wykazanej z nią zależności.

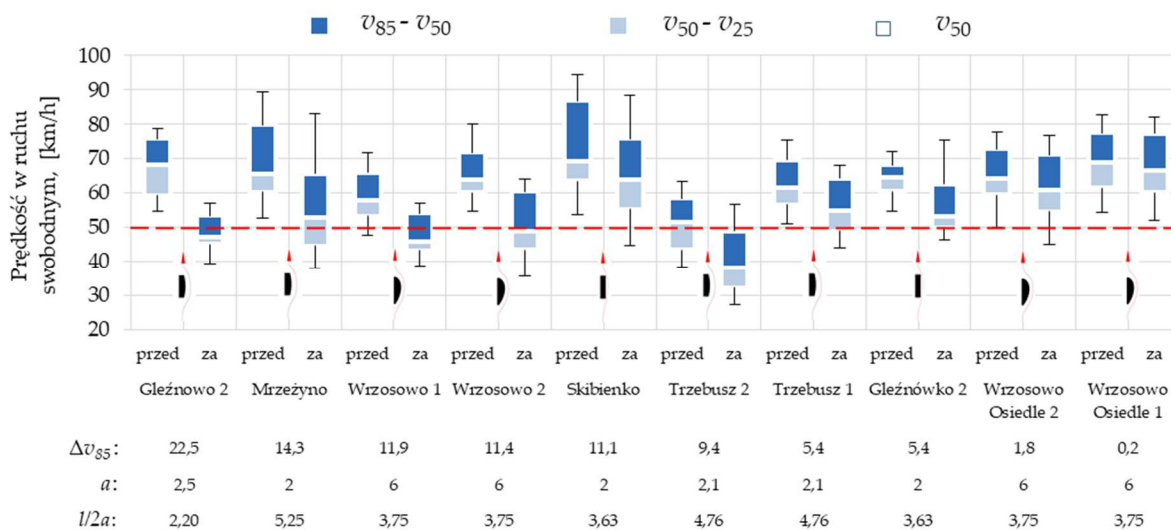
Rozdział 6. Identyfikacja determinant oddziaływania szykan na warunki ruchowe w poligonie badawczym 2

Przyjęte oznaczenia miar kwantyfikacyjnych:

1	0,5	0	brak szykany
---	-----	---	--------------

Σo_j	Gleżnowo 2	Mrzeżyno	Wrzosowo 1	Wrzosowo 2	Skibienko 1	Trzebusz 2	Trzebusz 1	Gleżnowko 2	Wrzosowo Osiedle 2	Wrzosowo Osiedle 1	Rekowo 2	Rekowo 1
Odgięcie toru jazdy	7,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Odcinka krzywoliniowy za szkaną i promień łuku poziomego	6,0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0
Odległość najbliższego skrzyżowania od osi szykany	6,0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0
Odległość najbliższego zjazdu od si szykany	5,0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
Zabudowa lub obiekt inżynierski po stronie pasa wjazdowego na łuku poziomym za szkaną	4,5	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Ograniczenie widoczności powierzchni jezdni za szkaną	3,5	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
Za szkaną znajdują się budynki zaraz za chodnikiem	2,5	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Szykana połączona z azylem dla pieszych	1,0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Odległość końca barier ochronnych od szykany	0,5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Suma miar na danym odcinku badawczym Σa_i	7,0	5,5	3,5	4,5	2,5	5,5	2,5	0,5	3	2	0	0
Δv_{85} , [km/h]	22,5	14,3	11,9	11,4	11,1	9,4	5,4	5,4	1,8	0,2	6,7	1,6

Ryc. 6.4. Wyniki oceny czynników z kryterium dotyczącego warunków drogowych, zestawione wg wartości redukcji prędkości Δv_{85} (oznaczenia jak na ryc. 5.10) [140, 142]



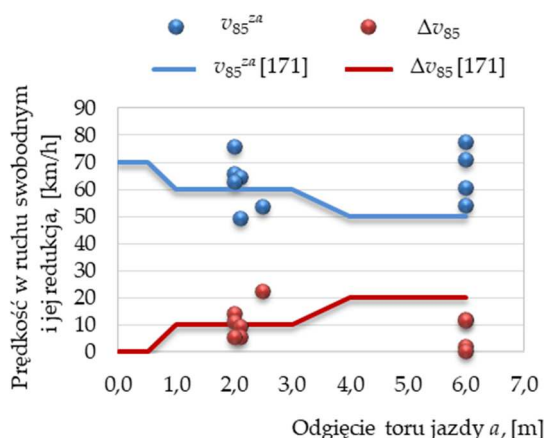
Ryc. 6.5. Zestawienie dyspersji prędkości, zmian redukcji prędkości, wielkości odgięcia toru jazdy od kierunku prostego oraz kształtu zastosowanej szykany

Biorąc powyższe wyniki pod uwagę w tab. 6.7 zestawiono wartości współczynników korelacji redukcji prędkości Δv_{85} oraz Δv_{sr} do wielkości odgięcia toru jazdy a i stosunku $l/2a$. Natomiast na ryc. 6.6 i 6.7 przedstawiono porównanie wyników otrzymanych z przeprowadzonych badań na odcinkach zaliczonych do poligonu badawczego 2 z wynikami z badań opublikowanych odpowiednio w publikacji [14, 171].

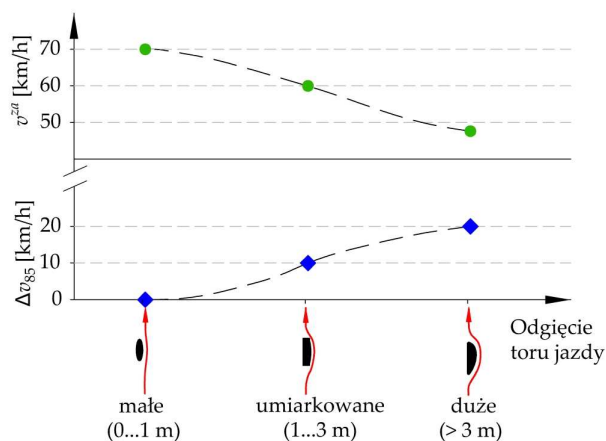
Tab. 6.7. Współczynniki korelacji pomiędzy prędkością za szykaną v^{za} i redukcją prędkości Δv a wielkością odgięcia toru jazdy i stosunkiem $l/12$ w odniesieniu do danych z poligonu badawczego 2

Współczynniki korelacji w odniesieniu do wniosków o ich zależności podanych w publikacji [171]				Współczynniki korelacji w odniesieniu do wniosków o ich zależności podanych w wytycznych [14]			
$v_{85} = f(a)$	$\Delta v_{85} = f(a)$	$v_{sr} = f(a)$	$\Delta v_{sr} = f(a)$	$v_{85} = f(l/2a)$	$\Delta v_{85} = f(l/2a)$	$v_{sr} = f(l/2a)$	$\Delta v_{sr} = f(l/2a)$
0,18	-0,36	0,17	-0,27	0,05	-0,33	-0,07	-0,29

a) wyniki pomiarowe z badań własnych i z [171]



b) rezultaty badań przedstawione w [171]



Ryc. 6.6. Porównanie wyników pomiarowych z wynikami przedstawionymi w publikacji [171]

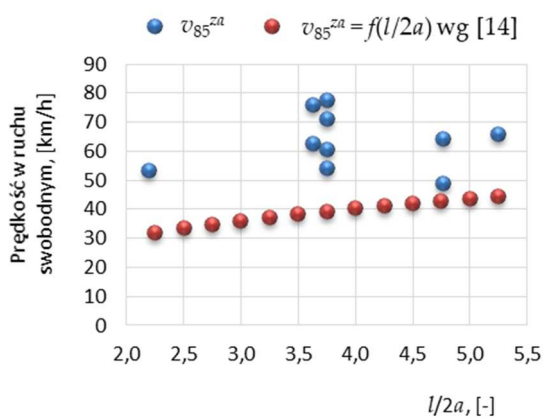
Na ryc. 6.6a przedstawiono porównanie wyników z przeprowadzonych badań na odcinkach z poligonu badawczego 2, a na ryc. 6.6b rezultaty badań opublikowane w [171]. Analiza przedstawionych danych, wykazała brak potwierdzenia zależności wielkości prędkości zmierzonych za szykaną prostokątną z odgięciem 2–2,5 m, ani półokrągłych z odgięciem równym 6 m z wynikami podanymi w [171]. Największą redukcję prędkości ($\Delta v_{85} = 22,5$ km/h) otrzymano przy odgięciu toru jazdy o 2,5 m i ona także nie potwierdza wyników badań otrzymanych w publikacji [171]. Zgodnie z wynikami badań z [171] przy szykanach z odgięciem toru jazdy o 6 m powinno się uzyskać redukcję prędkości w granicach 20 km/h, czego również nie potwierdziły wyniki otrzymane na czterech odcinkach badawczych.

Otrzymane wyniki badań z poligonu 2, przy uwzględnieniu różnorodności kształtu szykany i odgięcia toru jazdy pozwoliły na porównanie ich z hipotezami podanymi w [102, 122, 164], wnioskami z badań przeprowadzonych na zagranicznych torach doświadczalnych [108, 132, 133], rezultatami z badań z symulacją ruchu [3, 8, 37] oraz w jednym przypadku z wynikami uzyskanymi z pomiarów radarami na drodze łączącej wieś z przedmieściem małego miasteczka [5]. Wnioski uzyskane z symulacji, wskazywały na czynniki związane z wielkością skosu odgięcia toru jazdy, zastosowanym promieniem wyokrąglenia wyspy szykany, odgięciem toru jazdy, wysokością krawężnika wyspy szykany, klasą drogi, dopuszczalną prędkością i konkretną lokalizacją szykany na długości strefy wjazdowej. W analizowanym

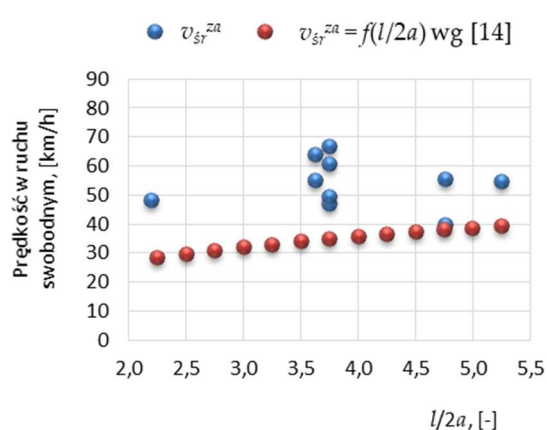
poligonie badawczym 2 te czynniki w większości były te same lub różnice pomiędzy nimi były nieznaczne, a jednak otrzymana redukcja prędkości była różnorodna i nie była proporcjonalna do wielkości odgięcia toru jazdy. Klasa drogi, dopuszczalna prędkość, kąty wyokrąglenia naroża wyspy, wysokości krawężników na odcinkach z poligonu badawczego 2 były jednorodne. W zależności od odgięcia toru jazdy zmienne były tylko skosy linii P-21, które wahały się od 1:5 do 1:10 w zależności od kształtu wyspy i wielkości zastosowanego odgięcia. Te m.in. spostrzeżenia pozwoliły autorowi niniejszej rozprawy na potwierdzenie sformułowanej tezy, że istnieją inne czynniki determinująco wpływające na otrzymaną redukcję prędkości, związane z otoczeniem drogi i zależne od wzrostu świadomości kierowcy podczas zbliżania się do terenu zabudowanego niż na odcinku dojazdu do strefy wjazdowej, uzyskanej głównie przez synergii różnych czynników.

Podobne wnioski można sformułować odnośnie braku zgodności w odniesieniu do porównania wyników otrzymanych z poligonu badawczego 2 i zależności podanych w publikacji [14], co przedstawiono na ryc. 6.7.

a) kwantyl 85%



b) prędkość średnia w ruchu swobodnym

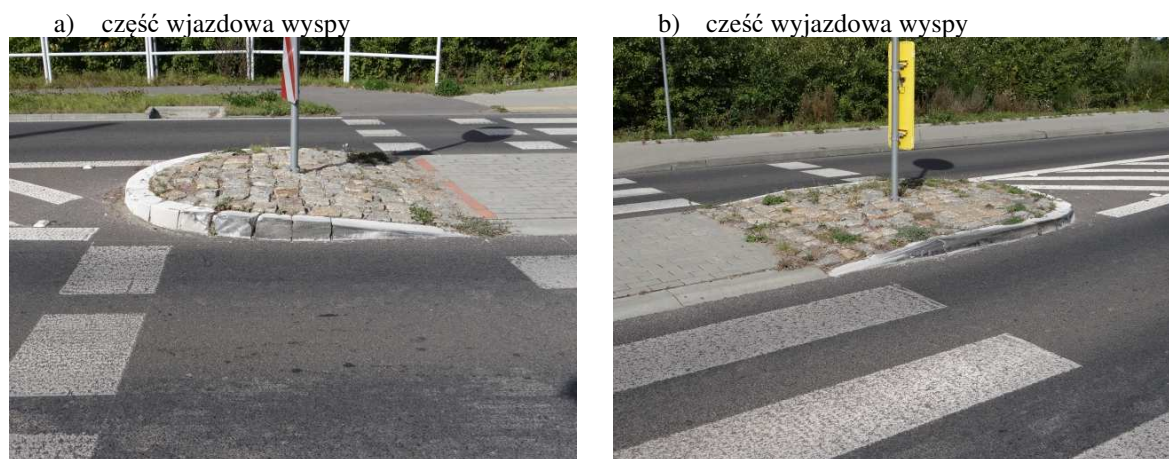


Ryc. 6.7. Porównanie wyników z pomiarów z wynikami z badań przedstawionych w publikacji [14]

Szczegółowa analiza danych przedstawionych na wykresach dyspersji prędkości wykazała (ryc. 6.4 i 6.5), że odgięcie toru jazdy nawet o odległość 6 m nie zawsze powoduje większe redukcje prędkości. Również kształt szykany nie ma w analizowanych przypadkach ścisłego związku z wielkością prędkości wjazdowej do wsi v^{za} . Natomiast suma tautologii logicznych wymienionych na ryc. 6.4 wykazuje dużo zgodności ze zmianami redukcji prędkości. Należy jednak podkreślić, iż niektóre determinanty są bardzo zróżnicowane i czasami potwierdzone tylko na jednym lub trzech odcinkach.

Na dwóch odcinkach (Trzebusz 1 i Gleźnowko 2) otrzymano takie same wartości redukcji prędkości równe 5,4 km/h, przy tym samym odgięciu toru jazdy. Jednak z tych dwóch odcinków tylko na jednym z nich odnotowano bliskość skrzyżowania i zjazdu, a na drugim odcinku nie potwierdzono żadnych innych wybranych czynników w tym kryterium.

Istotne jest także podkreślenie, że najmniejsze prędkości za szykaną v^{za} odnotowano nie na odcinkach z największą redukcją prędkości, ale na odcinkach, na których potwierdzono tautologie logiczne różnych czynników związanych z infrastrukturą drogową. Np. najmniejsze prędkości, zarówno na dojeździe do szykany v^{przed} , jak i za nią v^{za} odnotowano w strefie wjazdowej na odcinku Trzebusz 2, wzdłuż której były zastosowane obustronne bariery ochronne, ze względu na istniejące rowy melioracyjne (ryc. 3.35-3.37). I ten fakt zamontowania obustronnych barier ochronnych wpłynął prawdopodobnie głównie na mniejsze wartości prędkości na dojeździe do szykany v^{przed} . Drugim odcinkiem z najmniejszymi prędkościami za szykaną był odcinek z największą redukcją prędkości (Gleźnowo 2) i wieloma czynnikami związanymi z kryterium warunków drogowymi, potwierdzonymi w terenie (ryc. 3.39-3.40). A mianowicie: widok bliskiej ścisłej zabudowy mieszkalnej zaraz za szykaną, obiekt mostowy, przejście dla pieszych, duże odgięcie toru jazdy równe 2,5 m oraz agresywne skosy oznakowania poziomego równe 1:5, a także przeszkody boczne w postaci poręczy mostowych i wysokiego krawężnika na krawędzi drogi (ryc. 3.40). Prawdopodobnie ww. czynniki były bezpośrednią przyczyną dużej redukcji prędkości na danym odcinku badawczym. Obserwacje w trakcie wizji lokalnych potwierdziły, że kierowcy przy przejeździe przez szykanę raptownie zmniejszali prędkość kierowanego pojazdu i gwałtownie zmieniali trajektorię ruchu, niejednokrotnie ocierając kołami pojazdu o wysokie krawężniki wyspy wjazdowej i krawędzi chodnika (ryc. 6.8).



Ryc. 6.8. Ślady otarcia kół pojazdów na krawężniku wyspy wjazdowej

Trzecim odcinkiem z najmniejszymi prędkościami był odcinek badawczy Wrzosowo 1 z zastosowanym największym odgięciem toru jazdy równym 6 m, zlokalizowany na drodze z poboczami utwardzonymi. W danym przypadku również zastosowane elementy infrastruktury drogowej związanej z terenem zabudowanym, duże odgięcie toru jazdy, a także widoczny chodnik dla pieszych, przystanek autobusowy z boczną wyspą, małe rondo wybudowane na skrzyżowaniu z drogą boczną mogły być prawdopodobną przyczyną redukcji prędkości (ryc. 6.9), chociaż znaki E-17 i D-42 znajdują się za szykaną w odległości ponad 300 m. Ponadto widoczny znak B-34 za szykaną z odwołaniem ograniczenia prędkości może skutecznie dezinformować kierowcę. W danym przypadku dodatkowy znak B-33 z podanym ograniczeniem prędkości do 70 km/h, poprzedza znak B-33 (50 km/h) o ok. 100 m (ryc. 6.9).



Ryc. 6.9. Warunki drogowe przy dojeździe do odcinka badawczego Wrzosowo 1

Podsumowując powyższe analizy należy stwierdzić, że na pięciu odcinkach z odnotowaną największą redukcją prędkości ($\Delta v_{85} \approx 11-22$ km/h) odnotowano różnorodne tautologie logiczne sześciu czynników ($z_d \approx 3,5-7,5$) z wstępnie wybranych dziewięciu czynników związanych z kryterium warunków drogowych (ryc. 3.43 i ryc. 6.4). I to ich synergia najprawdopodobniej oddziałuje na percepcję kierowcy, powodując w efekcie końcowym redukcję prędkości. W pozostałych trzech czynnikach suma tautologii logicznych wynosiła (ryc. 6.4 – $z_d \approx 0,5-2,5$). Do najważniejszych czynników z kryterium warunków drogowych oddziałujących na redukcję prędkości można zaliczyć: wielkość odgięcia toru jazdy, parametry krzywizny poziomej za szykaną, bliskość skrzyżowania lub zjazdu, widok elementów infrastruktury drogowej związanej z terenem zabudowanym oraz ograniczenie widoczności powierzchni jezdni za szykaną.

6.3.3 Zestawienie wyników oceny czynników związanych z zagospodarowaniem i widocznością

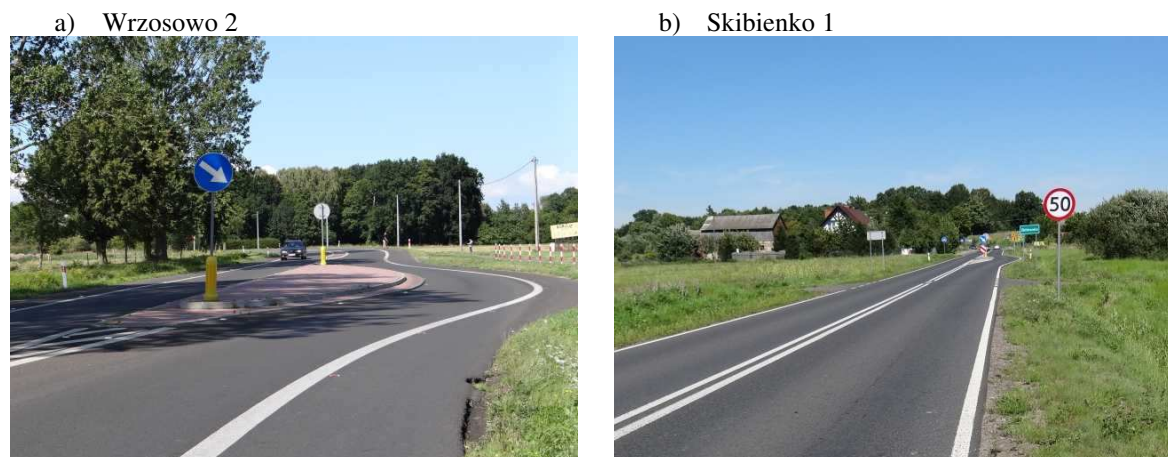
Ostatnim kryterium rozważanym przy identyfikacji determinant skuteczności stosowania szycan w strefie wjazdowej są czynniki związane z przestrzennym zagospodarowaniem najbliższego otoczenia i warunkami widoczności. W tym kryterium potwierdzono bardzo istotne związki zależnościowe redukcji prędkości Δv_{85} i sumy miar kwantyfikacyjnych Z_{zw} , szczególnie w odniesieniu do siedmiu czynników z potwierdzoną tautologią logiczną na większości odcinków badawczych (ryc. 6.10). Nie mniej jednak należy podkreślić prawie jednakowe sumy miar kwantyfikacyjnych Z_{zw} na odcinkach, na których odnotowano różne redukcje prędkości w granicach $\Delta v_{85} \approx 9,4-14,3$ km/h.

Przyjęte oznaczenia miar kwantyfikacyjnych:			Gleźnowo 2	Mrzeżyno	Wrzosowo 1	Wrzosowo 2	Skłbienko 1	Trzebusz 2	Trzebusz 1	Gleźnowo 2	Wrzosowo Osiedle 2	Wrzosowo Osiedle 1	Rękowo 2	Rękowo 1
1	0,5	0	brak szycany		$\Sigma 0_j$									
Odległość widocznej przy dojeździe do szycany sylwety wsi	8,0													
Rodzaj zagospodarowania terenu w otoczeniu szycany	7,5													
Odległość szycany od widocznej zabudowy znajdującej się blisko drogi	6,0													
Wyraźnie widoczne blisko drogi pojedyncze budynki lub chodniki	7,0													
Widoczne przeszkody boczne za szycaną: poręcz mostu lub przepustu, ogrodzenia, bariery itd.	7,0													
Widoczna przy dojeździe i przejeździe przez szycaną bliska skupiona zabudowa	5,0													
Ograniczenie widoczności dalszej perspektywy drogi	4,5													
Za szycaną widoczne budynki za chodnikiem lub poręcz obiektu	1,5													
Za szycaną widoczne bariery łańcuchowe lub znak B-33	1,0													
Za szycaną widoczny przejezdny pas dzielący na jezdni	1,0													
Za poboczem bariery łańcuchowe odgradzające od skarpy	0,5													
Długość barier ochronnych na dojeździe do szycany	0,5													
Suma miar na danym odcinku badawczym Z_{zw}		8,0	5,5	5,5	6,5	6,0	6,0	5,0	5,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Δv_{85} , [km/h]		22,5	14,3	11,9	11,4	11,1	9,4	5,4	5,4	1,8	0,2	6,7	1,6	

Ryc. 6.10. Wyniki oceny czynników związanych z kryterium dotyczącym zagospodarowania otoczenia i warunków widoczności zestawione wg wartości redukcji prędkości Δv_{85} (oznaczenia jak na ryc. 5.12) [140, 142]

W rozdziale 3 na ryc. 3.39-3.41 przedstawiono widok najbliższego otoczenia na dojeździe do szycany i przy przejeździe przez nią, jaki widzi kierowca dojeżdżając do dwóch pierwszych odcinków badawczych z poligonu 2 (Gleźnowa 2 i Mrzeżyna). Na rys. 6.9. przedstawiono warunki przestrzennego zagospodarowania otoczenia na odcinku Wrzosowo 1.

A na ryc. 6.11 przedstawiono warunki zagospodarowania otoczenia na odcinkach badawczych Wrzosowo 2 i Skibienko 1.



Ryc. 6.11. Zagospodarowanie otoczenia strefy wjazdowej na odcinkach Wrzosowo 2 i Skibienko 1

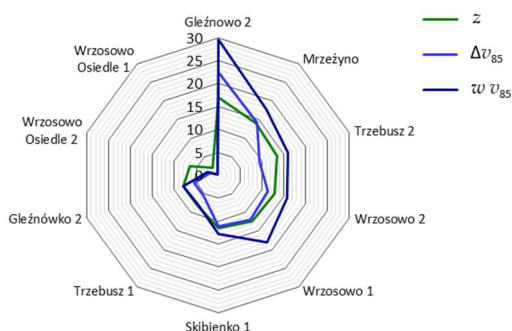
Analiza czynników związanych z zagospodarowaniem otoczenia w strefach wjazdowych na ww. odcinkach badawczych wskazuje na bardzo dużą ich różnorodność i prawdopodobny łączny wpływ na redukcję prędkości wybranych czynników w tym kryterium. Zawsze jednak wybrane czynniki wskazują na następujące determinujący: wpływ widoczności, zarówno sylwety wsi, jak i bliskich pojedynczych zabudowań, warunków widoczności dalszej perspektywy drogi, widocznych elementów infrastruktury drogowej związanej z terenem zabudowanym itd. Mniejszy wpływ ww. czynników, odnotowano tylko na pojedynczych odcinkach badawczych, które miały zastosowane elementy uspokojenia ruchu, tj. bariery ochronne czy łańcuchowe (ryc. 6.10).

6.3.4 Zestawienie wyników oceny łącznego oddziaływania przestrzennego zagospodarowania otoczenia drogi

Podsumowując powyższe analizy poniżej na ryc. 6.12 i 6.13 przedstawiono na wykresach radarowych prawdopodobną zgodność pomiędzy oszacowaną redukcją prędkości Δv_{85} oraz Δv_{sr} w ruchu swobodnym i odpowiednimi wskaźnikami zmian prędkości w oraz zagregowanego parametru z , czyli zsumowanym łącznym oddziaływaniem czynników na wszystkich odcinkach z poligonu badawczego 2, z pominięciem dwóch odcinków dodanych w celach porównawczych, na których nie wybudowano w strefie wjazdowej szykan drogowych.

Analiza zmian przedstawionych na ryc. 6.12 i 6.13, porównywanych zmiennych wykazuje największą zgodność pomiędzy redukcją prędkości Δv_{85} w ruchu swobodnym oraz

wskaźnikiem zmian prędkości $w v_{85}$ i zagregowanym parametrem z , zdefiniowanym po raz pierwszy w niniejszej rozprawie. Biorąc powyższe pod uwagę w niniejszej rozprawie założono przeprowadzenie analizy regresji pomiędzy analizowanymi zmiennymi, co przedstawiono w kolejnym punkcie.



Ryc. 6.12. Zgodność zmian redukcji prędkości Δv_{85} , $w v_{85}$ oraz zagregowanego parametru z (odpowiednio $R = 0,94$ i $R = 0,96$)



Ryc. 6.13. Zgodność wskaźnika zmian prędkości Δv_{sr} , $w v_{sr}$ oraz zagregowanego parametru z (odpowiednio $R = 0,92$ i $R = 0,93$)

6.4 ANALIZA REGRESJI OTRZYMANYCH WYNIKÓW OCENY

W analizach regresji potwierdzających skuteczność zastosowanych szykan drogowych, wzięto pod uwagę, zarówno wpływ zsumowanych wartości miar kwantyfikacyjnych (z_w , z_d i z_o) oraz zagregowanego parametru z , przedstawiającego łączne oddziaływanie otoczenia drogi w strefie wjazdowej na wybrane parametry ruchu. W odniesieniu do parametrów rozkładu prędkości przed i za szykaną uwzględniono w analizie, zarówno kwantyl 85% prędkości w ruchu swobodnym, prędkość średnią w ruchu swobodnymi i w ruchu ciągłym, a także odpowiednie wartości redukcji prędkości. Przy parametrach rozkładu prędkości uwzględniono podobnie jak w poligonie badawczym 1, wskaźnik zmian prędkości. Wyniki współczynników korelacji przedstawiono w tab. 6.8 i 6.9. W tab. 6.8 i 6.9 czcionką pogrubioną zaznaczono przypadki, gdy współczynnik korelacji był większy niż 0,9, co oznacza zgodnie z zasadami statystycznymi sformułowanymi w [50, 149, 154] istotną statystycznie zależność.

Uwzględniając otrzymane pozytywne rezultaty współczynników korelacji w odniesieniu do poszukiwanej zależności redukcji prędkości Δv lub wskaźnika redukcji prędkości w od zagregowanego parametru z , w dalszej kolejności przeprowadzono odpowiednie analizy regresji (ryc. 6.14-6.15).

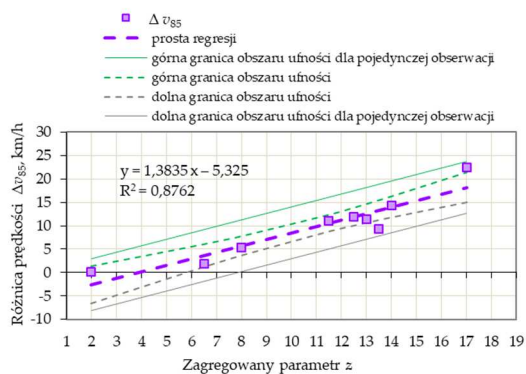
Tab. 6.8. Współczynniki korelacji pomiędzy miarami kwantyfikacyjnymi i wybranymi parametrami rozkładu prędkości na odcinkach badawczych z poligonu badawczego 2 (włącznie z odcinkami dodatkowymi we wsi Rekowo, w których nie wybudowano szykan)

	U_{85}^{przede}	U_{57}^{przede}	$U_{57}^{pp\ przede}$	U_{85}^{za}	U_{57}^{za}	$U_{57}^{pp\ za}$	ΔU_{85}	ΔU_{57}	ΔU_{57}^{pp}	$w\ U_{85}$	$w\ U_{57}$
Z _{zw}	-0,35	-0,27	-0,33	-0,78	-0,78	-0,80	0,81	0,92	0,89	0,84	0,92
Z _d	-0,31	-0,29	-0,35	-0,72	-0,74	-0,79	0,77	0,83	0,85	0,81	0,85
Z _o	-0,23	-0,20	-0,33	-0,56	0,66	0,71	0,61	0,66	0,71	0,63	0,67
Z	-0,35	-0,29	-0,37	-0,79	-0,80	-0,86	0,84	0,93	0,93	0,87	0,94

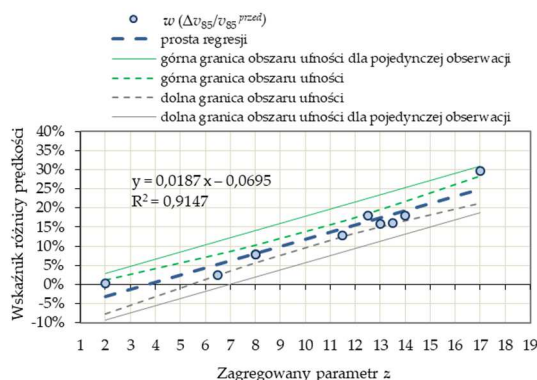
Tab. 6.9. Współczynniki korelacji pomiędzy zmiennymi jakościowymi i wybranymi parametrami rozkładu prędkości na odcinkach badawczych z poligonu badawczego 2 (bez wsi Rekowo)

	U_{85}^{przede}	U_{57}^{przede}	$U_{57}^{pp\ przede}$	U_{85}^{za}	U_{57}^{za}	$U_{57}^{pp\ za}$	ΔU_{85}	ΔU_{57}	ΔU_{57}^{pp}	$w\ U_{85}$	$w\ U_{57}$
Z _{zw}	-0,10	-0,12	-0,10	-0,67	-0,67	-0,67	0,86	0,89	0,83	0,88	0,89
Z _d	-0,06	-0,17	-0,16	-0,59	-0,62	-0,67	0,78	0,77	0,77	0,80	0,77
Z _o	0,05	-0,05	-0,13	-0,35	-0,37	-0,49	0,56	0,60	0,55	0,56	0,50
Z	-0,07	-0,15	-0,16	-0,70	-0,72	-0,77	0,94	0,92	0,92	0,96	0,93

a)



b)

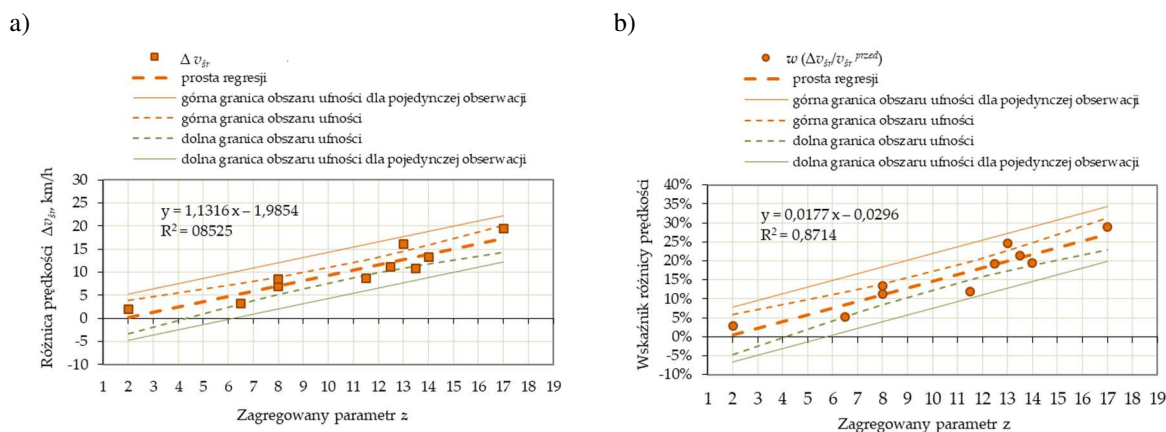


Ryc. 6.14. Funkcja regresji liniowej określającej zależność od zagregowanego parametru z: a) redukcji prędkości Δv_{85} , ($R = 0,94$), b) wskaźnika redukcji prędkości $w v_{85}$ ($R = 0,96$) [140, 142]

Zależności przedstawione na ryc. 6.14 potwierdzają sformułowane w rozdziale 3 hipotezy, że redukcja prędkości przy przejeździe wzdłuż szykany wybudowanej w strefie wjazdowej zależy od wielu czynników charakteryzujących przestrzennie otoczenie, które w łączny sposób wpływa na kierowcę i podjęcie decyzji o redukcji prędkości. Odnosząc się do wytycznych zagranicznych [51, 122, 156, 164] i krajowych [92, 93], w których tylko podane są, w zależności od kraju różne wielkości procentowe redukcji prędkości, można stwierdzić, że otrzymane w niniejszej rozprawie wyniki potwierdzają te tezy. Jednak otrzymane redukcje zależą od wielu czynników zewnętrznych, które po raz pierwszy zostały sformułowane i oszacowane w niniejszej rozprawie.

Na ryc. 6.15 przedstawiono analizy regresji w odniesieniu do średniej prędkości.

Analiza danych przedstawionych na ryc. 6.15 wskazuje, że prędkość średnia v_{sr} w ruchu swobodnym jest istotnie statystycznie zależna od łącznego oddziaływania otoczenia drogi w strefie wjazdowej, co poświadczają duże wartości współczynników korelacji (tab. 6.8 i 6.9). Szczególnie istotne statystycznie są czynniki związane z przestrzennym zagospodarowaniem otoczenia drogi w strefie wjazdowej, widokiem sylwety wisi i zabudowy, co potwierdzają współczynniki korelacji $R \approx 0,83-0,89$ (tab. 6.9). Ale także istotne okazały się czynniki związane z warunkami drogowymi, choć w danym przypadku współczynniki korelacji są mniejsze ($R \approx 0,77-0,80$ – tab. 6.9). Na podstawie analizy danych zestawionych w tab. 6.4 można sformułować wniosek, że im więcej jest obecnych w strefie wjazdowej różnych elementów łącznego oddziaływania, tym większa może być oczekiwana redukcja prędkości. Powyższe spostrzeżenia mogą wskazywać planistom i projektantom, w której lokalizacji najkorzystniej będzie zaprojektować szykanę skutecznie redukującą prędkość.

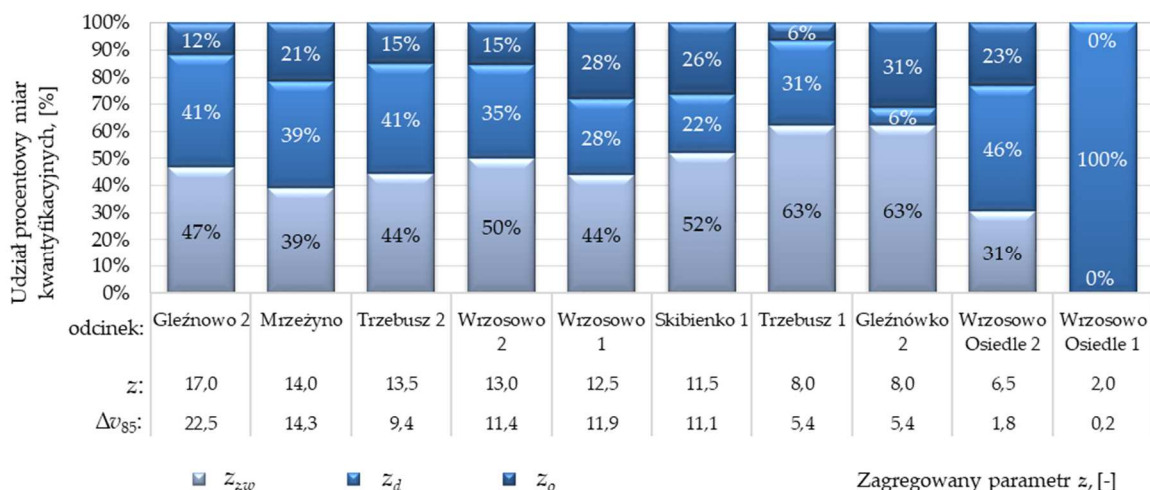


Ryc. 6.15. Funkcja regresji liniowej określającej zależność od zagregowanego parametru z: a) redukcji prędkości Δv_{sr} w ruchu swobodnym ($R = 0,92$), b) wskaźnika redukcji prędkości $w v_{sr}$ w ruchu swobodnym ($R = 0,93$)

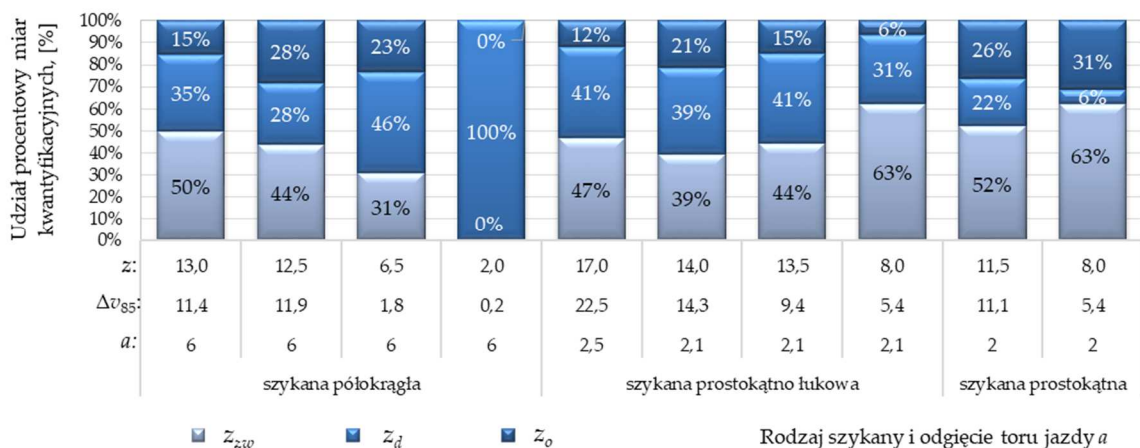
Ważnym zagadnieniem jest też wskazanie, które czynniki z wymienionych 32 (ryc. 6.3, 6.4 i 6.10), charakteryzujących proponowane 3 kryteria okazały się istotne. Biorąc powyższe pod uwagę na ryc. 6.16-6.18 przedstawiono udziały procentowe poszczególnych zsumowanych miar kwantyfikacyjnych w 3 kryteriach w odniesieniu do różnych czynników.

Analiza danych przedstawionych na ryc. 6.16-6.18 wskazuje, że im więcej jest czynników w kryterium zagospodarowania otoczenia i kryterium warunków drogowych, tym większa może być redukcja prędkości. Analizując dane przedstawione na ryc. 6.17 można stwierdzić, że redukcja prędkości i wartość zagregowanego parametru nie koreluje ani z kształtem szykany, ani z wielkością odgięcia toru jazdy. Bardzo duża różnica redukcji prędkości zaobserwowana przy szykanach półokrągłych, wynika ze złej ich lokalizacji, pozostawieniu poboczy utwardzonych na odcinkach dojazdowych, odwołaniu ograniczenia

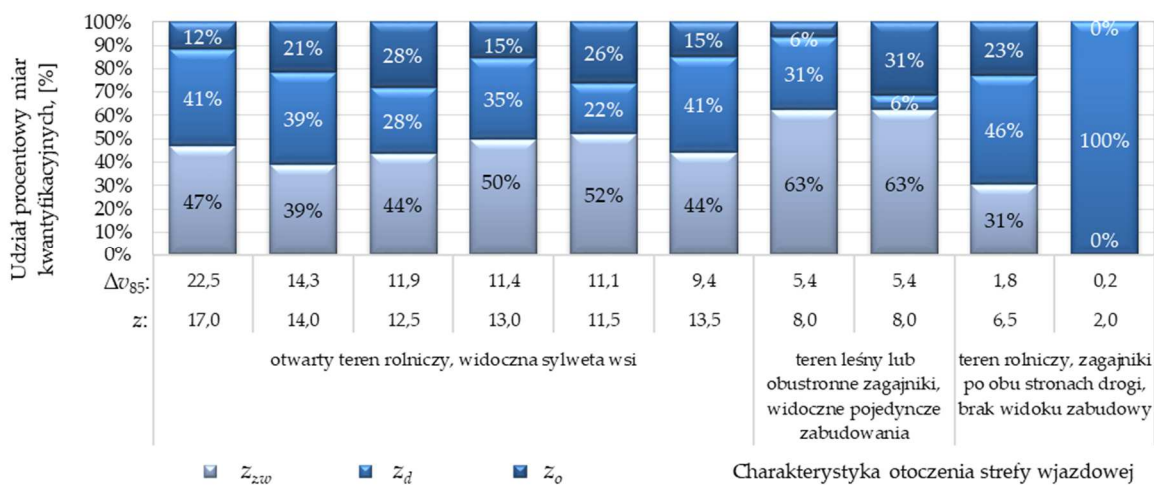
prędkości za szykaną, co szczególnie widoczne jest na odcinku Wrzosowo Osiedle 1.



Ryc. 6.16. Zestawienie udziałów procentowych zsumowanych miar kwantyfikacyjnych w poszczególnych kryteriach w odniesieniu do zagregowanego parametru z (poligon badawczy 2)



Ryc. 6.17. Zestawienie udziałów procentowych zsumowanych miar kwantyfikacyjnych w poszczególnych kryteriach w odniesieniu kształtu sycany i wielkości odgięcia toru jazdy (poligon badawczy 2)



Ryc. 6.18. Zestawienie udziałów procentowych zsumowanych miar kwantyfikacyjnych w poszczególnych kryteriach w odniesieniu do charakterystyki otoczenia strefy wjazdowej

W przypadku szykan prostokątnych, na których odnotowano redukcję prędkości równą $\Delta v_{85} = 5,4$ km/h, można odnotować brak znaku B-33 przed szykaną, brak widoku zabudowy, brak słupków kierujących informujących o ostrym skosie linii P-21 i bliskiej skarpie (ryc. 6.19) lub brak barier ochronnych oddzielających ciąg pieszo-rowerowy od drogi (ryc. 6.20), a szerokość pasa wjazdowego dodatkowo wspomóżona jest poszerzeniem na poboczu o konstrukcji nawierzchni wykonanym z destruktu. Analiza danych zestawionych na ryc. 6.18 wykazuje, że największe redukcje prędkości odnotowano w terenie rolniczym przy widocznej wyraźnie sylwecie wsi i pojedynczych zabudowań. Znacznie mniejsze redukcje prędkości odnotowano, gdy strefa wjazdowa była otoczona lasem lub zagajnikami i brak było widoku sylwety wsi lub pojedynczej zabudowy (ryc. 6.21).



Ryc. 6.19. Odcinek Trzebusz 1 i brak widoku sylwety wsi i widocznych zabudowań po stronie pasa wjazdowego ($\Delta v_{85} = 5,4$ km/h)



Ryc. 6.20. Odcinek Gleźnówko 2 i brak widoku sylwety wsi i widocznych zabudowań po stronie pasa wjazdowego ($\Delta v_{85} = 5,4$ km/h)



Ryc. 6.21. Odcinek Wrzosowo Osiedle 1: brak widoku sylwety wsi oraz znak B-34 (koniec 50 km/h) ustawiony zaraz za szykaną na drodze z poboczami utwardzonymi ($\Delta v_{85} = 0,2$ km/h)

6.5 PODSUMOWANIE

Analiza warunków otoczenia strefy wjazdowej przy ograniczeniu prędkości do 50 km/h wykazała, podobne wnioski do sformułowanych w rozdziale 5, tj. jeśli w strefie wjazdowej znajdują się zabudowania, elementy obiektów inżynierskich, (czyli przestrzenne przeszkody boczne) i ich lokalizacja względem krawędzi drogi jest bliska, to szykanę należy projektować w jak najbliższej odległości od tych elementów. W celu osiągnięcia skutecznej redukcji prędkości należy planować szykany z odgięciem toru jazdy od kierunku prostego większym niż 2 m i planować ich lokalizacje w odległości do 100 m od widocznej bliskiej zabudowy wsi, mierzonej wzdłuż drogi.

Jeśli dojazd do strefy wjazdowej następuje po długim odcinku prostym w planie w przestrzeni otwartej, to w celu osiągnięcia skutecznej redukcji prędkości wielkość odgięcia toru jazdy od kierunku prostego należy dobierać z uwzględnieniem widoku sylwety wsi i odległości szykany od widocznej zabudowy wsi, zgodnie z tokiem analizy przestrzennej wskazanej na ryc. 5.24, wspomóżonej analizą zdjęć satelitarnych z Google Earth i Street View [118]. Najbardziej skuteczne rezultaty redukcji prędkości można osiągnąć w przypadku dojazdu do wsi i widoku zabudowy wsi znajdującej się po stronie pasa wjazdowego.

W przypadku braku widoku zabudowań po stronie pasa wjazdowego w celu osiągnięcia oczekiwanej redukcji prędkości w strefie wjazdowej, na istniejących drogach sugerowane by było stosowanie dodatkowych elementów infrastruktury drogowej, tj. dodatkowych słupków kierujących (ryc. 6.22), stosowania oświetlenia LED na krawężniku wyspy lub na krawędzi jezdni, a także znaków pionowych z zastosowaną technologią solarną itd. (ryc. 6.23). Te dodatkowe zabiegi, zgodnie z teoriami oraz potwierdzonymi rezultatami z badań znacząco przyczynią się do redukcji prędkości i zwiększenia bezpieczeństwa ruchu [134, 135, 140, 159].



Ryc. 6.22. Przykładowe istniejące rozwiązanie z zastosowaniem słupków kierujących na DW105

a) na przykładzie odcinka Trzebusz 1



b) na przykładzie odcinka Gleźnówko 2



Ryc. 6.23. Wizualizacja poprawy warunków drogowych dzięki zastosowaniu: znaku B-33 w pobliżu szykany, odblaskowych słupków krawędziowych lub słupków drogowych, znaków pionowych zasilanych bateriami słonecznymi, dodatkowych krawężnikowych punktowych elementów odblaskowych o odbłyśniku wielokierunkowym PEO lub typu LED SolarCAP

Na podstawie wniosków z badań opisanych w [6, 132], a także własnych obserwacji trajektorii ruchu podczas przejazdu wzdłuż szykan półokrągłych na drogach z poboczami utwardzonymi sugerowane jest dodatkowe stosowanie wysp bocznych typu bulb-outs lub pinchpoint, wraz ze zwężeniem jezdni o szerokość pobocza utwardzonego na długości przejazdu przez szykanę (rys. 6.24). Dobór odległości między wyspami i promieni wyokrąglających należy dostosować do odpowiednich prędkości [60, 122, 132, 158] i zgodnie z wytycznymi [12], zadbać o odpowiedni system odwodnienia drogi na tym odcinku, co autor opisał w [67].



Ryc. 6.24. Wizualizacja poprawy warunków drogowych wspomagających redukcję prędkości na drodze z poboczami utwardzonymi dzięki zastosowaniu dodatkowych wysp bocznych typu bulb-outs

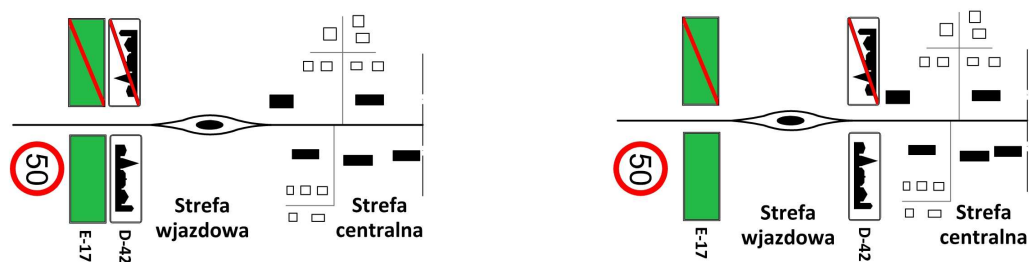
Rozdział 7

IDENTYFIKACJA DETERMINANT ODDZIAŁYWANIA SZYKAN NA WARUNKI RUCHOWE W POLIGONIE BADAWCZYM 3

7.1 ZAŁOŻENIA OGÓLNE

Analogicznie do poprzednich analiz w pierwszej kolejności przeanalizowano organizację ruchu zastosowaną na odcinkach przypisanych do poligonu badawczego 3, w odniesieniu do rozmieszczenia znaków E-17 i D-42 (ryc. 3.9 i 7.1). Różnica warunków ruchu pomiędzy poligonem badawczym 2 i 3 polegała na tym, że w poligonie badawczym 2 jednostronna szykana zawsze była zlokalizowana na pasie wjazdowym, a w poligonie badawczym 3 wszystkie szykany z założenia były zlokalizowane w osi jezdni i miały powodować omijanie ich w obu kierunkach ruchu.

- a) przy krótkiej długości przejścia drogi tranzytowej przez wieś i zwartej zabudowie w strefie centralnej b) przy dużej długości przejścia drogi przez wieś i rozproszonej luźnej zabudowie



Ryc. 7.1. Przykłady lokalizacji znaków E-17 i D-42 na odcinkach z poligonu badawczego 3

Najczęściej przy krótkim przejściu drogi tranzytowej przez wieś stosuje się szykany za znakami E-17 i D-42 (ryc. 7.1a), a w przypadku rozproszonej luźnej zabudowy szykany lokalizowano pomiędzy znakami E-17 i D-42 (ryc. 7.1b). W jednej tylko wsi przy bardzo rozproszonej zabudowie szykany wybudowano na początku i na końcu strefy wjazdowej i wówczas nie poprzedzały jej znaki E-17 i D-42.

Biorąc pod uwagę, że podobnie jak w poprzednich poligonach badawczych 1 i 2, ważny w analizach okazał się widok sylwety wsi na dojeździe do strefy wjazdowej i widok bliskiej zabudowy oraz innych widocznych elementów zastosowanej infrastruktury drogowej, to utrzymano w dalszych analizach kolejność ich wykonywania przedstawioną na ryc. 5.2.

7.2 ANALIZA STATYSTYCZNA WYNIKÓW POMIARÓW PRĘDKOŚCI

Analogicznie jak w rozdziale 5 i 6 w odniesieniu do wszystkich odcinków badawczych z poligonu badawczego 3, zgodnie z założeniami sformułowanymi w pkt 3.2 w rozdziale 3, wykonano testy statystyczne: *jednorodności*, potwierdzając, że wszystkie zmierzone prędkości przynależą do danej populacji oraz inne standardowe testy potwierdzające rozkład normalny otrzymanych danych (tab. 7.1 i 7.2).

Tab. 7.1. Rezultaty standardowych testów statystycznych w odniesieniu do populacji prędkości w ruchu swobodnym, (odcinki badawcze wymienione są w kolejności Δv_{85})

Odcinki badawcze	Test Kolmogorowa λ $H_0: F(v) = F_0(v)$ $H_1: F(v) \neq F_0(v)$			Test dla dwóch średnich u $H_0: v_{5p,przed} = v_{5p,za}$ $H_1: v_{5p,przed} \neq v_{5p,za}$		Test dla dwóch średnich t $H_0: v_{5p,przed} = v_{5p,za}$ $H_1: v_{5p,przed} > v_{5p,za}$		Test wariancji F $H_0: s_{przed}^2 = s_{za}^2$ $H_1: s_{przed}^2 > s_{za}^2$	
	γ_{przed}	γ_{za}	λ_{α} $\alpha = 0,05$	u	u_{α} $\alpha = 0,05$	t	t_{α} $\alpha = 0,05$	F	F_{α} $\alpha = 0,05$
Sławoborze 1	1,05	0,42	1,36	5,66	1,96	5,66	1,60	3,17	1,64
Gleźnowko 1	0,38	0,67	1,36	3,87	1,96	3,87	1,60	1,12	1,56
Sławoborze 2	0,40	1,10	1,36	1,57	1,96	1,57	1,60	1,41	1,75
Gleźnowo 3	0,95	0,75	1,36	2,92	1,96	2,92	1,60	1,76	1,52
Gleźnowo 1	0,41	0,54	1,36	1,05	1,96	1,05	1,60	1,94	1,49
Gleźnowo 4	0,34	0,43	1,36	4,23	1,96	-4,23	1,60	1,39	1,52
Sucha Koszalińska 2	0,25	0,75	1,36	4,89	1,96	-4,89	1,60	2,87	1,54

Oznaczenia jak w tab. 5.1.

Tab. 7.2. Rezultaty standardowych testów statystycznych w odniesieniu do populacji prędkości w potoku pojazdów, (odcinki badawcze wymienione są w kolejności Δv_{85})

Odcinki badawcze	Test Kolmogorowa λ $H_0: F(v) = F_0(v)$ $H_1: F(v) \neq F_0(v)$			Test dla dwóch średnich u $H_0: v_{5p,przed pp} = v_{5p,za pp}$ $H_1: v_{5p,przed pp} \neq v_{5p,za pp}$		Test dla dwóch średnich t $H_0: v_{5p,przed pp} = v_{5p,za pp}$ $H_1: v_{5p,przed pp} > v_{5p,za pp}$		Test wariancji F $H_0: s_{przed pp}^2 = s_{za pp}^2$ $H_1: s_{przed pp}^2 > s_{za pp}^2$	
	$\gamma_{przed pp}$	$\gamma_{za pp}$	λ_{α} $\alpha = 0,05$	u	u_{α} $\alpha = 0,05$	t	t_{α} $\alpha = 0,05$	F	F_{α} $\alpha = 0,05$
Sławoborze 1	0,94	0,44	1,36	5,43	1,96	5,43	1,60	3,09	1,48
Gleźnowko 1	0,48	0,57	1,36	4,38	1,96	4,38	1,60	1,08	1,47
Sławoborze 2	0,43	0,94	1,36	2,51	1,96	2,51	1,60	1,45	1,60
Gleźnowo 3	1,04	0,93	1,36	3,64	1,96	3,64	1,60	1,81	1,48
Gleźnowo 1	0,41	0,65	1,36	1,81	1,96	1,81	1,60	1,91	1,43
Gleźnowo 4	0,34	0,47	1,36	4,47	1,96	-4,47	1,60	1,54	1,47
Sucha Koszalińska 2	0,21	1,04	1,36	5,78	1,96	-5,78	1,60	2,67	1,47

Oznaczenia jak w tab. 5.1.

Analiza wyników *testów zgodności Kołmogorowa* zestawionych w tab. 7.1 i 7.2 wykazała, że wszystkie populacje prędkości mają rozkłady normalne. Ponieważ nie we wszystkich populacjach wyniki *testu wariancji* pozwoliły przyjąć za wiarygodne wyniki *testu dla dwóch średnich*, to zakładając rozkład ciągły zmiennych w populacji prędkości w dalszych badaniach opierano się tylko na rezultatach *testu zgodności Kołmogorowa*. W następnej kolejności, zgodnie z założeniami sformułowanymi w rozdziale 3 przeprowadzono testy statystyczne *Kołmogorowa-Smirnowa*, *niezależności* i *mediany* w odniesieniu do porównywanych populacji prędkości zmierzonych przed i za szykaną. Wyniki przeprowadzonych testów zestawiono w tab. 7.3 i 7.4.

Tab. 7.3. Rezultaty standardowych testów statystycznych w odniesieniu do porównania prędkości przed i za szykaną w ruchu swobodnym, (odcinki badawcze wymienione są w kolejności Δv_{85})

Odcinek badawczy	Δv_{85} , [km/h]	Test Kołmogorowa-Smirnowa $H_0: F(v^{przed pp}) = F(v^{za pp})$ $H_1: F(v^{przed pp}) \neq F(v^{za pp})$		Test niezależności $H_0: P\{X = v^{przed pp_i}, Y = v^{za pp_i}\} = P\{X = v^{przed pp_i}\} \cdot P\{Y = v^{za pp_i}\}$ $H_1: P\{X = v^{przed pp_i}, Y = v^{za pp_i}\} \neq P\{X = v^{przed pp_i}\} \cdot P\{Y = v^{za pp_i}\}$		Test mediany $H_0: F_1(x) = F_2(x)$ $H_1: F_1(x) \neq F_2(x)$	
		λ	λ_α	χ^2	χ^2	χ^2	χ^2
Sławoborze 1	12,8	2,15	1,36	11,76	3,84	14,57	3,84
Gleżnowko 1	11,0	2,20	1,36	2,61	3,84	7,03	3,84
Sławoborze 2	8,4	1,21	1,36	0,95	3,84	9,16	3,84
Gleżnowo 3	6,4	2,03	1,36	3,84	3,84	2,41	3,84
Gleżnowo 1	-0,5	1,08	1,36	7,73	3,84	1,76	3,84
Gleżnowo 4	-11,2	1,46	1,36	5,98	3,84	5,64	3,84
Sucha Koszalińska 2	-11,4	1,52	1,36	5,17	3,84	15,45	3,74

Oznaczenia jak w tab. 5.1.

Tab. 7.4. Rezultaty standardowych testów statystycznych w odniesieniu do porównania populacji prędkości przed i za szykaną w potoku pojazdów, (odcinki badawcze wymienione są w kolejności jak w tab. 7.1)

Odcinek badawczy	Δv_{5tpp} , [km/h]	Test Kołmogorowa-Smirnowa $H_0: F(v^{przed pp}) = F(v^{za pp})$ $H_1: F(v^{przed pp}) \neq F(v^{za pp})$		Test niezależności $H_0: P\{X = v^{przed pp_i}, Y = v^{za pp_i}\} = P\{X = v^{przed pp_i}\} \cdot P\{Y = v^{za pp_i}\}$ $H_1: P\{X = v^{przed pp_i}, Y = v^{za pp_i}\} \neq P\{X = v^{przed pp_i}\} \cdot P\{Y = v^{za pp_i}\}$		Test mediany $H_0: F_1(x) = F_2(x)$ $H_1: F_1(x) \neq F_2(x)$	
		λ	λ_α	χ^2	χ^2	χ^2	χ^2
Sławoborze 1	11,2	2,49	1,36	12,91	3,84	14,57	3,84
Gleżnowko 1	7,0	2,28	1,36	4,26	3,84	13,46	3,84
Sławoborze 2	6,9	1,51	1,36	0,39	3,84	4,68	3,84
Gleżnowo 3	6,1	2,39	1,36	4,75	3,84	7,01	3,84
Gleżnowo 1	3,0	1,29	1,36	14,49	3,84	2,11	3,84
Gleżnowo 4	-7,7	1,72	1,36	5,74	3,84	8,08	3,84
Sucha Koszalińska 2	-11,0	1,79	1,36	12,87	3,84	11,46	3,74

Oznaczenia jak w tab. 5.1.

Podobnie jak w rozdziale 5 i 6, w poligonie badawczym 3 przeprowadzono testy statystyczne w odniesieniu do populacji prędkości zmierzonej za szykaną na kolejnych odcinkach badawczych, uporządkowanych wg wartości redukcji prędkości Δv_{85} , w celu potwierdzenia oddziaływania różnych czynników na otrzymane redukcje prędkości (tab. 7.5

i 7.6). Na podstawie analizy danych zestawionych w tab. 7.5 i 7.6 można stwierdzić, że wyniki testów są bardzo zróżnicowane i nie są to odosobnione przypadki. Np. na dwóch pierwszych odcinkach potwierdzono otrzymane redukcje prędkości, gdyż dystrybuanty należały do dwóch różnych populacji. Jednak porównanie wyników na tych odcinkach wskazuje, że dystrybuanty prędkości zmierzonej za szykaną, przy $\Delta v_{85} = 11,0-12,8$ km/h należą do tej samej populacji, pomimo diametralnie różnych warunków otoczenia strefy wjazdowej.

Tab. 7.5. Rezultaty standardowych testów statystycznych w odniesieniu do porównania populacji prędkości w ruchu swobodnym na kolejnych odcinkach badawczych, (odcinki badawcze wymienione są w kolejności jak w tab. 7.1)

Porównywane odcinki badawcze	Test Kołmogorowa-Smirnowa $H_0: F(v^{za_i}) = F(v^{za_{i+1}})$ $H_1: F(v^{za_i}) \neq F(v^{za_{i+1}})$		Test niezależności $H_0: P\{X = v^{za_i}, Y = v^{za_{i+1}}\} = P\{X = v^{za_i}\}, P\{Y = v^{za_{i+1}}\}$ $H_1: P\{X = v^{za_i}, Y = v^{za_{i+1}}\} \neq P\{X = v^{za_i}\}, P\{Y = v^{za_{i+1}}\}$		Test mediany $H_0: F_1(x) = F_2(x)$ $H_1: F_1(x) \neq F_2(x)$	
	λ	λ_α	χ^2	χ^2_α	χ^2	χ^2_α
Sławoborze 1 i Gleźnowko 1	1,02	1,36	3,65	3,84	0,21	3,84
Gleźnowko 1 i Sławoborze 2	1,70	1,36	3,94	3,84	26,35	3,84
Sławoborze 2 i Gleźnowo 3	0,95	1,36	0,72	3,84	0,58	3,84
Gleźnowo 3 i Gleźnowo 1	0,52	1,36	0,25	3,84	2,47	3,84
Gleźnowo 1 i Gleźnowo 4	1,52	1,36	6,30	3,84	5,45	3,84
Gleźnowo 4 i Sucha Koszalińska 1	1,34	1,36	2,30	3,84	4,53	3,84

Oznaczenia jak w tab. 5.1.

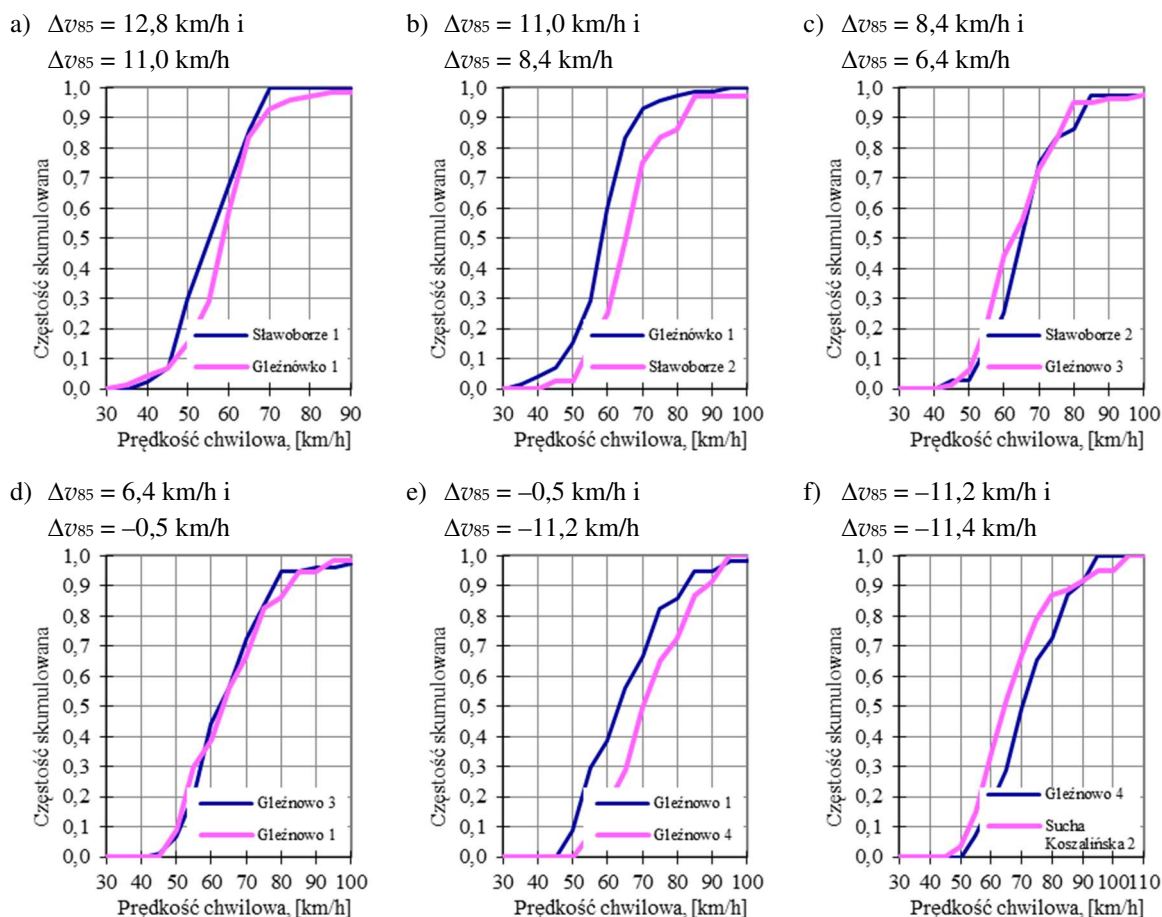
Tab. 7.6. Rezultaty standardowych testów statystycznych w odniesieniu do porównania populacji prędkości w potoku pojazdów na kolejnych odcinkach badawczych

Porównywane odcinki badawcze	Test Kołmogorowa-Smirnowa $H_0: F(v^{za_i}) = F(v^{za_{i+1}})$ $H_1: F(v^{za_i}) \neq F(v^{za_{i+1}})$		Test niezależności $H_0: P\{X = v^{za_i}, Y = v^{za_{i+1}}\} = P\{X = v^{za_i}\}, P\{Y = v^{za_{i+1}}\}$ $H_1: P\{X = v^{za_i}, Y = v^{za_{i+1}}\} \neq P\{X = v^{za_i}\}, P\{Y = v^{za_{i+1}}\}$		Test mediany $H_0: F_1(x) = F_2(x)$ $H_1: F_1(x) \neq F_2(x)$	
	λ	λ_α	χ^2	χ^2_α	χ^2	χ^2_α
Sławoborze 1 i Gleźnowko 1	1,19	1,36	7,21	3,84	2,25	3,84
Gleźnowko 1 i Sławoborze 2	2,09	1,36	6,08	3,84	26,08	3,84
Sławoborze 2 i Gleźnowo 3	0,95	1,36	0,16	3,84	2,58	3,84
Gleźnowo 3 i Gleźnowo 1	0,63	1,36	1,65	3,84	0,38	3,84
Gleźnowo 1 i Gleźnowo 4	1,75	1,36	10,94	3,84	10,18	3,84
Gleźnowo 4 i Sucha Koszalińska 1	1,62	1,36	2,05	3,84	9,17	3,84

Oznaczenia jak w tab. 5.1.

W celu lepszego zobrazowania różnic w populacjach prędkości na ryc. 7.2 przedstawiono dystrybuanty na kolejnych odcinkach z poligonu badawczego 3.

Analiza dystrybuant potwierdziła niejednorodne wyniki testów statystycznych przedstawione w tab. 7.3-7.6. Charakterystyczną cechą wszystkich dystrybuant z odcinków zaliczonych do poligonu badawczego 3 jest fakt (ryc. 7.2), że mediana v_{85}^{za} na połowie odcinków przekracza wartość 60 km/h i kwantyl 85% prędkości v_{85}^{za} waha się w granicach 62-85 km/h, a maksymalne prędkości w strefie wjazdowej przekraczały wartość 100 km/h.



Ryc. 7.2. Dystrybuanty prędkości, zmierzonej za szykaną w ruchu swobodnym porównywane na kolejnych odcinkach z poligonu badawczego 3, w kolejności malejącej wartości redukcji prędkości Δv_{85}

7.3 OSZACOWANIE ZMIENNEJ JAKOŚCIOWEJ ISTNIEJĄCEGO OTOCZENIA STREFY WJAZDOWEJ

7.3.1 Zestawienie wyników oceny czynników związanych z organizacją ruchu

Podobnie, jak w rozdziale 5 i 6, w poligonie badawczym 3 zwrócono w pierwszej kolejności uwagę na kryterium organizacji ruchu i czynniki, z przypisanymi im odpowiednimi miarami kwantyfikacyjnymi (pkt 3.4.2 i ryc. 3.41). W odniesieniu do tautologii logicznych w dalszych analizach przyjęto podobną kolorystyką, jaką zastosowano w poprzednich poligonach (pkt 5.3.1 i ryc. 5.4). W kryterium związanym z organizacją ruchu w odniesieniu do poligonu badawczego 3 nie wprowadzono żadnych zmian w czynnikach (ryc. 3.41). Otrzymane wyniki oceny poszczególnych czynników przedstawiono na ryc. 7.3.

Rozdział 7. Identyfikacja determinant oddziaływania szykan na warunki ruchowe w poligonie badawczym 3

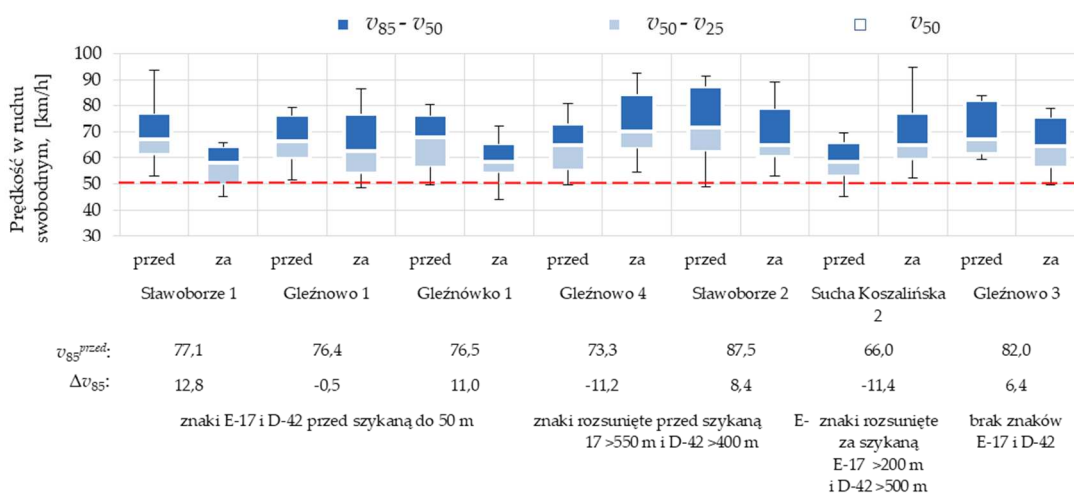
Przyjęte oznaczenia miar kwantyfikacyjnych:											
1	0,5	0	brak szykany	Σo_j	Slawoborze 1	Gleżnowko 1	Slawoborze 2	Gleżnowo 3	Gleżnowo 1	Gleżnowo 4	Sucha Koszalińska 2
Widoczna na dojeździe do szykany zabudowa mieszkalna lub gospodarcza za znakiem D-42	3,5										
Odległość widoku infrastruktury drogowej za znakiem D-42	2,0										
Lokalizacja drugiego znaku B-33 (40 lub 50 km/h) za szykaną	0,5										
Chodnik za znakiem D-42	0,0										
Lokalizacja znaku B-33 (40 lub 50 km/h) przed szykaną	0,0										
Lokalizacja dodatkowego znaku B-33 (70 km/h) przed szykaną	0,0										
Odległość bliskiej zabudowy od znaku D-42 (po stronie wjazdowej)	0,0										
Lokalizacja znaku E-17 przed szykaną											
Lokalizacja znaku D-42 przed szykaną											
Lokalizacja znaku E-17 za szykaną											
Lokalizacja znaku D-42 za szykaną											
Suma miar na danym odcinku badawczym Σo_i					2,0	1,0	0,0	0,5	1,0	0,5	0,5
Δv_{85} , [km/h]					12,8	11,0	8,4	6,4	-0,5	-11,2	-11,4

Ryc. 7.3. Wyniki oceny czynników związanych z kryterium dotyczącym organizacji ruchu, zestawione wg wartości redukcji prędkości Δv_{85} (oznaczenia jak na ryc. 5.4)

Podobnie, jak w poligonie badawczym 1 i 2, na odcinkach zaliczonych do poligonu badawczego 3, odnotowano brak zgodności lokalizacji znaków E-17 i D-42 z redukcją prędkości Δv_{85} . Biorąc pod uwagę odnotowane w pkt 7.2 niejednorodne wyniki testów statystycznych oraz przedstawiono na ryc. 7.4 dyspersje prędkości w zależności od położenia szykany względem znaków E-17 i D-42 to dodatkowo jeszcze przedstawiono charakterystykę widoku zabudowy, jaki może widzieć kierowca przejeżdżający przez szykanę. Analiza danych przedstawionych na ryc. 7.4 wykazała, że przy bardzo zbliżonej lokalizacji obu znaków E-17 i D-42 przed szykaną w odległości do 50 m, odnotowano bardzo zróżnicowane wartości, zarówno kwantyla 85% v_{85}^{za} , jak i osiągniętej różnicy prędkości Δv_{85} .

Tylko w dwóch przypadkach odnotowano widok zabudowy za szykaną i równoczesną lokalizację znaku D-42 w odległości 50 m przed szykaną. Biorąc pod uwagę różnorodność redukcji prędkości Δv_{85} na trzech pierwszych odcinkach badawczych (ryc. 7.3), przy potwierdzonej tautologii logicznej odnośnie rozmieszczenia znaków E-17 i D-42 przed

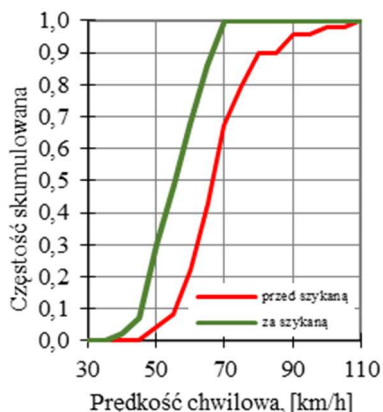
szykaną, na ryc. 7.5 przedstawiono otrzymane dystrybuanty i widok odcinka badawczego.



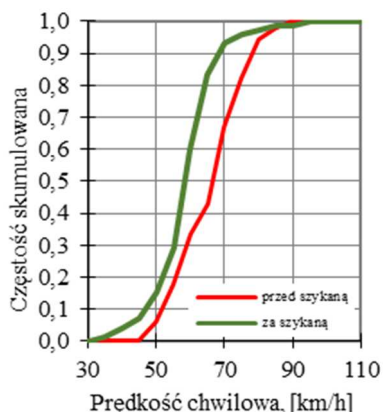
Ryc. 7.4. Oszacowanie przedziałowe prędkości w ruchu swobodnym w odniesieniu do poligonu badawczego 3 według lokalizacji znaków drogowych E-17 i D-42 względem szykany i wielkości prędkości v_{85}^{przed}

Pomimo słabego widoku zabudowy, na dojeździe do wsi znajdującym się w terenie leśnym, na odcinku badawczym Sławoborze 1, kierowca dojeżdżając do szykany widzi słupy systemu oświetleniowego, który może kojarzyć mu się z terenem zabudowanym, więc lokalizacja zastosowanego znak D-42 w danym przypadku ma swoje uzasadnienie (ryc. 7.5a). Również widok zabudowy i elementów infrastruktury związanej z terenem zabudowanym, a także przejście dla pieszych, słupy systemu oświetleniowego oraz znak D-42, (ściśle powiązany z terenem zabudowanym), prawdopodobnie łącznie przyczyniają się do odnotowanej redukcji prędkości $\Delta v_{85} = 11$ km/h na drugim odcinku badawczym Gleźnowo 1 (ryc. 7.5b). Jednak otoczenie drogi na dojeździe do szykany w otwartym terenie rolniczym jest diametralnie różne od dojazdu do odcinka badawczego Sławoborze 1 znajdującemu się w terenie leśnym, na którym odnotowano redukcję prędkości równą $\Delta v_{85} = 12,8$ km/h. Natomiast dojazd do odcinka badawczego Gleźnowo 1 zlokalizowany jest w terenie leśnym po stronie wyjazdowej i w terenie rolniczym z różnymi zagajnikami po stronie wjazdowej. Przy przejeździe przez szykanę, jedyną widoczną zabudową jest częściowo widoczny budynek gospodarczy oddalony od czoła szykany o ok. 150 m (ryc. 7.5c). Te warunki dojazdu łącznie oddziałują na kierowcę dezinformująco w odniesieniu do znaczenia znaku D-42, za którym nie ma przysłowiowego terenu zabudowy. Warunki dojazdu do analizowanego odcinka i brak widoku sylwety wsi, a także elementów infrastruktury terenu zabudowanego i znak D-42 niepowiązany z faktyczną zabudową w terenie zabudowanym, prawdopodobnie łącznie wpływają na zwiększenie prędkości za szykaną ($\Delta v_{85} = -0,5$ km/h).

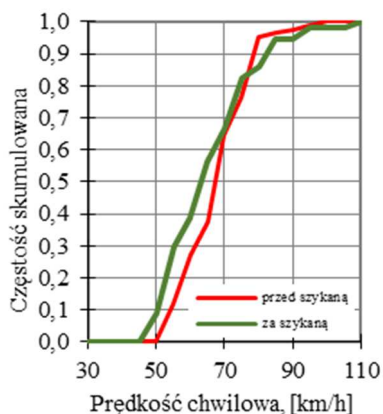
a) Sławoborze 1, dojazd w lesie, słabo widoczna zabudowa w odległości 97 m za znakiem



b) Gleźnowko 1, dojazd w terenie otwartym rolniczym, widoczna zabudowa 130 m za znakiem D-42



c) Gleźnowo 1, dojazd w terenie rolniczym z zagajnikami leśnymi, słabo widoczna zabudowa

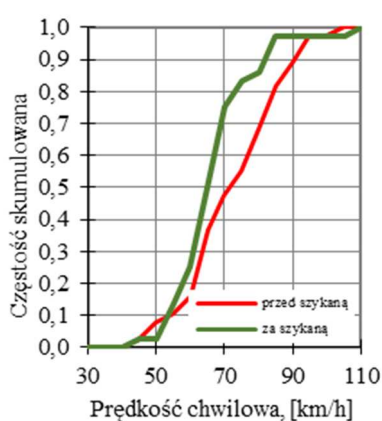


Ryc. 7.5. Dystrybuanty prędkości w ruchu swobodnym i widok odcinków badawczych, na których znaki E-17 i D-42 są zlokalizowane do 50 m przed szykaną

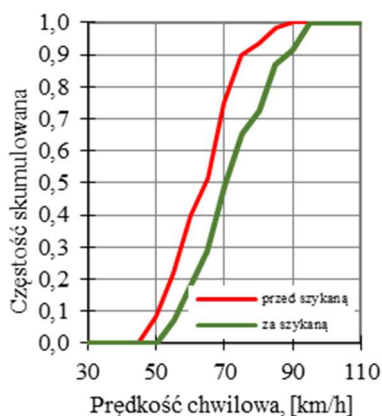
Drugim podobnym spostrzeżeniem odnośnie braku zgodności rozmieszczenia znaków drogowych i otrzymanej przeciwstawnej wielkości różnicy prędkości jest odcinek Sławoborze 2 ($\Delta v_{85} = 8,4$ k/h) i Gleźnowo 4 ($\Delta v_{85} = -11,2$ k/h), na których znaki drogowe E-17 znajdują się przed szykaną w odległości ponad 500 m, a znaki D-42 poprzedzają szykanę w odległości

ponad 400 m. Na odcinku badawczym Sławoborze 2 dojazd do wsi znajduje się w terenie leśnym (ryc. 7.6a). Natomiast dojazd do wsi na odcinku badawczym Gleźnowo 4 znajduje się w otwartym terenie rolniczym z bardzo luźną zabudową prywatnych gospodarstw otoczonych wokół gęstymi zagajnikami od strony drogi i przez to niewidocznej dla kierowcy zabudowy mieszkalnej i gospodarczej (ryc. 7.6b). Prawdopodobnie te warunki były głównymi determinantami otrzymanej diametralnie różnej różnicy prędkości i odnotowanej wielkości kwantyli 85% prędkości v_{85}^{przed} i v_{85}^{za} , (Sławoborze 2 – $v_{85}^{przed} = 87,5$ km/h i $v_{85}^{za} = 79,1$ km/h, $\Delta v_{85} = 8,4$ km/h; Gleźnowo 4 – $v_{85}^{przed} = 73,3$ km/h i $v_{85}^{za} = 84,5$ km/h, $\Delta v_{85} = -11,2$ km/h).

- a) Sławoborze 2, dojazd w terenie leśnym, widoczne słupy systemu oświetlenia i azyl w odległości 200 m



- b) Gleźnowo 4, dojazd w otwartym terenie rolniczym, brak widoku zabudowy mieszkalnej



Ryc. 7.6. Dystrybuanty prędkości w ruchu swobodnym i widok odcinków badawczych, na których znaki zlokalizowane są przed szukaną E-17 ponad 550 m i D-42 ponad 400 m

7.3.2 Zestawienie wyników oceny czynników związanych z warunkami drogowymi

Drugie kryterium rozważane przy identyfikacji determinant skuteczności stosowania szykan w strefie wjazdowej związane było z czynnikami charakteryzującymi warunki drogowe (ryc. 7.7). W tym kryterium w poligonie badawczym 3 nie potwierdzono związków zależnościowych warunków drogowych z redukcją prędkości Δv_{85} . Najwięcej tautologii

logicznych potwierdzono tylko w odniesieniu do lokalizacji widocznych zjazdów za szykaną. Biorąc pod uwagę, że na wszystkich odcinkach badawczych zastosowano szykanę w osi i faktyczne odgięcie toru jazdy od kierunku prostego było równe 1-1,5 m, a różnice prędkości wahały się od 12,8 do -11,4 km/h, to nie potwierdzono zależności podanych w publikacji [171] (ryc. 1.1).

Przyjęte oznaczenia miar kwantyfikacyjnych:			Slawoborze 1	Gleżnowo 1	Slawoborze 2	Gleżnowo 3	Gleżnowo 1	Gleżnowo 4	Sucha Koszalińska 2
1	0,5	0	brak szykany						
		Σo_j							
Odgięcie toru jazdy	0,0		0,5	0	0,5	0	0	0	0
Odcinek krzywoliniowy za szykaną i promień łuku poziomego	0,5		0	0,5	0	0	0	0	0
Odległość najbliższego skrzyżowania od osi szykany	1,0		1	0	0	0	0	0	0
Odległość najbliższego zjazdu od si szykany	3,5		0,5	0	1	0,5	1	0,5	0
Zabudowa lub obiekt inżynierski po stronie pasa wjazdowego na łuku poziomym za szykaną	0,0		0	0	0	0	0	0	0
Ograniczenie widoczności powierzchni jezdni za szykaną	0,5		0	0,5	0	0	0	0	0
Za szykaną znajdują się budynki zaraz za chodnikiem	1,0		0	0	0,5	0	0	0	0
Szykana połączona z azylem dla pieszych	1,5		0	1	0,5	0	0	0	0
Odległość końca barier ochronnych od szykany	0,0		0	0	0	0	0	0	0
Suma miar na danym odcinku badawczym Σa_i			2	2	2,5	0,5	1	0,5	0
Δv_{85} , [km/h]			12,8	11,0	8,4	6,4	-0,5	-11,2	-11,4

Ryc. 7.7. Wyniki oceny czynników z kryterium dotyczącym warunków drogowych, zestawione wg wartości redukcji prędkości Δv_{85} (oznaczenia jak na ryc. 5.10)

Podsumowując powyższe analizy można stwierdzić, że stosowanie wąskich szykan w osi jezdni nie gwarantuje oczekiwanej redukcji prędkości. Do najważniejszych czynników z kryterium warunków drogowych można jedynie zaliczyć: bliskość skrzyżowania lub zjazdu, a także widok elementów infrastruktury drogowej związanej z terenem zabudowanym.

7.3.3 Zestawienie wyników oceny czynników związanych z zagospodarowaniem i widocznością

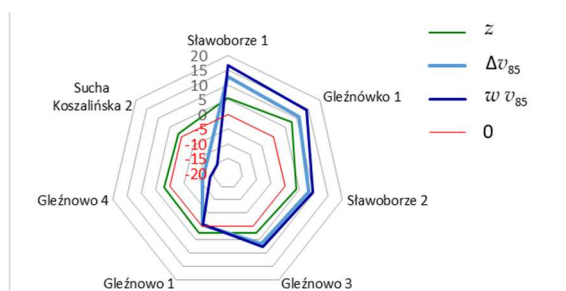
Ostatnim kryterium rozważanym przy identyfikacji determinant skuteczności stosowania szycan w strefie wjazdowej są czynniki związane z przestrzennym zagospodarowaniem najbliższego otoczenia i warunkami widoczności (ryc. 7.8). W tym kryterium najwięcej tautologii logicznych potwierdzono w odniesieniu do zagospodarowania otoczenia, wyraźnie widocznej sylwety wsi oraz zabudowy mieszkalnej i jej odległości od szycany.

Przyjęte oznaczenia miar kwantyfikacyjnych:			Sławoborze 1	Gleżnowo 1	Sławoborze 2	Gleżnowo 3	Gleżnowo 1	Gleżnowo 4	Sucha Koszalińska 2
1	0,5	0	brak szycany						
		Σo_j							
Odległość widocznej przy dojeździe do szycany sylwety wsi	2,5								
Rodzaj zagospodarowania terenu w otoczeniu szycany	4,5								
Odległość szycany od widocznej zabudowy znajdującej się blisko drogi	3,0								
Wyraźnie widoczne blisko drogi pojedyncze budynki lub chodniki	3,0								
Widoczne przeszkody boczne za szycaną: poręcz mostu lub przepustu, ogrodzenia, bariery itd.	1,0								
Widoczna przy dojeździe i przejeździe przez szycaną skupiona zabudowa	0,5								
Ograniczenie widoczności dalszej perspektywy drogi	0,5								
Za szycaną widoczne budynki za chodnikiem lub poręcz obiektu	0,5								
Za szycaną widoczne bariery tańcuchowe lub znak B-33 z ogr. 40 km/h	0,0								
Za szycaną widoczny przejezdny pas dzielący na jezdni	0,0								
Za poboczem barierki tańcuchowe odgradzające od skarpy	0,0								
Długość barier ochronnych na dojeździe do szycany	0,0								
Suma miar na danym odcinku badawczym Σz_{zwi}		2,0	5	2	1,5	0,5	1,0	1,0	
Δv_{85} , [km/h]		12,8	11,0	8,4	6,4	-0,5	-11,2	-11,4	

Ryc. 7.8. Wyniki oceny czynników związanych z kryterium dotyczącym zagospodarowania otoczenia i warunków widoczności zestawione wg wartości redukcji prędkości Δv_{85} (oznaczenia jak na ryc. 5.12)

7.3.4 Zestawienie wyników oceny łącznego oddziaływania przestrzennego zagospodarowania otoczenia drogi

Podsumowując powyższe analizy poniżej na ryc. 7.9 i 7.10 przedstawiono na wykresach radarowych zgodność pomiędzy oszacowaną redukcją prędkości Δv_{85} oraz Δv_{sr} w ruchu swobodnym i odpowiednimi wskaźnikami zmian prędkości w oraz zagregowanego parametru.



Ryc. 7.9. Zgodność zmian redukcji prędkości Δv_{85} , $w v_{85}$ oraz zagregowanego parametru z (odpowiednio $R = 0,77$ i $R = 0,79$)



Ryc. 7.10. Zgodność wskaźnika zmian prędkości Δv_{sr} , $w v_{sr}$ oraz zagregowanego parametru z (odpowiednio $R = 0,70$ i $R = 0,72$)

Uwzględniając odnotowane zwiększenie prędkości na kilku odcinkach badawczych, w celu lepszego odczytu wyników na osi wykresu wprowadzono odpowiednie oznaczenia wartości ujemnych w kolorze czerwonym i dodano linię siatki o wartości 0 w kolorze czerwonym. Analiza zmian analizowanych zmiennych (ryc. 7.9 i 7.10), wykazuje zauważalną zgodność pomiędzy redukcją prędkości Δv_{85} w ruchu swobodnym oraz wskaźnikiem zmian prędkości $w v_{85}$ i zagregowanym parametrem z , na części odcinków. Biorąc powyższe pod uwagę w niniejszej rozprawie założono przeprowadzenie analizy regresji pomiędzy analizowanymi zmiennymi, co przedstawiono w kolejnym punkcie.

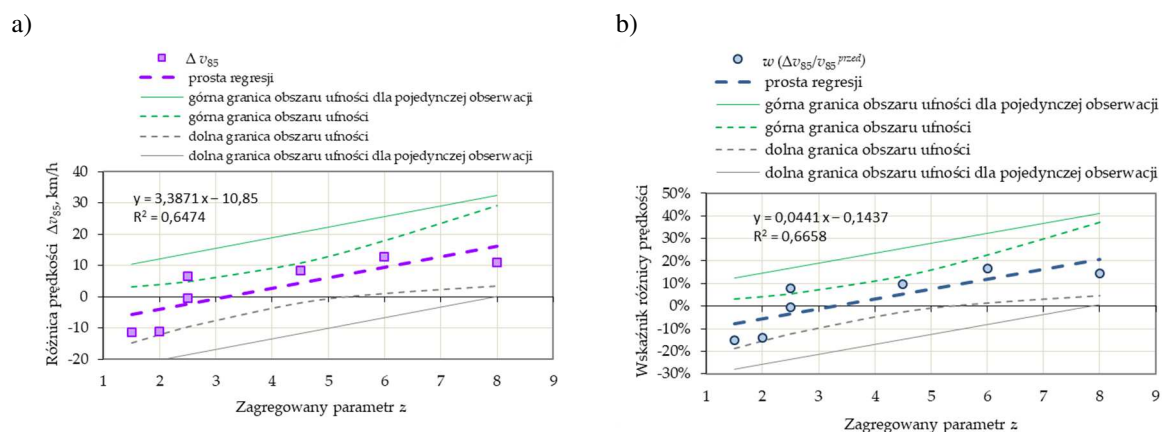
7.4 ANALIZA REGRESJI OTRZYMANYCH WYNIKÓW OCENY

W analizach regresji potwierdzających skuteczność zastosowanych szykan drogowych lub jej niepotwierdzających, wzięto pod uwagę, analogiczne parametry, jak w poligonie badawczym 1 i 2. Wyniki współczynników korelacji przedstawiono w tab. 7.7. W żadnym przypadku nie odnotowano wartości współczynnika korelacji większej niż 0,9, czyli zgodnie z zasadami statystycznymi sformułowanymi w [50, 53] nie potwierdzono istotnej statystycznie zależności.

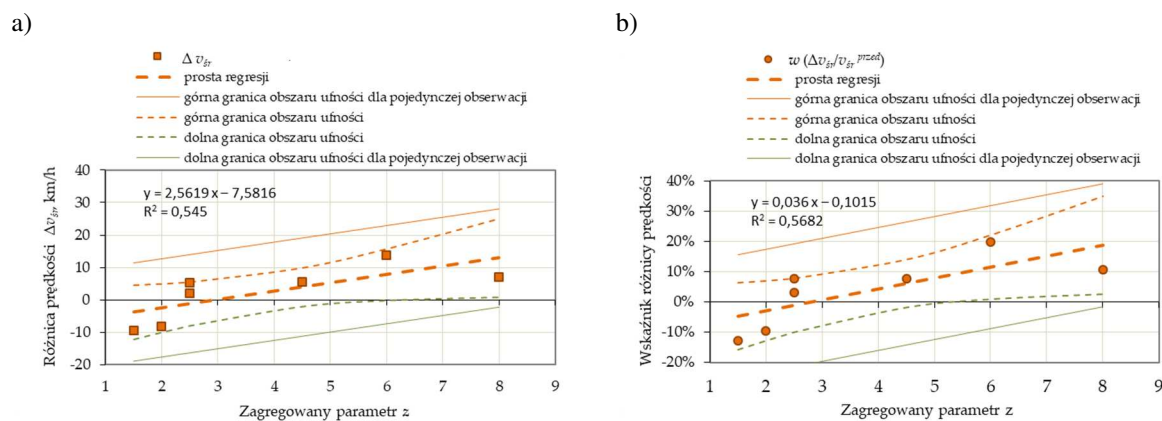
Tab. 7.7. Współczynniki korelacji pomiędzy zmiennymi jakościowymi i wybranymi parametrami rozkładu prędkości na odcinkach badawczych z poligonu badawczego 3

	U_{85}^{przed}	U_{5r}^{przed}	$U_{5r}^{pp\ przed}$	U_{85}^{za}	U_{5r}^{za}	$U_{5r}^{pp\ za}$	ΔU_{85}	ΔU_{5r}	ΔU_{5r}^{pp}	$w_{U_{85}}$	$w_{U_{5r}}$
Z _{zw}	0,19	0,14	0,06	-0,67	-0,58	-0,59	0,61	0,47	0,47	0,62	0,49
Z _d	0,67	0,71	0,61	-0,51	-0,51	-0,58	0,81	0,76	0,80	0,80	0,76
Z _o	-0,22	0,01	-0,23	-0,77	-0,82	-0,80	0,41	0,55	0,45	0,44	0,57
Z	0,33	0,37	0,21	-0,82	-0,78	-0,81	0,80	0,74	0,73	0,82	0,75

Poniżej na ryc. 7.11-7.12 przedstawiono wykresy analizy regresji. Analizy regresji przedstawione na ryc. 7.11-7.12 mogą potwierdzić jedynie, że wykazana zależność matematycznie jest znacząca ($R = 0,7-0,9$, wg [53]) i że prawie wszystkie dane znajdują się w obszarze ufności. Jednak jest to tylko statystyczne potwierdzenie zależności, gdyż na trzech odcinkach badawczych z analizowanych siedmiu odcinków nie uzyskano oczekiwanej redukcji prędkości, tylko jej zwiększenie po przejechaniu fragmentu drogi z wybudowaną szykaną. Odnotowana różnica prędkości na wybranych odcinkach badawczych waha się w bardzo szerokim zakresie od 12,8 km/h do -11,4 km/h.



Ryc. 7.11. Funkcja regresji liniowej określającej zależność od zagregowanego parametru z: a) redukcji prędkości Δv_{85} w ruchu swobodnym, ($R = 0,80$), b) wskaźnika redukcji prędkości $w_{U_{85}}$ ($R = 0,82$) [142]



Ryc. 7.12. Funkcja regresji liniowej określającej zależność od zagregowanego parametru z: a) redukcji prędkości Δv_{5r} w ruchu swobodnym ($R = 0,74$), b) wskaźnika redukcji prędkości $w_{U_{5r}}$ ($R = 0,75$)

Jednak w przypadku 4 odcinków uzyskano redukcję prędkości (6,4–12,8 km/h), przy niewielkiej wartości zagregowanego parametru z (2,5–8). Szczegółowa analiza warunków otoczenia w rejonie danej szykany i czynników związanych z widokiem sylwety wsi, zabudowań lub infrastruktury drogowej (ryc. 7.5a, 7.5b i 7.6a) pozwoliła potwierdzić, że duży udział w redukcji prędkości w przypadku tych czterech odcinków związany był z widokiem zabudowy wsi i infrastruktury drogowej, jaki widział kierowca dojeżdżając do szykany. Jednak na żadnym odcinku nie osiągnięto prędkości zbliżonej, chociaż do podanej na znaku B-33 przed szykaną. Porównanie parametrów na odcinkach z poligonu badawczego 3 przedstawiono w tab. 7.8. Tylko na dwóch odcinkach z redukcją prędkości powyżej 10 km/h prędkości zmierzone za szykaną były zbliżone do wartości ok. 65 km/h.

Tab. 7.8. Zestawienie parametrów i czynników na odcinkach z poligonu badawczego 3

Odcinek badawczy	v_{85}^{przed} , [km/h]	v_{85}^{za} , [km/h]	Δv_{85} , [km/h]	$w(v_{85})$, [%]	a , [m]	Widok sylwety wsi, zabudowy lub infrastruktury drogowej	Rodzaj terenu na dojeździe do szykany
Sławoborze 1	77,1	64,3	12,8	16,6	1,5	widok zabudowy i infrastruktury	teren leśny
Gleżnowko 1	76,5	65,5	11,0	14,4	1,0	widok infrastruktury drogowej	teren rolniczy otwarty
Sławoborze 2	87,5	79,1	8,4	9,6	1,5	widok zabudowy i infrastruktury drogowej	teren leśny
Gleżnowo 3	82,0	75,6	6,4	7,8	1,0	widok infrastruktury drogowej	teren rolniczy otwarty
Gleżnowo 1	76,4	76,9	-0,5	-0,7	1,0	brak widoku zabudowy	teren rolniczy otwarty
Gleżnowo 4	73,3	84,5	-11,2	-14	1,0	brak widoku zabudowy	teren rolniczy otwarty
Sucha Koszalińska 2	66,0	77,4	-11,4	-15,3	1,0	brak widoku zabudowy	teren rolniczy otwarty

7.5 PODSUMOWANIE

Analiza powyższych rozważań wskazuje, że szykany wybudowane w osi jezdni tylko w szczególnych warunkach zagospodarowania otoczenia strefy wjazdowej mogą przyczynić się do redukcji prędkości i to w niewielkim zakresie, ale nie powodują one redukcji prędkości do wartości wskazanej na znaku B-33 (50 km/h). Należy podkreślić, że różnice prędkości mogą mieć wartości dodatnie tylko wówczas, gdy odnotowano synergię kilku przynajmniej czynników charakteryzujących przestrzennie otoczenie strefy wjazdowej. Podsumowując powyższe można stwierdzić, że lokalizacja szykany w osi drogi, przy braku widoku zabudowy lub elementów infrastruktury drogowej związanej z terenem zabudowanym, jest mało efektywna.

Rozdział 8

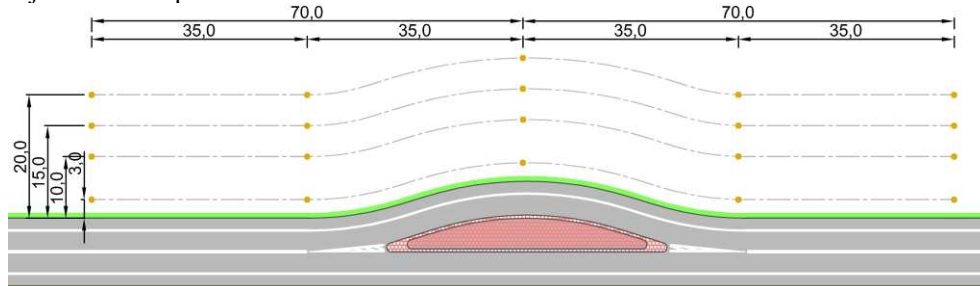
OCENA SKUTECZNOŚCI ODDZIAŁYWANIA SZYKAN NA ZMNIEJSZENIE POZIOMU HAŁASU DROGOWEGO

8.1 ZAŁOŻENIA BADAWCZE

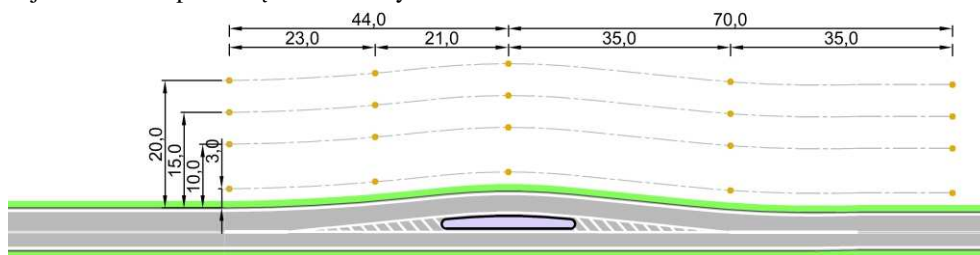
Przed wykonaniem pomiarów hałasu drogowego w rejonie analizowanych szykan w celu przeanalizowania jego rozkładu wzdłuż odcinków badawczych wykonano, jak już wcześniej wspomniano (pkt 3.6.2), wstępne pomiary równocześnie w trzech przekrojach, tj. na wlocie, w osi szykany oraz na wylocie (ryc. 3.55). Analiza wstępnych wyników wykazała, że pomiar hałasu w osi szykany można pominąć. Z analizy rezultatów pomiarów również wynikało, że istotny wpływ na rozprzestrzenianie się hałasu w otoczeniu szykany, oprócz wpływu prędkości, ma również zagospodarowanie otoczenia, tj. zieleń, jej rodzaj, wysokość i lokalizacja względem krawędzi jezdni, teren rolniczy otwarty i teren leśny. Biorąc powyższe pod uwagę, w celu oszacowanie rozprzestrzeniania się propagacji fali hałasu drogowego wykonano na dwóch wybranych odcinkach badawczych dodatkowe pomiary w najbliższym otoczeniu szykan (ryc. 8.1). Łącznie pomiary wykonano w pięciu przekrojach poprzecznych, w czterech różnych odległościach od krawędzi jezdni (tj. 3, 10, 15 i 20 m), na trzech różnych wysokościach 1,5 m, 2,4 m oraz 4,0 m. Przyjęto łącznie 20 punktów pomiarowych na każdym odcinku badawczym, w których pomiary wykonano na trzech różnych wysokościach, dając tym samym 120 wyników, co umożliwiło określenie rozkładu hałasu w najbliższym otoczeniu szykany w planie. Wszystkie punkty pomiarowe zlokalizowano po stronie pasa wjazdowego, tj. po stronie pasa z odgięciem toru jazdy. Do wykonania pomiarów wstępnych wybrano dwa charakterystyczne odcinki badawcze Wrzosowo Osiedle 1 i Mrzeżyno 1. Przyjęto, że lokalizacja przekrojów poprzecznych będzie odpowiadała wstępnym założeniom sformułowanym w pkt 3.6.2, tj. sprzęt pomiarowy ustawi się w jednakowych odległościach od osi szykany: w osi szykany, na końcu linii P-21 i dalej na odcinkach prostych w planie na

dojeździe i odjeździe od szykany (ryc. 8.1). W przypadku odcinka badawczego Mrzeżyno 1 ze względu na istniejącą przeszkodę, (tj. ogrodzenie działki), odległości pomiędzy przekrojami pomiarowymi za szykaną, tj. bliżej wsi zostały nieznacznie skrócone (ryc. 8.1b).

a) szykana jednostronna półkolistą – Wrzosowo Osiedle 1



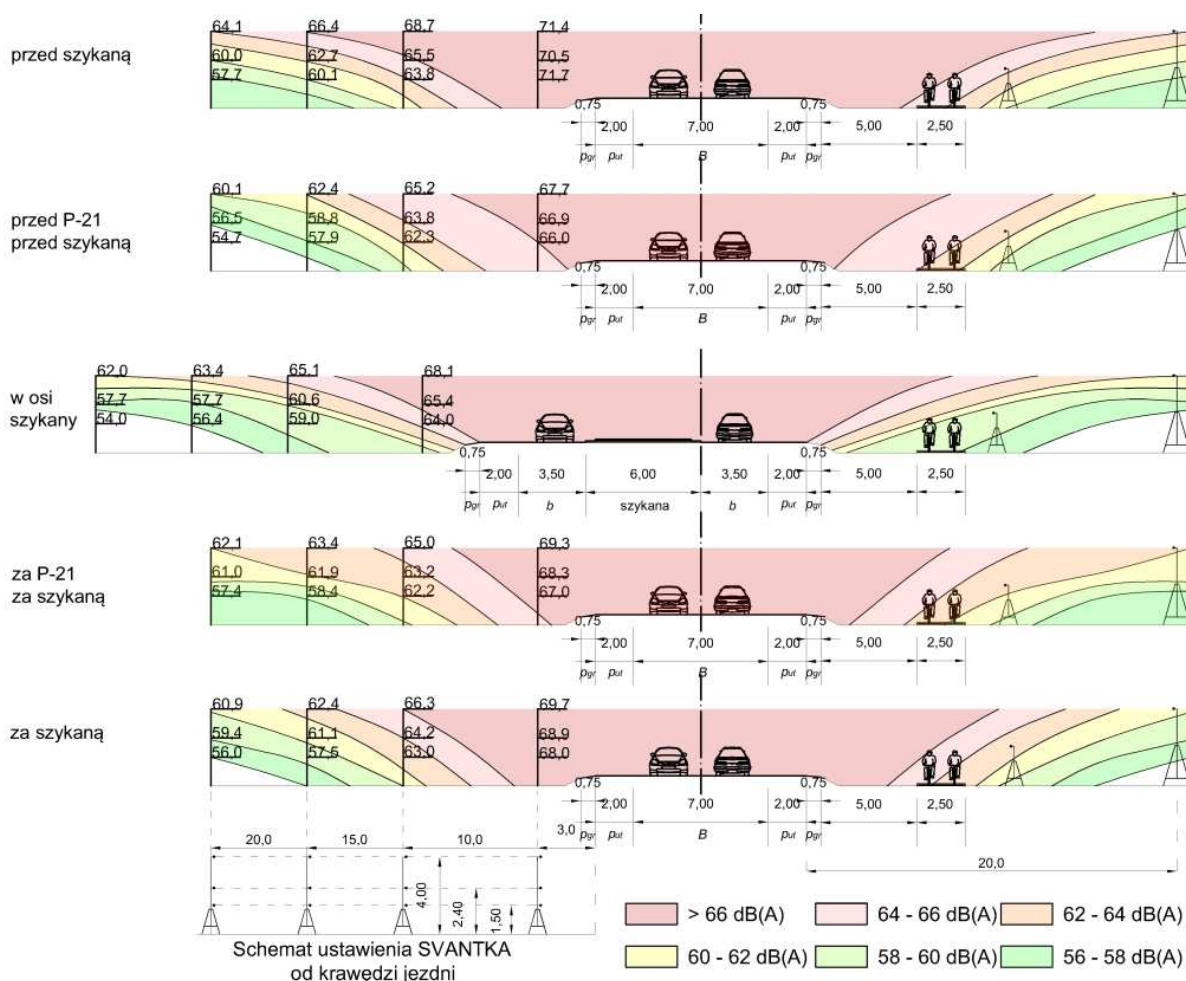
b) szykana jednostronna prostokątna – Mrzeżyno 1



Ryc. 8.1. Rozstaw sprzętu pomiarowego na wybranych dwóch odcinkach badawczych

Na podstawie otrzymanym wyników można było określić rozkład hałasu w najbliższym otoczeniu szykany. Wyniki otrzymanych pomiarów przedstawiono na ryc. 8.2 i 8.3. Izolinie w poszczególnych przekrojach wrysowano na zasadzie odpowiednich proporcji między otrzymanymi wynikami. W celu lepszego zobrazowania rozkładu hałasu przyjęto przedziały co 2 dB(A), którym nadano kolory – od zielonego przy najmniejszym hałasie, aż do koloru czerwonego przy największym hałasie. Rzeczywisty przebieg izolinii może różnić się od przedstawionego na ryc. 8.2 i 8.3, jednak szacowane odstępstwa są nieznaczne. Upraszczając przedstawione rozkłady przyjęto m.in. analogiczne wyniki hałasu po drugiej stronie drogi, podczas gdy pomiary faktycznie wykonano tylko po stronie wjazdowej do wsi. Na pasie wjazdowym samochody wyjeżdżały z terenu zabudowanego w niezabudowany, co de facto oznaczało większe prędkości, gdyż na pasie wjazdowym nie było odgięcia toru jazdy. Z uwagi na dużą liczbę punktów pomiarowych (ryc. 8.1) i potrzebny komplet 20 mierników obsługiwanych przez 20 obserwatorów, pomiary nie były wykonywane jednocześnie we wszystkich punktach, co również mogło wpłynąć na otrzymane wyniki. Równoczesne pomiary hałasu wykonywano zawsze z wykorzystaniem trzech mierników ustawianych w jednym przekroju poprzecznym z równoczesnym pomiarem natężenia ruchu i prędkości. W czasie wykonywania pomiaru w jednym przekroju, a następnie w kolejnym mogła nieznacznie różnić

się liczba przejeżdżających samochodów, zarówno w jednym, jak i w drugim kierunku ruchu. Pomijając wyżej wymienione czynniki, które mogły mieć niewielki wpływ na otrzymane wyniki hałasu, to przedstawione rezultaty w poszczególnych przekrojach pozwalają potwierdzić, że rozkład hałasu zmienia się i w dużej mierze zależy prawdopodobnie od prędkości, odległości i wysokości pomiaru. To potwierdzenie jest zgodne z teorią propagacji hałasu przedstawioną w pracach [41, 43, 49, 130, 151, 170].



Ryc. 8.2. Rozkład hałasu w przekrojach poprzecznych – Wrzosowo Osiedle 1

Uwzględniając, że wzdłuż odcinka badawczego Wrzosowo Osiedle 1 znajdował się ciąg pieszo-rowerowy, to dodatkowo oznaczono go na ryc. 8.2. Na odcinku badawczym Wrzosowo Osiedle 2 wartość redukcji prędkości w ruchu swobodnym była nieznaczna i wynosiła jedynie $\Delta v_{85} = 0,2$ km/h. A redukcja hałasu w punktach pomiarowych przed i za szykaną była bardzo zróżnicowana i wynosiła przykładowo w odległości 3 m od krawędzi jezdni na wysokości 4 m $71,4 - 69,7 = 1,7$ dB(A), a w odległości 10 m od krawędzi jezdni na wysokości 4 m $68,7 - 66,3 = 2,4$ dB(A), natomiast na wysokości ucha rowerzystów (tj. ok. 1,5 m) $63,8 - 63,0 = 0,8$ dB(A). Zgodnie z wytycznymi pomiaru hałasu [176], w analizach hałasu

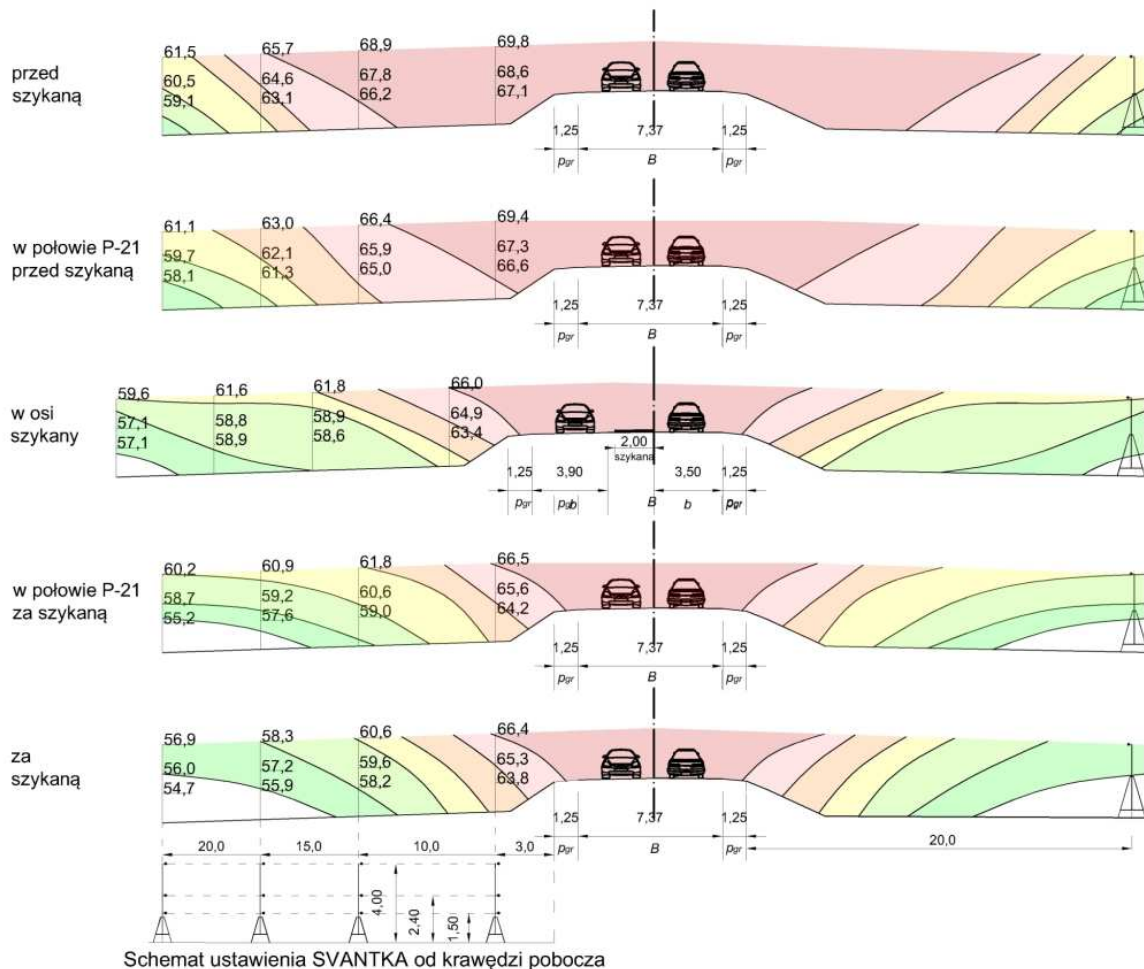
w terenie zabudowanym powinno się analizować tylko pomiary wykonywane w odległości 10 m od krawędzi jezdni wykonane na wysokości 4 m. Przedstawione dane jednak wskazują, że problem rozkładu hałasu jest złożony i jego redukcja nie zależy tylko od prędkości. A w przypadku chodników lub ciągów pieszo-rowerowych należałoby jednak analizować hałas także w bliższej odległości od krawędzi jezdni. Przedstawiony na ryc. 8.2 rozkład hałasu pozwala także stwierdzić, że zasięg oddziaływania hałasu powyżej dopuszczalnej wielkości równej 65 dB(A)

⁶⁴ [125], zmierzony za szykaną również się zmniejszył w stosunku do hałasu zmierzonego przed szykaną. W tym przypadku zagospodarowanie otoczenia przed i za szykaną po obu stronach drogi było nieznacznie różne, tj. na dojeździe do szykany po obu stronach drogi był pojedynczy szpaler wysokich drzew, za którymi była otwarta przestrzeń, a za szykaną drzewa rosły tylko po stronie pasa wjazdowego.

Podobne wyniki pomiarów wykonanych na odcinku badawczym Mrzeżyno 1 przedstawiono na ryc. 8.3. Na odcinku badawczym Mrzeżyno 1, redukcja prędkości w ruchu swobodnym wynosiła $\Delta v_{85} = 14,3$ km/h. Przełożyło się to na zmianę klimatu akustycznego w bezpośrednim sąsiedztwie szykany, gdyż poziom hałasu powyżej 65 dB(A) odnotowany przed szykaną miał zdecydowanie większy zasięg niż w przekroju zlokalizowanym za szykaną. Korzystniejszy rozkład hałasu za szykaną mogły powodować również gęste zagajniki krzewów i niewysokich drzew, gdyż przed szykaną była otwarta przestrzeń. Prawdopodobnie zagospodarowanie zielenią otoczenia drogi stanowi drugi czynnik poza prędkością, który miał istotny wpływ na korzystniejszy rozkład hałasu za szykaną. Problem stosowania różnorodnej zieleni przydrożnej gatunkowo i wysokościowo na rozkład hałasu w otoczeniu drogi przedstawiono m.in. w pracach [43, 49, 54, 130, 151, 170]. W pracach [4, 16, 54, 153] m.in. poruszono także problem rozprzestrzenia się zanieczyszczeń drogowych przy różnej zieleni przydrożnej. Z analiz wniosków zawartych w ww. pracach wynika, że przy drogach, wzdłuż których możliwy jest ruch pieszych powinno się stosować zróżnicowaną wysokościowo zielen. I tak np. na pasie bliżej drogi szerokości do 5 m powinna być sadzona zieleń niska, następnie na pasie szerokości ok. 10 m zieleń średnia do wysokości człowieka, a dopiero za tymi pasami zieleń wysoka, czyli drzewa na co najmniej szerokości 7 m. Taki sposób zastosowania zieleni przydrożnej przy tzw. „uszczelnieniu” rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń pozwala uzyskać w miarę czystsze powietrze pozbawione różnych niekorzystnych dla człowieka związków chemicznych zawartych w spalinach. Jednak to zagadnienie pośrednio dotyczy problemów

⁶⁴ Dziennik Ustaw poz. 112, 2014.

poruszanych w niniejszej rozprawie, gdyż w strefach wjazdowych rzeczywiście są ciągi pieszo-rowerowe lub chodniki, ale nie ma tam dużego ruchu pieszych narażonych na zanieczyszczenia i nie ma wolnych terenów o wspomnianej wyżej łącznej szerokości pasa drogowego ok. 22 m od krawędzi jezdni.

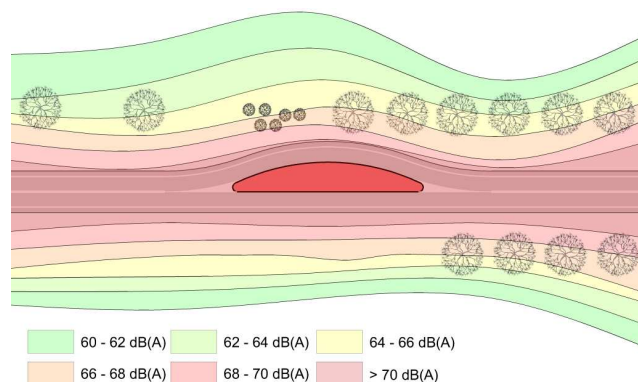


Ryc. 8.3. Rozkład hałasu w przekrojach poprzecznych – Mrzeżyno 1

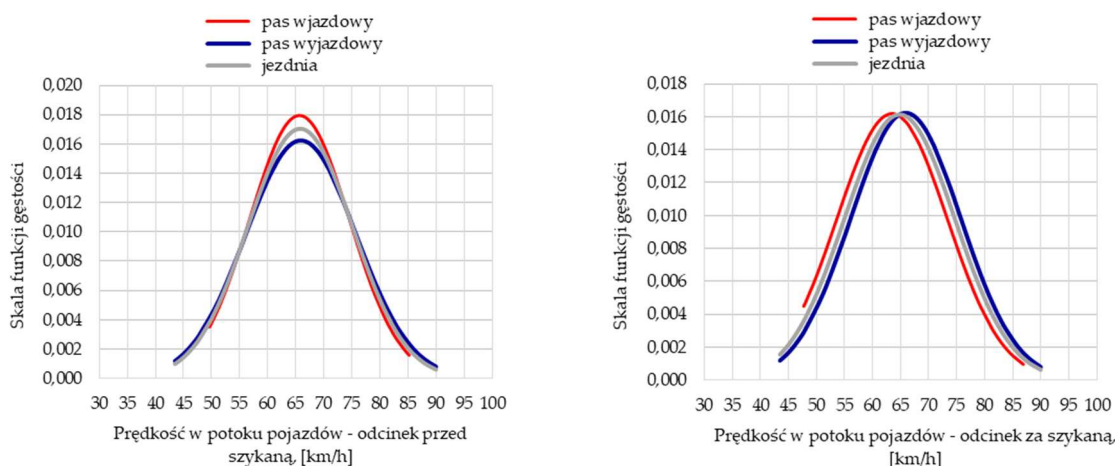
Uwzględniając różny rozkład hałasu w przekrojach poprzecznych na ryc. 8.4 i 8.5 przedstawiono rozkład hałasu w planie i w celach porównawczych dołączono fotografie przedstawiające zagospodarowanie zielenią najbliższego otoczenia analizowanych dwóch odcinków badawczych. Podobnie jak przy tworzeniu rozkładu hałasu w przekrojach poprzecznych (ryc. 8.2 i 8.3), otrzymane wyniki z pomiarów naniesiono na plan sytuacyjny i połączono je izoliniami utrzymując odpowiednie proporcje (ryc. 8.4 i 8.5). Na ryc. 8.4 i 8.5 wykorzystano wyniki z pomiarów wykonanych na wysokości 4,0 m, czyli na tej samej wysokości, na której wykonane zostały pomiary we wszystkich poligonach (pkt 3.6.2). Podobnie na ryc. 8.4 przyjęto sześć przedziałów hałasu, pomiędzy którymi przyjęto różnicę wynoszącą 2 dB(A). Pozwoliło to w przejrzysty sposób zobrazować rozkład hałasu w otoczeniu

szykany w planie. Także w tym przypadku rzeczywisty przebieg izolinii mógł nieznacznie różnić się od rzeczywistego. Na ryc. 8.4 i 8.5 dodatkowo w celu zobrazowania istniejącej zróżnicowanej zieleni w otoczeniu szykany przedstawiono fotografie obu odcinków badawczych. Analiza uzyskanych map akustycznych potwierdza dotychczasowe doświadczenia sformułowane m.in. w pracach [41, 49, 130, 176], że na rozkład hałasu ma istotny wpływ prędkość średnia potoku pojazdów na jezdni, a także rodzaj zieleni i jej lokalizacja. W danym przypadku natężenie ruchu i udział pojazdów ciężkich były jednakowe, zarówno przed, jak i za szykaną. Ale prędkości średnie potoku pojazdów przed i za szykaną odpowiednio na obu pasach ruchu były różne, gdyż były to pasy wjazdowe do wsi i wyjazdowe ze wsi (ryc. 8.4b i 8.5b). Te czynniki prawdopodobnie przyczyniły się istotnie do końcowych wyników pomierzonego hałasu.

a) mapa akustyczna i fotografia odcinka badawczego Mrzeżyno 1; prędkości w ruchu swobodnym: na pasie wjazdowym: $v_{sr}^{przed} = 68,7$ km/h, $v_{sr}^{za} = 66,7$ km/h; na pasie wyjazdowym: $v_{sr}^{przed} = 73,8$ km/h, $v_{sr}^{za} = 69,4$ km/h



b) rozkłady normalne prędkości na odcinku przed szykaną i za szykaną



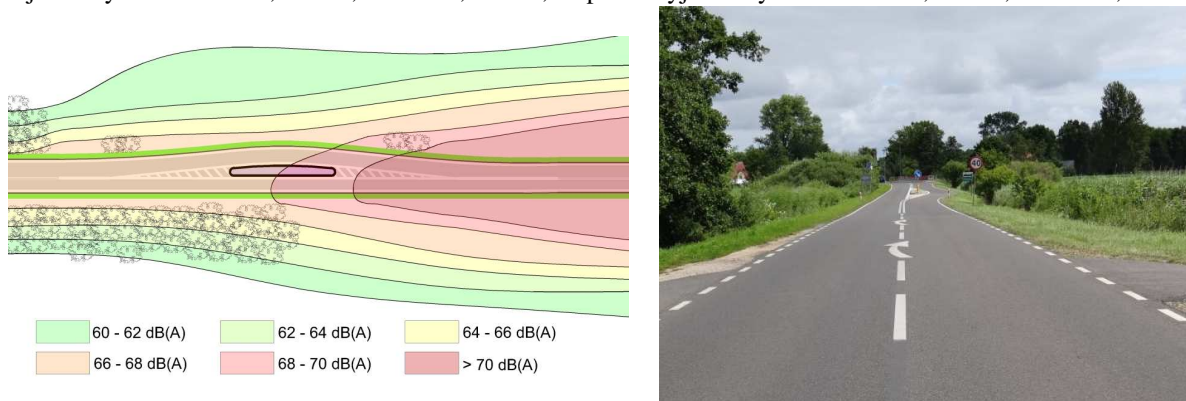
Ryc. 8.4. Mapa hałasu i rozkłady normalne prędkości na odcinku badawczym Wrzosowo Osiedle 1

Uwzględniając zalecenia sformułowane w wytycznych [176] odnośnie uwzględniania w analizach hałasu prędkości średnich w potoku pojazdów w tab. 8.1 zestawiono analizowane

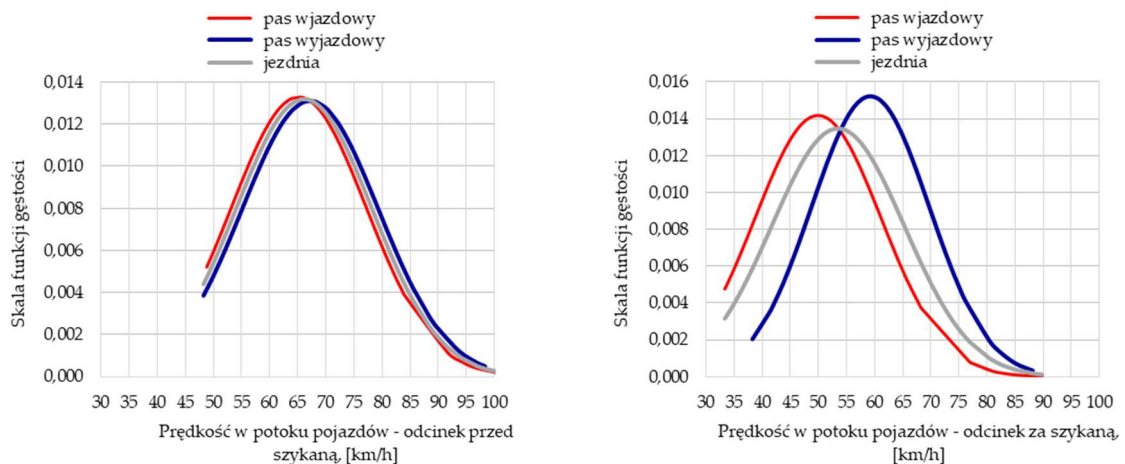
parametry odnośnie prędkości w potoku pojazdów na obu pasach ruchu i wyniki pomierzonego hałasu na wysokości 4 m, w odpowiednich odległościach od krawędzi jezdni oraz ich redukcje.

Biorąc pod uwagę, że na odcinku badawczym Wrzosowo Osiedle 1 są pobocza utwardzone (rys. 8.4a), to kierowcy przy przejeżdżaniu przez szykanę z reguły zjeżdżali na to pobocze. Nie widząc zabudowy, ani sylwety wsi nie zmniejszali również zbytnio prędkości kierowanych pojazdów, co jest zauważalne na rozkładach normalnych prędkości (ryc. 8.4b).

a) mapa akustyczna i fotografia odcinka badawczego Mrzeżyno 1; prędkości w ruchu swobodnym: na pasie wjazdowym: $v_{sr,przed} = 67,9$ km/h, $v_{sr,za} = 54,7$ km/h; na pasie wyjazdowym: $v_{sr,przed} = 61,8$ km/h, $v_{sr,za} = 70,5$ km/h



b) rozkłady normalne prędkości na odcinku przed szykaną i za szykaną



Rys. 8.5. Mapa hałasu i rozkłady normalne prędkości na odcinku badawczym Mrzeżyno 1

Tab. 8.1

Zestawienie wyników prędkości i hałasu na wybranych dwóch odcinkach badawczych

Miejsce pomiaru	Prędkości średnie i redukcja prędkości, km/h		Zrównoważony poziom hałasu L_{eq} zmierzony na wysokości 4 m, w różnej odległości od krawędzi jezdni, dB(A)							
			3 m		10 m		15 m		20 m	
	$v_{sr,PPj}$	$\Delta v_{sr,PPj}$	L_{eq}	ΔL_{eq}	L_{eq}	ΔL_{eq}	L_{eq}	ΔL_{eq}	L_{eq}	ΔL_{eq}
Odcinek pomiarowy – Wrzosowo Osiedle 1										
przed szykaną	65,8	-0,7	71,4	1,7	68,7	2,4	66,4	4,0	64,1	3,2
za szykaną	66,5		69,7		66,3		62,4		60,9	
Odcinek pomiarowy – Mrzeżyno 1										
przed szykaną	62,6	9,1	69,8	3,4	68,9	8,3	65,7	7,4	61,5	4,6
za szykaną	53,5		66,4		60,6		58,3		56,9	

Różnicę wpływu prędkości potoku pojazdów i ich redukcji widać wyraźnie na wykresach rozkładu prędkości na drugim odcinku badawczym – Mrzeżyno 1 (ryc. 8.4). Na odcinku za szykaną, czyli bliżej wsi, jest duża różnica prędkości. Na pasie wjazdowym przy ograniczeniu prędkości do 40 km/h kierowcy jadą znacznie wolniej, średnia prędkość w potoku pojazdów wynosi ok. 50 km/h, a na równoległym pasie wyjazdowym ze wsi jest równa 59,2 km/h. Hałas natomiast zależy od prędkości średniej na jezdni równej 53,5 km/h (tab. 8.1). W pobliżu tego odcinka wpływ ma także obniżenie terenu w nurcie dopływu do rzeki Regi i zagajniki zieleni, wysokości ponad 3 m, szczelnie otaczające ten fragment jezdni (ryc. 8.5a). Zbocza po obu stronach rzeki też są gęsto porośnięte zielenią.

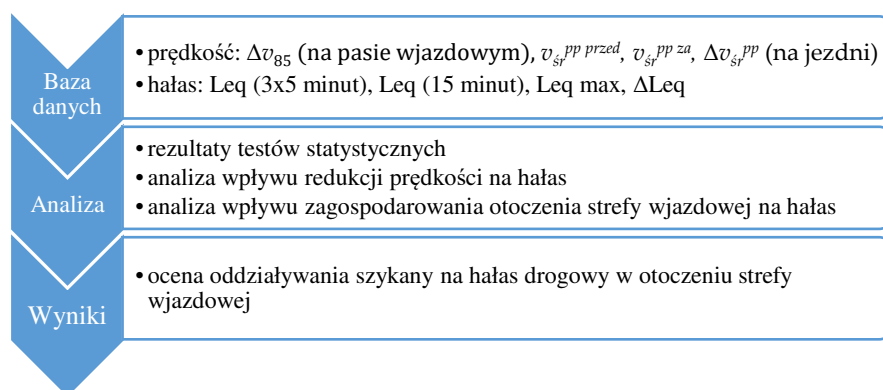
Biorąc powyższe pod uwagę w dalszych rozważaniach na poszczególnych odcinkach badawczych były rozpatrywane głównie następujące czynniki: prędkość średnia pojazdów potoku pojazdów na obu pasach ruchu, otrzymane redukcje prędkości oraz zagospodarowanie najbliższego otoczenia drogi. Pominięto natężenie ruchu z uwagi na to, że analizowane były głównie wartości redukcji hałasu, a nie sam jego poziom. W związku z tym, że badania na odcinkach badawczych przed i za szykaną wykonywane były jednocześnie, tj. przy tym samym natężeniu, to założono, że można było wykluczyć zmienną natężenia ruchu.

W celu oceny skuteczności oddziaływania szykan na zmniejszenie poziomu hałasu drogowego w każdym poligonie badawczym (pkt. 3.3) wykonano odpowiednią bazę danych, na którą składały się wyniki średnich prędkości w potoku pojazdów na obu pasach ruchu, poziomy natężenia dźwięku oraz zagospodarowanie terenu w otoczeniu każdego odcinka. Następnie założono wykonanie szacowania przedziałowego uzyskanych wyników redukcji poziomu hałasu i redukcji prędkości w celu określenia zależności pomiędzy nimi. Założono także przeanalizowanie możliwego wpływu zagospodarowania otoczenia strefy wjazdowej na otrzymane wyniki hałasu. W następnej kolejności wykonano analizę statystyczną, w której analizowano rezultaty testów statystycznych w celu możliwości oceny, czy poziom hałasu za szykaną zmniejszył się istotnie w stosunku do wartości hałasu otrzymanych przed szykaną. Schemat kolejności analiz w odniesieniu do oceny skuteczności oddziaływania szykan na zmniejszenie poziomu hałasu przedstawiono na ryc. 8.6.

8.2 POLIGON BADAWCZY 1 – ODCINKI Z OGRANICZENIEM PRĘDKOŚCI DO 70 KM/H

Zgodnie z założeniami oraz metodologią badawczą przyjętą w punkcie 3.6, do oceny wpływu zastosowanych szykan na zmniejszenie poziomu hałasu drogowego autor wykonał

w niniejszej rozprawie analizy statystyczne.



Ryc. 8.6. Schemat kolejności analiz w odniesieniu do oceny skuteczności oddziaływania szykan na poziom hałasu drogowego

W pierwszej kolejności wykonał test wariancji dwóch średnich, którego wynik decyduje o tym, czy wyniki z trzech pięciominutowych pomiarów hałasu Leq ; można łączyć, czy należy je rozpatrywać oddzielnie. W przypadku pozytywnego wyniku testu wariancji, przeprowadzony był test istotności dla dwóch średnich, dzięki któremu można było potwierdzić, czy średni poziom hałasu zmierzony „przed” szykaną był istotnie statystycznie większy od poziomu hałasu zmierzonego „za” szykaną. W dalszej kolejności wykonany był test zgodności Kołmogorowa-Smirnowa w odniesieniu do hałasu Leq zmierzonego w ciągu 15 minut dla w odniesieniu do pomiaru wykonanego „przed” i „za” szykaną. Jako ostatni przeprowadzono test niezależności, pozwalający stwierdzić, czy miejsce pomiaru hałasu ma istotne statystyczne znaczenie na wyniki pomiaru hałasu Leq^{przed} i Leq^{za} .

Analizie statystycznej poddano wszystkie odcinki badawcze i wyniki zestawiono w załączniku nr 5.1. Poniżej przedstawiono tabelę zbiorczą otrzymanych rezultatów testów statystycznych dla przykładowego odcinka badawczego Bielkowo 1.

Tab. 8.2

Zestawienie rezultatów pomiaru poziomu hałasu drogowego i wyników testów statystycznych w Bielkowie 1

Charakterystyka danych pomiarowych	Pomiary hałasu przed szykaną Leq^{przed}	Pomiary hałasu za szykaną Leq^{za}	Różnica w poziomie hałasu ΔLeq , dB(A)	Test zgodności Kołmogorowa-Smirnowa			
				λ	$\lambda\alpha^2$ ($\alpha=0,05$)		
Wyniki pomiarów terenowych Leq; oraz Leq, dB(A)							
Pomiar 1, (5 minut)	63,0	62,5	0,5	13,0	1,36		
Pomiar 2, (5 minut)	65,2	64,8	0,4	13,4	1,36		
Pomiar 3, (5 minut)	65,7	60,3	5,4	10,3	1,36		
Pomiar 15 minutowy	64,8	62,9	1,9	22,9	1,36		
Charakterystyka danych pomiarowych	Test wariancji		Test dla dwóch średnich		Charakterystyka danych pomiarowych	Wynik testu niezależności χ^2	
	F	$F\alpha$	t	$t\alpha$ ($\alpha=0,05$)		χ^2	$\chi\alpha^2$ ($\alpha=0,05$)
Pomiar 1, (5 minut)	2,45	19,00	3,04	2,13	Pomiar 1, (5 minut)	56,27	3,84
Pomiar 2, (5 minut)					Pomiar 2, (5 minut)	16,93	3,84
Pomiar 3, (5 minut)					Pomiar 3, (5 minut)	259,90	3,84
Pomiar 15 minutowy					Pomiar 15 minutowy	66,16	3,84

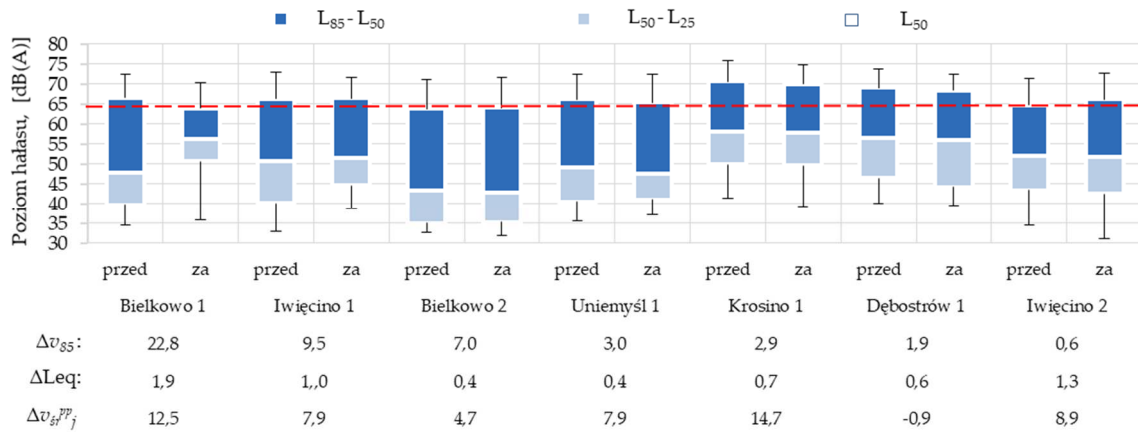
Analiza danych zawartych w tabeli 8.2 pozwala stwierdzić, że poziom hałasu drogowego za szykaną był różny od pomiaru wykonanego przed szykaną, zarówno w poszczególnych pomiarach Leq_i 5-cio minutowych, jak i przy pomiarze 15-sto minutowym Leq . Pozytywny wynik testu wariancji ($F \leq F_\alpha$) oznacza, że miara rozrzutu wyników Leq_i jest jednakowa i w związku z tym można wykonać test dla dwóch średnich. Negatywny wynik testu wariancji (oznaczony kolorem czerwonym) przy pomiarze Leq oznacza, że nie można wykonać testu dla dwóch średnich. Na podstawie wyniku testu dla dwóch średnich Leq_i można stwierdzić, że średni poziom hałasu w pomiarach przed szykaną był istotnie różny od hałasu zmierzonego za szykaną.

Wynik testu zgodności Kołmogorowa – Smirnowa pozwolił stwierdzić, że rozkłady hałasu różniły się istotnie, zatem miejsce ich pomiaru przed i za szykaną istotnie wpływało na poziom hałasu. Analiza wyniku testu niezależności pozwoliła wywnioskować, że zarówno przy pomiarach Lwq_i 5-cio minutowych oraz przy pomiarach 15-sto minutowych Leq miejsce wykonania pomiaru istotnie wpływało na zmianę poziomu hałasu. Podsumowując wyniki testów można stwierdzić, że szykana w tym przypadku odcinka pomiarowego Bielkowo 1 wpływała istotnie na zmniejszenie poziomu hałasu drogowego.

Jak już wcześniej wspomniano wyniki testów statystycznych wykonano na wszystkich odcinkach badawczych z poligonu 1 (załącznik nr 5.1). Wynikało z nich na podstawie testu zgodności Kołmogorowa i Smirnowa oraz testu niezależności, że w większości przypadków potwierdzono istotną różnicę w poziomie hałasu zmierzonego przed i za szykaną. W celu skrócenia liczby analiz przyjęto, że w następnych analizach będą rozpatrywane tylko wyniki z pomiarów 15-minutowych, czyli Leq .

Następnie w odniesieniu do wyników Leq na 7 odcinkach badawczych przeprowadzono oszacowanie przedziałowe, co przedstawiono na ryc. 8.7. Biorąc pod uwagę, że uspokojenie ruchu w strefie wjazdowej ma na uwadze przede wszystkim uzyskanie redukcji prędkości wjazdowej oraz to, że wykluczając czynnik natężenia ruchu, prędkość średnia potoku pojazdów na całej jezdni ma największy wpływ na otrzymane wartości hałasu, to oszacowanie przedziałowe wykonano w kolejności wielkości redukcji prędkości Δv_{85} z podaniem prędkości średniej potoku pojazdów na obu pasach ruchu $v_{sr,ppj}$. Na ryc. 8.7 przedstawiono wyniki hałasu przed i za szykaną. Na ryc. 8.7 czerwoną linią przerywaną oznaczono dopuszczalny poziom hałasu w terenie zabudowy zagrodowej, jaką można odnotować w pobliżu strefy wjazdowej, równy 65 dB(A) wg [125]⁶⁵.

⁶⁵ Dz. U. z 2014 r., poz. 112, tab. 1.



Ryc. 8.7. Odcinki badawcze z poligonu badawczego 1 uporządkowane w kolejności wielkości redukcji prędkości w ruchu swobodnym Δv_{85} podanej w km/h

Analiza danych przedstawionych na ryc. 8.7 pozwala stwierdzić, że zgodnie z założeniami badawczymi przedstawionymi w pkt 8.1, poziom hałasu drogowego zmniejsza się na większości odcinków badawczych w przekrojach pomiarowych zlokalizowanych za szykaną w stosunku do hałasu zmierzonego przed szykaną i zmienia się wraz ze zmianą redukcji prędkości średniej potoku pojazdów Δv_{sr}^{ppj} . Na odcinku badawczym Bielkowo 1 przy otrzymanej znacznej redukcji prędkości na poziomie $\Delta v_{85} = 22,8$ km/h i $\Delta v_{sr}^{ppj} = 12,2$ km/h można dostrzec wyraźnie mniejszą dyspersję hałasu w przedziale $Leq_{25} - Leq_{85}$ za szykaną niż w przekroju zlokalizowanym przed szykaną. W przypadku odcinka Iwięcino 1 można wyciągnąć podobne wnioski, jednak różnice te w związku z uzyskaną dużo mniejszą redukcją prędkości Δv_{sr}^{ppj} , nie są aż tak duże. Na pozostałych odcinkach badawczych redukcja hałasu wahała się w granicach 0,4–1,3 dB(A). W tab. 8.3 przedstawiono współczynniki korelacji pomiędzy rozpatrywanymi różnymi parametrami prędkości i hałasu.

Pomimo braku uzyskania bezpośredniej zależności między otrzymaną redukcją hałasu ΔLeq , a redukcją prędkości Δv_{sr}^{ppj} wyniki testów statystycznych z wyjątkiem odcinka badawczego Bielkowo 2 wykazują, że wyniki otrzymane przed i za szykaną różnią się istotnie (załącznik nr 5.1). Na tej podstawie można stwierdzić, że szykana oddziałuje na hałas drogowy w rejonie szykany i wpływa na jego redukcję ($R = 0,47$), ale łącznie z innymi czynnikami. Prawdopodobnie główną przyczyną otrzymanych wyników jest fakt, że prędkość średnia potoku pojazdów dotyczy całej jezdni, czyli pasów o przeciwnych kierunkach ruchu i różnym zagospodarowaniu najbliższego otoczenia drogi w rejonie szykany.

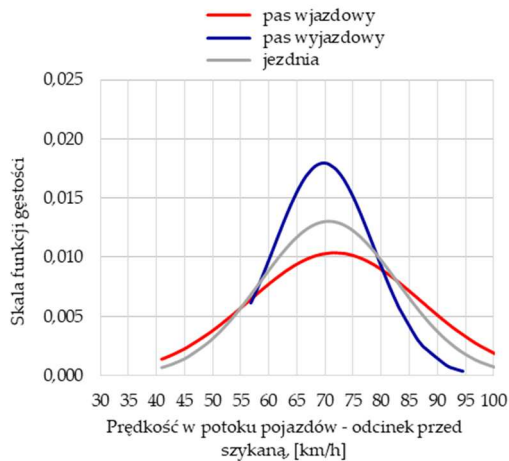
Zestawienie wartości współczynnika korelacji pomiędzy parametrami rozkładu prędkości i parametrami hałasu na odcinkach badawczych (podanych w kolejności Δv_{85} w ruchu swobodnym)

Odcinek badawczy	Zrównoważony poziom hałasu Leq , dB(A)			Prędkości średnie i redukcja prędkości, km/h			Charakterystyka zagospodarowania otoczenia za szykaną
	Leq^{przed}	Leq^{za}	ΔLeq	$v_{sr}^{ppj, przed}$	$v_{sr}^{ppj, za}$	Δv_{sr}^{ppj}	
Bielkowo 1	64,8	62,9	1,9	70,7	58,2	12,5	Zabudowania za szykaną w odległości ok. 50 m, otwarta przestrzeń, teren rolniczy
Iwięcino 1	65,6	64,6	1	68,7	60,8	7,9	Widoczna zabudowa wsi po drugiej stronie drogi, otwarta przestrzeń, teren rolniczy
Bielkowo 2	64	63,6	0,4	66,6	61,9	4,7	Brak widocznej zabudowy, niska zielen oddalona od drogi, teren rolniczy
Uniemyśl	64,6	64,2	0,4	72,8	64,9	7,9	Brak widocznej zabudowy, gęsty las na dojeździe do szykany na długości ok. 2 km
Krosino 1	68,8	68,1	0,7	76,0	61,3	14,7	Brak widocznej zabudowy, drzewa przydrożne, teren rolniczy
Dębostrów	66,3	65,7	0,6	64,5	65,4	-0,9	Brak widocznej zabudowy, las oddalony od drogi o ok. 5–10 m na długości ok. 600 m
Iwięcino 2	65,4	64,1	1,3	70,9	62,0	8,9	Zabudowania za szykaną w odległości ok. 200 m, otwarta przestrzeń, teren rolniczy
Współczynnik korelacji R : ΔLeq i Δv_{sr}^{ppj}						0,47	
Współczynnik korelacji R : Leq^{za} i $v_{sr}^{ppj, za}$						0,27	
Współczynnik korelacji R : Leq^{przed} i $v_{sr}^{ppj, przed}$						0,47	
Współczynnik korelacji R : ΔLeq i $v_{sr}^{ppj, za}$						0,77	

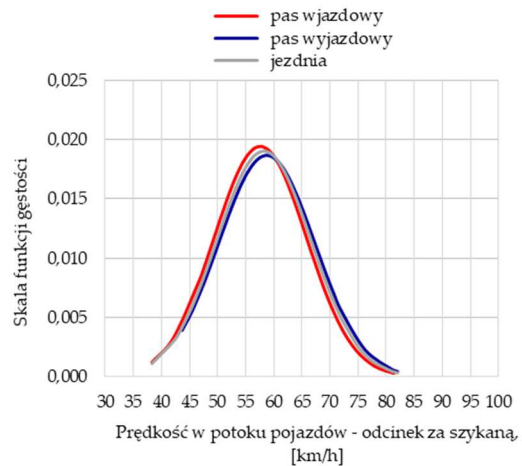
W celu zbadania wpływu różnych prędkości średniej potoku pojazdów na obu pasach ruchu i zagospodarowania otoczenia szykany na redukcję hałasu przeanalizowano dwa skrajne przypadki (ryc. 8.8–8.13), tj. odcinek badawczy na którym uzyskano największą redukcję hałasu ΔLeq i prędkości $\Delta v_{sr}^{ppj} = 12,2$ km/h, (tj. Bielkowo 1, ryc. 8.8–8.10) z odcinkiem, na którym uzyskano drugi wynik redukcji hałasu przy redukcji prędkości równej $\Delta v_{sr}^{ppj} = 8,9$ km/h, (tj. Iwięcino 2, ryc. 8.11–8.13). Analiza zagospodarowania otoczenia na analizowanych dwóch strefach wjazdowych pod względem uzyskanych rezultatów badań pozwala stwierdzić, że oba odcinki badawcze znajdują się w otwartej przestrzeni i brak jest na nich elementów zagospodarowania otoczenia mogących oddziaływać na uzyskane wyniki pomiarów hałasu.



Ryc. 8.8. Strefa wjazdowa – Bielkowo 1 w otwartym terenie rolniczym – $\Delta v_{sr}^{ppj} = 12,2$ km/h, widoczne zabudowania w odległości od szykany ok. 50 m



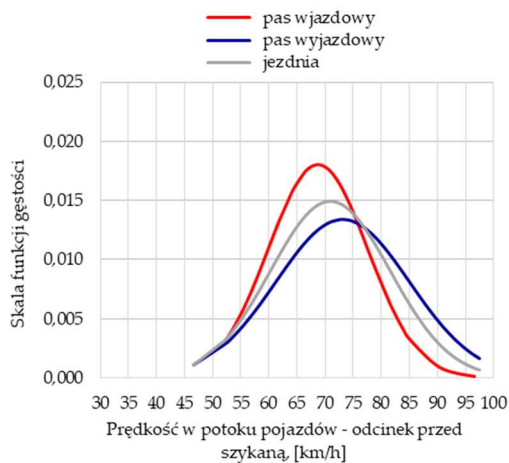
Ryc. 8.9. Rozkład normalny – Bielkowo 1 przed szykaną, $v_{sr}^{ppj} = 70,7$ km/h



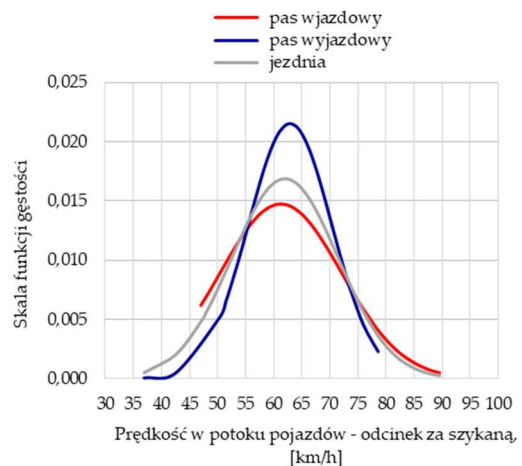
Ryc. 8.10. Rozkład normalny – Bielkowo 1 za szykaną, $v_{sr}^{ppj} = 58,2$ km/h



Ryc. 8.11. Strefa wjazdowa – Iwęcino 2 w terenie rolniczym otwartym – $\Delta v_{sr}^{ppj} = 8,9$ km/h, widoczne zabudowania w odległości 200 m od szykany



Ryc. 8.12. Rozkład normalny – Iwęcino 2 przed szykaną, $v_{sr}^{ppj} = 70,9$ km/h

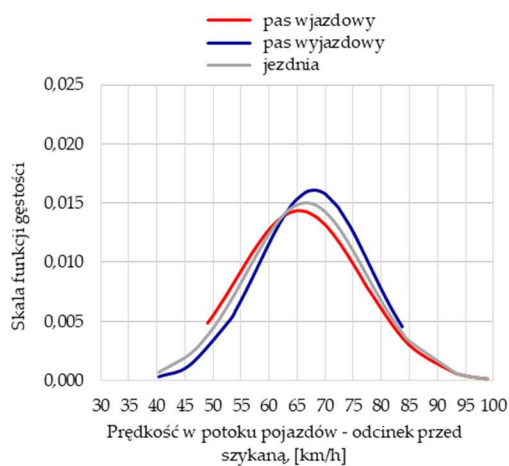


Ryc. 8.13. Rozkład normalny – Iwęcino 2 za szykaną, $v_{sr}^{ppj} = 62,0$ km/h

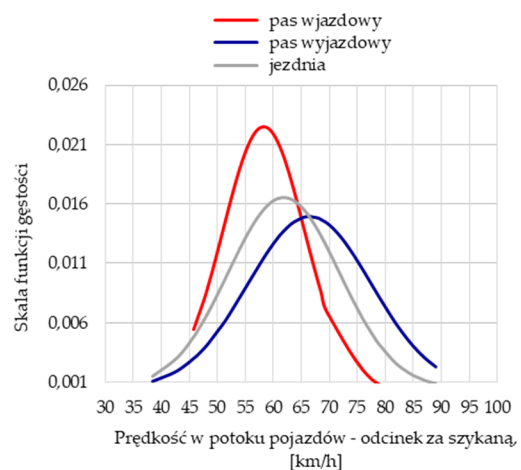
Zasadnicza różnica dotyczy prędkości średnich przed szykaną (ryc. 8.9 i 812). W przypadku odcinka Bielkowa 1 pojazdy na pasie wyjazdowym mają mniejsze rozproszenie, bo następuje tu rozpędzanie, a na pasie wjazdowym kierowcy zaczynają hamować i rozproszenie prędkości jest znacznie mniejsze (ryc. 8.9). Natomiast w przypadku odcinka

Iwięcino 2 przy odległości od zabudowań równej 200 m są odwrotne przypadki rozpędzania się i hamowania (ryc. 8.12). Inaczej jest na odcinku za szykaną. Na odcinku Bielkowo 1 za szykaną znajdującym się blisko zabudowań, na obu pasach ruchu kierowcy mają bardzo ustabilizowane prawie jednakowe prędkości (ryc. 8.10). A na odcinku Iwięcino 2, w odległości od zabudowań 200 m, kierowcy na pasie wjazdowym w mniejszej mierze hamują, gdyż widoczne zabudowania są oddalone od szykany, więc sumaryczna redukcja prędkości $\Delta v_{sr^{ppj}}$ jest znacznie mniejsza.

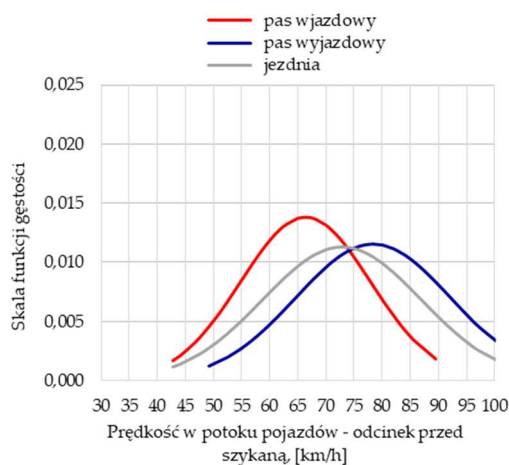
Podobne wnioski sformułowano porównując kolejne odcinki, tj. Bielkowo 2 i Uniemyśl. Rezultaty redukcji hałasu w danym przypadku były jednakowe i równe $\Delta L_{eq} = 0,4 \text{ dB(A)}$, przy dużej różnicy redukcji prędkości (Bielkowo 2 $\Delta v_{sr^{ppj}} = 4,7 \text{ km/h}$; Uniemyśl $\Delta v_{sr^{ppj}} = 7,9 \text{ km/h}$). Natomiast prędkości na pasach wjazdowych i wyjazdowych były diametralnie różne (ryc. 8.14 – 8.17), prawdopodobnie związane to było na odcinku Bielkowo 2 w terenie rolniczym na długości 2 km i na odcinku Uniemyśl w terenie leśnym na długości 2 km.



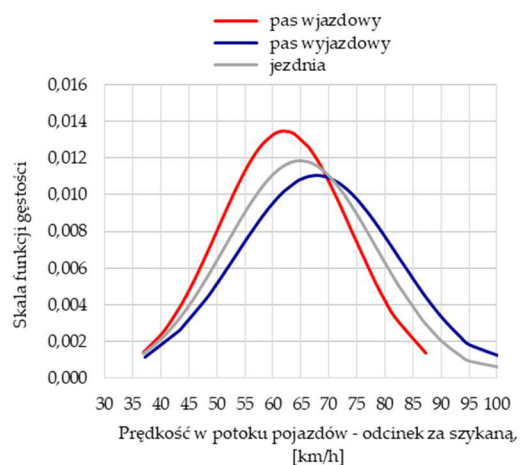
Ryc. 8.14. Rozkład normalny – Bielkowo 2 przed szykaną, $v_{sr^{ppj}} = 66,6 \text{ km/h}$



Ryc. 8.15. Rozkład normalny – Bielkowo 2 za szykaną, $v_{sr^{ppj}} = 61,9 \text{ km/h}$



Ryc. 8.16. Rozkład normalny – Uniemyśl przed szykaną, $v_{sr^{ppj}} = 72,8 \text{ km/h}$



Ryc. 8.17. Rozkład normalny – Uniemyśl za szykaną, $v_{sr^{ppj}} = 64,9 \text{ km/h}$

W przytoczonych wynikach i analizach zauważalne było zróżnicowanie warunków ruchowych zależnych od widoku zabudowań, co wpływało istotnie na percepcję kierowców i w konsekwencji na realizowane prędkości wjazdowe. Na odcinkach badawczych także bardzo zróżnicowane były zagospodarowania otoczenia, co przedstawiono na ryc. 8.18–8.21.



Ryc. 8.18. Dojazd do Krosina w terenie rolniczym wzdłuż szpalery drzew na długości prawie 3 km; $\Delta L_{eq} = 0,7 \text{ dB(A)}$ i $\Delta v_{sr}^{ppj} = 14,7 \text{ km/h}$



Ryc. 8.19. Dojazd do Uniemysła w terenie leśnym; $\Delta L_{eq} = 0,4 \text{ dB(A)}$ i $\Delta v_{sr}^{ppj} = 7,9 \text{ km/h}$



Ryc. 8.20. Dojazd do Bielkowo 2 w terenie otwartym rolniczym na długości 2 km; $\Delta L_{eq} = 0,4 \text{ dB(A)}$ i $\Delta v_{sr}^{ppj} = 4,7 \text{ km/h}$

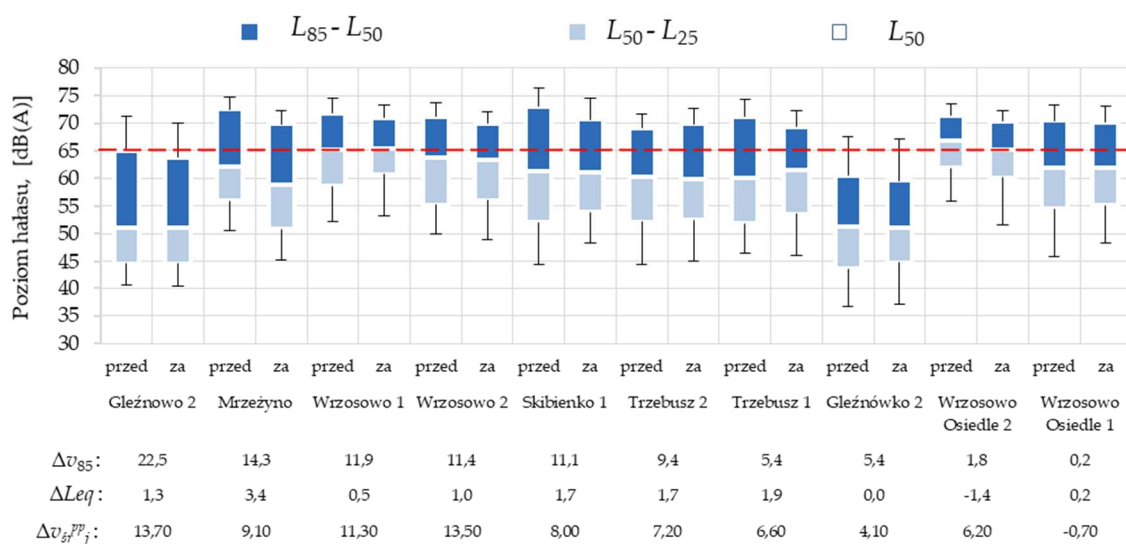


Ryc. 8.21. Dojazd do Dębostrowa w terenie leśnym na długości 1,6 km; $\Delta L_{eq} = 0,6 \text{ dB(A)}$ i $\Delta v_{sr}^{ppj} = -0,9 \text{ km/h}$

Analiza zagospodarowania terenu w otoczeniu szyskany i rozkładów prędkości na analizowanych odcinkach wykazała, że poziom hałasu za szyskaną i jego redukcja zależy od bardzo zróżnicowanych czynników. Jeśli szyskana znajduje się blisko zabudowań we wsi, to oznacza, że na wyjeździe prędkości są mniejsze i ustabilizowane. W przeciwnym przypadku rozbieżności pomiędzy prędkościami na obu pasach są znaczne. Wpływ na prędkości i hałas miał także rodzaj terenu na dojeździe do szyskany. Prawdopodobnie te warunki łącznie miały wpływ na otrzymane wyniki hałasu. Jednak wydaje się, że w pobliżu zabudowy prędkości się bardziej stabilizują i poziom hałasu zależy nie tylko od nich, ale także od zagospodarowania otoczenia drogi. Przy ruchu jednokierunkowym otrzymane wyniki miałyby prawdopodobnie wyraźniejszą zależność hałasu od redukcji prędkości, jednak w warunkach prowadzonych badań, tj. na funkcjonującej drodze dwukierunkowej nie jest to do zweryfikowania.

8.3 POLIGON BADAWCZY 2 – ODCINKI Z OGRANICZENIEM PRĘDKOŚCI DO 50 KM/H

Analogicznie do opisanych w pkt 8.2 analiz, zgodnie z przedstawioną w pkt 3.4 metodologią w pierwszej kolejności autor zestawiał wyniki prędkości i hałasu (załącznik nr 5.2), po czym wykonał oszacowanie przedziałowe, przedstawione na ryc. 8.22, w kolejności od największej redukcji prędkości Δv_{85} do najmniejszej.



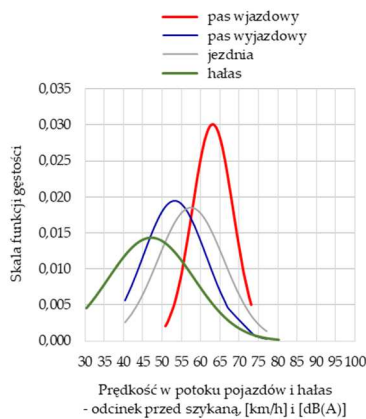
Ryc. 8.22. Odcinki badawcze z poligonu badawczego 2 uporządkowane w kolejności wielkości redukcji prędkości Δv_{85} podanej w km/h

Analiza danych przedstawionych na ryc. 8.22 pozwala stwierdzić, że podobnie jak w poligonie badawczym 1, poziom hałasu drogowego zmniejsza się nieznacznie na większości odcinków badawczych podczas przejazdu wzdłuż szykany i zmienia się wraz ze zmianą redukcji prędkości średniej potoku pojazdów Δv_{sr}^{ppj} . Jednak nie są to zmiany proporcjonalne. Zauważyć można również, że w przypadku odcinków badawczych Gleźnowo 2, Wrzosowo Osiedle 2 oraz Trzebusz 1, przy bardzo zbliżonych rezultatach redukcji prędkości średniej potoku pojazdów na obu pasach ruchu (ok. 4–6 km/h) uzyskano zróżnicowane wartości redukcji hałasu ΔLeq . Porównanie wyników prędkości, hałasu i natężenia oraz zagospodarowania otoczenie drogi przedstawiono na ryc. 8.23.

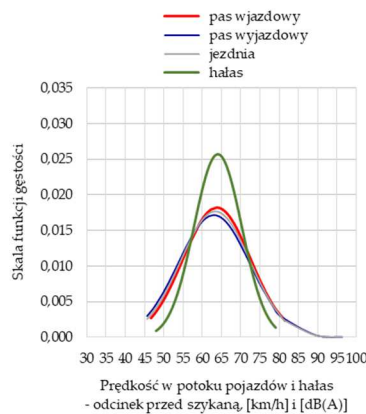
Analiza przebiegu rozkładów normalnych prędkości v^{ppj} przed i za szykaną przedstawionych na ryc. 8.23 wskazuje, że oprócz odcinka dojazdu do Gleźnowka 2 na pasie wjazdowym wskazuje, że różnice pomiędzy prędkościami na obu pasach ruchu są nieznaczne. Natomiast przebieg rozkładów hałasu prawdopodobnie zależy nie tylko od prędkości średnich potoku pojazdów, ale również zagospodarowania otoczenie strefy wjazdowej (ryc. 8.23 g, h, i).

Rozdział 8. Ocena skuteczności oddziaływania szykan na zmniejszenie poziomu hałasu drogowego

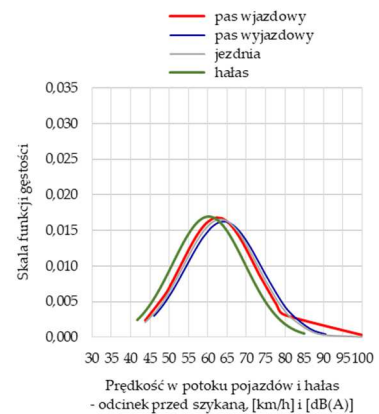
a) Gleźnówko 2 – przed szykaną
 $v_{sr}^{ppj} = 57,5$ km/h; $Leq = 62,1$ dB(A)



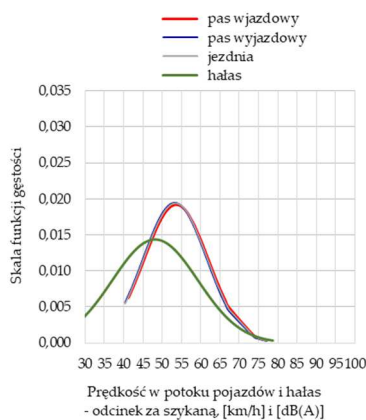
b) Wrzosowo Osiedle 2 – przed szykaną
 $v_{sr}^{ppj} = 63,4$ km/h; $Leq = 67,3$ dB(A)



c) Trzebusz 1 – przed szykaną
 $v_{sr}^{ppj} = 63,3$ km/h; $Leq = 67,9$ dB(A)



d) Gleźnówko 2 – za szykaną
 $v_{sr}^{ppj} = 53,4$ km/h; $Leq = 62,1$ dB(A)

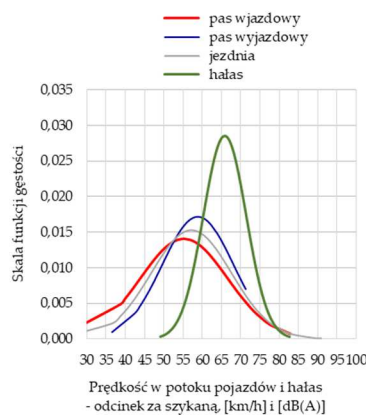


$\Delta v_{sr}^{ppj} = 4,1$ km/h; $\Delta Leq = 0,0$ dB(A)
 $N = 75$ P/h

g) Zabudowania za szykaną w odległości ok. 50 m, po przeciwnej stronie pasa wjazdowego, teren otwarty rolniczy



e) Wrzosowo Osiedle 2 – za szykaną
 $v_{sr}^{ppj} = 57,2$ km/h; $Leq = 68,7$ dB(A)

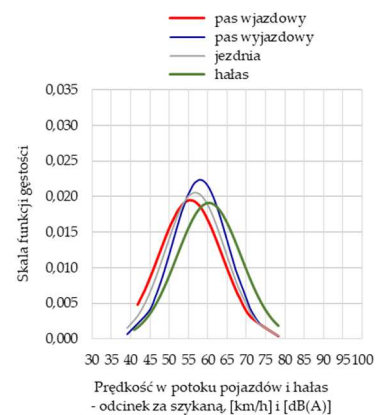


$\Delta v_{sr}^{ppj} = 6,2$ km/h; $\Delta Leq = -1,4$ dB(A)
 $N = 107$ P/h

h) Przed szykaną szpaler drzew i skarpa wykopu, a za szykaną otwarta przestrzeń, widoczne pojedyncze zabudowania



f) Trzebusz 1 – za szykaną
 $v_{sr}^{ppj} = 56,7$ km/h; $Leq = 66,0$ dB(A)



$\Delta v_{sr}^{ppj} = 6,6$ km/h; $\Delta Leq = 1,9$ dB(A)
 $N = 52$ P/h

i) Zabudowania za szykaną w odległości ok. 100 m oddalone od drogi, wzdłuż drogi zróżnicowana roślinność



Ryc. 8.23. Rozkłady normalne prędkości i hałasu na wybranych odcinkach badawczych z poligonu badawczego 2

Na odcinku Gleźnówko 2 za szykaną znajdowały się widoczne zabudowania, a na wysokości szykany była otwarta przestrzeń, teren rolniczy, co w połączeniu ze zbliżonymi wartościami prędkości średnich w obu kierunkach ruchu przełożyło się na brak redukcji poziomu hałasu. We Wrzosowie Osiedle 2 szykana znajdowała się wśród zabudowy gospodarczej oraz parku rozrywki. Wzdłuż jezdni przed szykaną była otwarta przestrzeń, a za szykaną znajdowała się ściana długiego budynku gospodarczego i stopy belowanego siana, które stanowiły pewnego rodzaju odbijający ekran akustyczny. Prawdopodobnie

zagospodarowanie najbliższego otoczenia strefy wjazdowej przyczyniło się w tym przypadku do wzrostu hałasu, gdyż hałas nie był pochłaniany przez roślinność, lecz odbijał się od znajdujących się wzdłuż drogi przeszkód. Natomiast odcinek Trzebusz 1 charakteryzował się zróżnicowaną warstwowo roślinnością po obu stronach drogi, która prawdopodobnie przyczyniła się do uzyskanej redukcji poziomu hałasu. W powyższych przypadkach, prawdopodobnie to zagospodarowanie miało wpływ na otrzymane wyniki redukcji hałasu.

Analiza powyższych przypadków wskazuje, że zróżnicowane warunki ruchowe oraz zagospodarowania terenu mają łączny wpływ na otrzymane rezultaty redukcji hałasu, biorąc szczególnie pod uwagę, że różnorodny ruch w obu kierunkach, tj. na pasie wjazdowym występuje najczęściej redukcja prędkości, a na przeciwnym pasie przyrost prędkości.

Następnie wszystkie odcinki badawcze z poligonu badawczego 2 poddano analizie statystycznej, której wyniki zestawiono w załączniku nr 5.2. W tabeli 8.4 przedstawiono zestawienie otrzymanych wyników pomiarowych oraz otrzymane wartości współczynników korelacji pomiędzy nimi.

Tab. 8.4

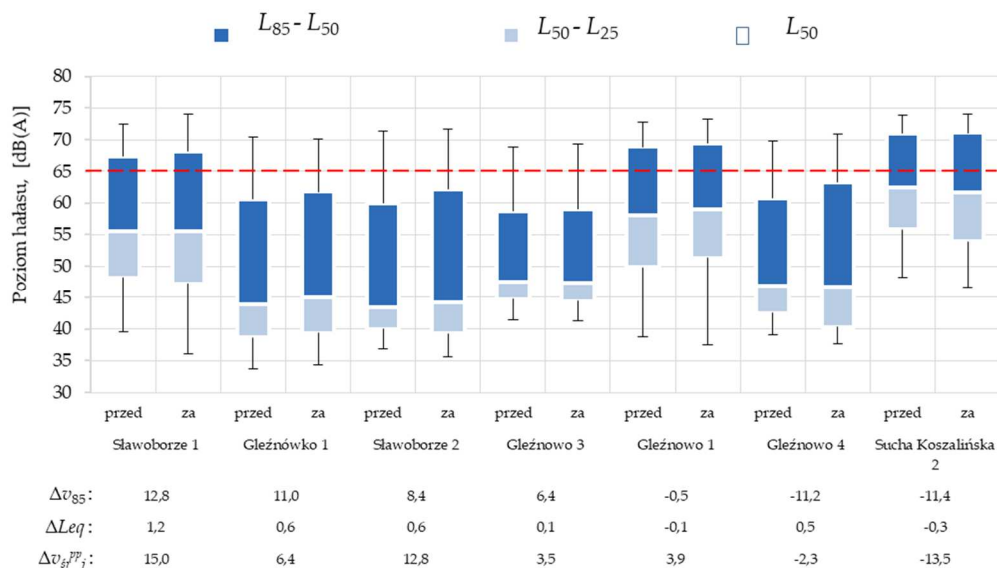
Zestawienie wartości współczynnika korelacji pomiędzy parametrami rozkładu prędkości i parametrami hałasu na odcinkach badawczych (podanych w kolejności Δv_{85})

Odcinek badawczy	Zrównoważony poziom hałasu Leq , dB(A)			Prędkości średnie i redukcja prędkości, km/h			Charakterystyka zagospodarowania otoczenia szycany
	Leq^{przed}	Leq^{za}	ΔLeq	$v_{sr}^{ppj, przed}$	$v_{sr}^{ppj, za}$	Δv_{sr}^{ppj}	
Gleźnowo 2	64,0	62,7	1,3	66,1	52,4	13,7	Z jednej strony gęsta roślinność, z drugiej strony pojedynczy budynek i otwarta przestrzeń
Mrzeżyno	69,8	66,4	3,4	62,6	53,5	9,1	Otwarta przestrzeń, teren rolniczy, zagajniki krzewów po obu stronach drogi
Wrzosowo 1	68,8	68,3	0,5	68,5	57,2	11,3	Widoczne pojedyncze zabudowania, gęsta niska roślinność wzdłuż drogi po obu stronach
Wrzosowo 2	67,8	66,8	1,0	66,5	53,0	13,5	Widoczne budynki, szpaler pojedynczych drzew, za którymi jest otwarta przestrzeń – teren rolniczy
Skibienko 1	69,7	68,0	1,7	71,2	63,2	8,0	Otwarta przestrzeń – teren rolniczy, pojedyncze zagajniki krzewów
Trzebusz 2	68,5	66,8	1,7	50,7	43,5	7,2	Widoczna zabudowa i infrastruktura, kręty odcinek za szycaną, gęsta roślinność
Trzebusz 1	67,9	66,0	1,9	63,3	56,7	6,6	Zabudowania za szycaną w odległości ok. 100 m oddalone od drogi, wzdłuż drogi zróżnicowana roślinność
Gleźnowko 2	62,1	62,1	0,0	57,5	53,4	4,1	Zabudowania za szycaną w odległości ok. 50 m, po przeciwnej stronie pasa wjazdowego, teren otwarty rolniczy
Wrzosowo Osiedle 2	67,3	68,7	-1,4	63,4	57,2	6,2	Szycana wśród zabudowań (po obu stronach), jednostronny chodnik
Wrzosowo Osiedle 1	67,4	67,2	0,2	65,8	66,5	-0,7	Pojedyncze zabudowania, szpaler pojedynczych drzew za nimi otwarta przestrzeń teren rolniczy, łuk za szycaną
Współczynnik korelacji R: ΔLeq i Δv_{sr}^{ppj}						0,31	
Współczynnik korelacji R: Leq^{za} i $v_{sr}^{ppj, za}$						0,34	
Współczynnik korelacji R: Leq^{przed} i $v_{sr}^{ppj, przed}$						0,25	
Współczynnik korelacji R: ΔLeq i $v_{sr}^{ppj, za}$						-0,26	

Otrzymane wartości współczynników korelacji potwierdzają niewielką zależność hałasu od prędkości, co wynika z różnorodności zagospodarowania odcinków badawczych oraz zróżnicowanych warunków ruchu odbywającego się na szykanie. Rezultaty testów statystycznych w większości przypadków potwierdzają wpływ zastosowanej szykany na redukcję poziomu hałasu drogowego, co może świadczyć o pozytywnym oddziaływaniu szykan na poziom hałasu drogowego.

8.4 POLIGON BADAWCZY 3 – SZYKANY W OSI JEZDNI

Ostatni poligon badawczy dotyczył 7 odcinków badawczych, na których szykany zlokalizowane były w osi jezdni, a prędkość dopuszczalna wynosiła 50 km/h. Podobnie, jak w punkcie 8.3, w pierwszej kolejności w pkt 8.4 autor zestawiał otrzymane wyniki prędkości i hałasu (załącznik 5.3), po czym wykonał dla nich oszacowanie przedziałowe, które przedstawiono na ryc. 8.24. Oszacowanie przedziałowe analogicznie jak w pkt 8.2 i 8.3 wykonano w kolejności od największej redukcji prędkości Δv_{85} . Analogicznie na wykresie naniesiono dopuszczalny poziom hałasu wynoszący 65 dB(A). Analizowane odcinki charakteryzują się dużymi dyspersjami wyników hałasu. W odróżnieniu od poprzednich poligonów badawczych znajdują się tutaj odcinki badawcze, na których zamiast redukcji prędkości uzyskano znaczny jej przyrost, co opisano w rozdziale 7.



Ryc. 8.24. Odcinki badawcze uporządkowane w kolejności wielkości redukcji prędkości Δv_{85} , od największej do najmniejszej, [km/h]

Analiza danych przedstawionych na ryc. 8.24 pozwala stwierdzić, że podobnie jak w poligonie 1 i 2, poziom hałasu drogowego zmniejsza się na większości odcinków badawczych w przekrojach pomiarowych zlokalizowanych za szykaną w stosunku do hałasu zmierzonego przed szykaną i zmienia się wraz ze zmianą redukcji prędkości średniej potoku pojazdów Δv_{sr}^{ppj} , przy czym uzyskane rezultaty redukcji hałasu są bardzo małe. Na wszystkich odcinkach badawczych z wyjątkiem odcinka Gleźnowo 3 i Gleźnowo 1 można stwierdzić zwiększenie rozrzutu wartości hałasu w przedziale $L_{25}-L_{85}$ w punktach zlokalizowanych za szykanami w stosunku do punktów zlokalizowanych przed szykaną. Odcinek Gleźnowo 1 zlokalizowany był w strefie wjazdowej. Przed i za szykaną odnotowano gęstą roślinność po stronie pasa wjazdowego oraz pojedyncze drzewa po stronie pasa wjazdowego. Na tym odcinku otrzymano redukcję prędkości średniej $\Delta v_{sr}^{ppj} = 3,9$ km/h oraz przyrost poziomu hałasu $\Delta Leq = -0,1$ dB(A). Natomiast odcinek badawczy Gleźnowo 3 charakteryzował się otwartą przestrzenią z obu stron jezdni, redukcja prędkości była bardzo zbliżona i wynosiła $\Delta v_{sr}^{ppj} = 3,5$ km/h, natomiast redukcję hałasu odnotowano równą $\Delta Leq = 0,1$ dB(A). Na ryc. 8.25 przedstawiono rozkłady normalne prędkości i hałasu na dwóch ww. odcinkach badawczych.

Analiza rozkładów normalnych prędkości i hałasu na odcinku Gleźnowo 1 przed i za szykaną wskazuje, że mimo tego, że rozkłady prędkości na jezdni przed i za szykaną są do siebie zbliżone, to wartości hałasu są bardziej skumulowane przed szykaną wokół wartości ok. $L = 50$ dB(A). Powodem może być prawdopodobnie to, że przed szykaną po stronie pasa wjazdowego znajdowała się roślinność, która mogła powodować interferencję fal i tym samym zwiększyć poziom hałasu w obszarze jezdni. Za szykaną natomiast znajdowała się już przerwa w roślinności, tj. otwarta przestrzeń. Fale nie natrafiając na żadną przeszkodę rozchodziły się swobodnie w najbliższym otoczeniu szykany.

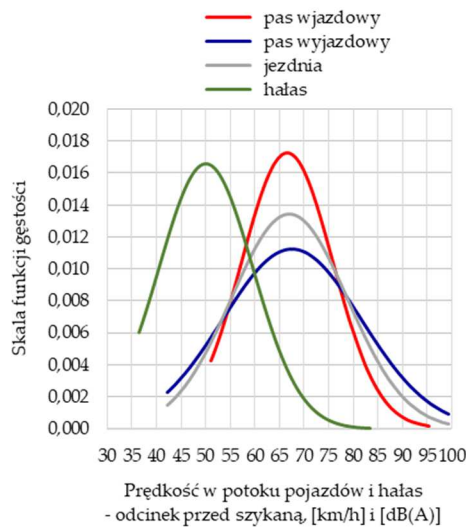
W przypadku odcinka badawczego Gleźnowo 3 na całej długości strefy wjazdowej i szykany po obu jej stronach zagospodarowanie terenu było jednakowe i stanowiło otwartą przestrzeń. Fale dźwiękowe rozprzestrzeniały się tym samym jednakowo bez żadnych zaburzeń. Uzyskano zatem redukcję hałasu adekwatną do uzyskanej redukcji prędkości średniej.

Rozkłady normalne prędkości oraz hałasu, jak i analizę statystyczną wszystkich odcinków badawczych w poligonie badawczym 3 wykonano analogicznie jak w poprzednich poligonach oraz zestawiono w załączniku 5.3. W tabeli 8.5 przedstawiono zestawienie

otrzymanych wyników hałasu i prędkości oraz otrzymane wartości współczynników korelacji pomiędzy rozpatrywanymi parametrami prędkości i hałasu.

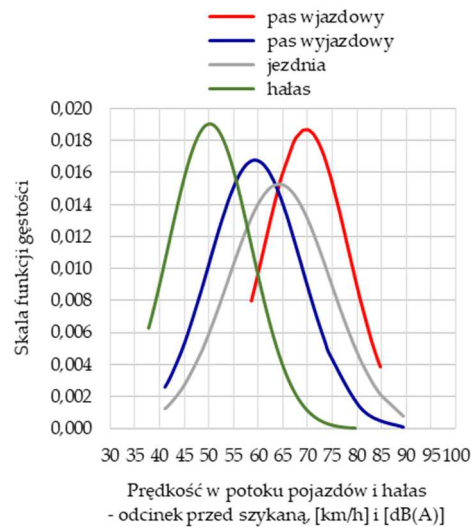
a) Gleźnowo 1 – przed szykaną

$v_{sr^{PPj}} = 67,0$ km/h; $Leq = 63,3$ dB(A)



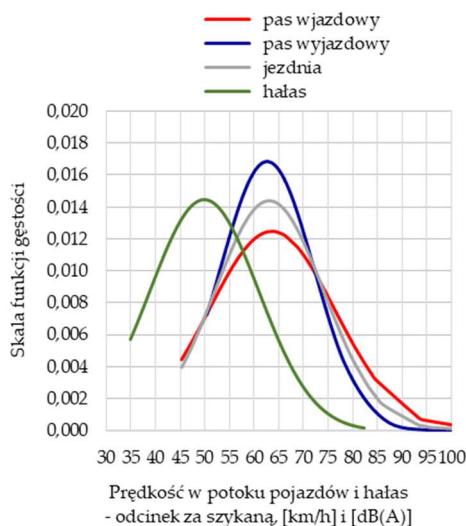
b) Gleźnowo 3 – przed szykaną

$v_{sr^{PPj}} = 64,2$ km/h; $Leq = 61,8$ dB(A)



c) Gleźnowo 1 – za szykaną

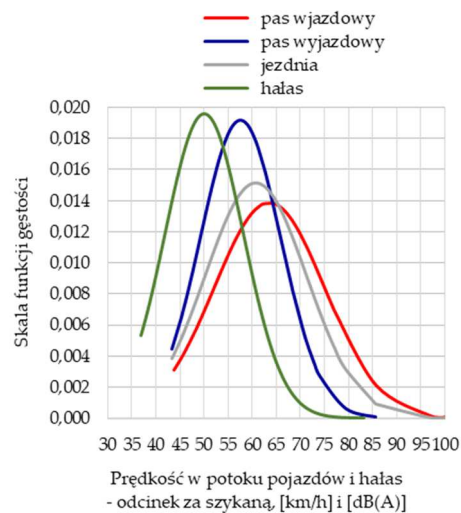
$v_{sr^{PPj}} = 63,1$ km/h; $Leq = 63,4$ dB(A)



$\Delta v_{sr^{PPj}} = 3,9$ km/h; $\Delta Leq = -0,1$ dB(A)
N = 75 P/h

d) Gleźnowo 3 – za szykaną

$v_{sr^{PPj}} = 60,7$ km/h; $Leq = 67,7$ dB(A)



$\Delta v_{sr^{PPj}} = 3,5$ km/h; $\Delta Leq = 0,1$ dB(A)
N = 75 P/h

e) Z jednej strony przed szykaną gęsta roślinność oraz otwarta przestrzeń za szykaną z drugiej strony pojedyncze drzewa



f) Otwarta przestrzeń z obu stron jezdni (teren rolniczy)



Ryc. 8.25. Rozkłady normalne prędkości i hałasu na wybranych odcinkach badawczych z poligonu badawczego 3

Zestawienie wartości współczynnika korelacji pomiędzy parametrami rozkładu prędkości i parametrami hałasu na odcinkach badawczych (podanych w kolejności Δv_{85})

Odcinek badawczy	Zrównoważony poziom hałasu Leq , dB(A)			Prędkości średnie i redukcja prędkości, km/h			Charakterystyka zagospodarowania otoczenia szykany
	Leq^{przed}	Leq^{za}	ΔLeq	$v_{sr}^{ppj, przed}$	$v_{sr}^{ppj, za}$	Δv_{sr}^{ppj}	
Sławoborze 1	66,6	65,4	1,2	72,1	57,1	15,0	Po stronie wjazdowej szpaler gęstych drzew, po stronie wyjazdowej gęsty las
Gleźnówko 1	60,9	60,3	0,6	60,4	54,0	6,4	Otwarta przestrzeń z obu stron jezdni
Sławoborze 2	66,5	65,9	0,6	74,0	61,2	12,8	Gęsty las z obu stron jezdni
Gleźnowo 3	61,8	61,7	0,1	64,2	60,7	3,5	Otwarta przestrzeń z obu stron jezdni
Gleźnowo 1	63,3	63,4	-0,1	67,0	63,1	3,9	Po stronie wjazdowej pojedyncze drzewa, po stronie wyjazdowej przed szykaną gęsty zagajnik, a za szykaną otwarta przestrzeń
Gleźnowo 4	63,3	62,8	0,5	67,2	69,5	-2,3	Otwarta przestrzeń z obu stron jezdni
Sucha Koszalińska	64,9	65,2	-0,3	56,6	70,1	-13,5	Po stronie wjazdowej otwarta przestrzeń, po stronie wyjazdowej gęsty las
Współczynnik korelacji R: ΔLeq i Δv_{sr}^{ppj}						0,78	
Współczynnik korelacji R: Leq^{za} i $v_{sr}^{ppj, za}$						0,34	
Współczynnik korelacji R: Leq^{przed} i $v_{sr}^{ppj, przed}$						0,58	
Współczynnik korelacji R: ΔLeq i $v_{sr}^{ppj, za}$						-0,59	

W analizowanym poligonie uzyskano najwyższą wartość współczynnika korelacji redukcji hałasu od redukcji prędkości średniej mierzonej dla potoku pojazdów. Przeprowadzone testy statystyczne w większości przypadków potwierdzają istotną różnicę poziomu hałasu zmierzonego przed i za szykaną. Biorąc pod uwagę również uzyskane wartości redukcji hałasu można, zatem stwierdzić, że skuteczność oddziaływania szykany na zmniejszenie poziomu hałasu drogowego została potwierdzona, jednak analizując uzyskane wartości redukcji hałasu, skuteczność ta jest niewielka.

8.5 PODSUMOWANIE

Pomiary hałasu drogowego są bardzo złożonym zagadnieniem, na który wpływ ma łącznie wiele aspektów. Zarówno warunki ruchu, jak i zagospodarowanie terenu w obrębie szykany oddziałują na uzyskane rezultaty hałasu i determinują skuteczność jej zastosowania. Choć otrzymane wartości współczynników korelacji w poszczególnych poligonach badawczych potwierdzają zależność hałasu w jakiejś mierze od prędkości potoku pojazdów na jezdni, to wykazują jednocześnie, że problem ten w strefie wjazdowej należy rozpatrywać w szerszym aspekcie. Uzyskanie konkretnych zależności podczas analiz wybranych odcinków badawczych było trudne do uzyskania z uwagi na zróżnicowane warunki ruchu obu kierunkach, podczas gdy na pasie wjazdowym uzyskiwano redukcję prędkości, to na pasie wyjazdowym następował jej wzrost. Kolejnym czynnikiem zakłócającym uzyskanie zależności było bardzo

zróżnicowane zagospodarowanie terenu wzdłuż strefy wjazdowej. Jak wykazano to na przykładach z poszczególnych poligonów badawczych, przy zbliżonych wartościach redukcji średniej prędkości potoku pojazdów na jezdni uzyskiwano skrajnie różne rezultaty redukcji hałasu, tj. prawie najwyższą redukcję hałasu, zerową redukcję hałasu oraz najwyższy jego przyrost.

Na podstawie przeprowadzonych badań oraz analiz statystycznych na wszystkich odcinkach badawczych można przyjąć, że skuteczność szykan na zmniejszenie poziomu hałasu drogowego jest niewielka i zależna zarówno od uzyskanej redukcji średniej prędkości potoku pojazdów na jezdni, jak i zagospodarowania otoczenia szykany w strefie wjazdowej.

Rozdział 9

WALIDACJA ZIDENTYFIKOWANYCH DETERMINANT ODDZIAŁYWANIA SZYKAN NA WARUNKI RUCHOWE W ANALIZOWANYCH POLIGONACH BADAWCZYCH

9.1 WALIDACJA ZIDENTYFIKOWANYCH DETERMINANT ODDZIAŁYWANIA SZYKAN NA WARUNKI RUCHOWE W POLIGONIE BADAWCZYM 1

9.1.1 Opis odcinków badawczych wybranych do walidacji w poligonie badawczym 1

W prowadzonych badaniach przeanalizowano prawie 100 stref wjazdowych do wsi, ale do bezpośrednich analiz wybrano z nich tylko kilkadziesiąt. Wybór odcinków polegał na eliminacji odcinków, które nie zapewniały jednorodności w analizach szczegółowych, co wymagane jest w teoriach eksperymentu [62, 91, 138]. Do walidacji odnotowanych redukcji prędkości w strefie wjazdowej, wybrano dwie strefy wjazdowe na drodze wojewódzkiej znajdujące się pomiędzy dwoma wsiami (ryc. 9.1 i 9.2), do których prowadzą drogi boczne. Lokalizację odcinków przedstawiono na ryc. 9.3. Są to nietypowe strefy wjazdowe, gdyż dojazd do obu wsi rzeczywiście znajduje się na drodze wojewódzkiej, a wsie zlokalizowane są wzdłuż prostopadłych do drogi dróg bocznych. Jednak spełniają one warunki jednorodności, gdyż wybudowane są na wyremontowanej drodze, z dobrym stanem nawierzchni i nie mają żadnych innych elementów rozpraszających uwagę kierowcy.



Ryc. 9.1. Widok odcinka badawczego Brodniki 1, kolejnej szykany i widocznej wyspy dzielącej na pobliskim skrzyżowaniu



Ryc. 9.2. Widok odcinka badawczego Brodniki 2 i kolejnej szykany i długiego fragmentu drogi prostej w planie (ok. 1 km)



Ryc. 9.3. Lokalizacja odcinka badawczego Brodniki 1 i Brodniki 2 na tle zdjęcia satelitarnego [118]
Oznaczenia: symbolicznie oznaczono znaki pionowe E-17 i D-42, strzałkami wskazano lokalizacje obu szykan.

Obie szykany powodują odgięcie toru jazdy równe 2 m, czyli takie samo, jak na pozostałych odcinkach z poligonu badawczego 1. Oba odcinki różnią się od siebie odległością osi szykany od skrzyżowania z drogą boczną i widokiem dalszej perspektywy drogi oraz jej otoczenia. Odcinki badawcze znajdują się na odcinku prostym w planie i za szykaną na pasie przeciwnego kierunku również mają zapewnioną dobrą widoczność dalszej części drogi. Na odcinku Brodniki 1 kierowca dojeżdżając do szykany widzi „złudzenie” zwężenia jezdni spowodowane szykaną na pasie przeciwnego kierunku i wyspę podłużną na skrzyżowaniu skanalizowanym z drogą boczną do wsi Lubin w odległości ok. 500 m (ryc. 9.1 i 9.3). Długość linii P-4 pomiędzy końcami skosów linii P-21 i P-7b jest równa ok. 250 m. A na odcinku Brodniki 2 kierowca dojeżdżając do szykany widzi przed sobą odcinek drogi prosty w planie długości ok. 1 km oraz linię przerywaną w osi jezdni, a nie widzi skrzyżowania z drogą boczną prowadzącą do wsi Brodniki (ryc. 9.2 i 9.3), gdyż jest ono poza zasięgiem jego wzroku.

9.1.2 Analiza wyników testów statystycznych na odcinkach wybranych do walidacji w poligonie badawczym 1

Na obu odcinkach badawczych wybranych do walidacji wykonano analogiczne pomiary, co na pozostałych odcinkach zaliczonych do poligonu badawczego 1. Rezultaty testów statystycznych wykonanych w odniesieniu do wyników prędkości przedstawiono w załączniku 6. W przypadku odcinka Brodniki 1 otrzymano wszystkie wyniki testów potwierdzające skuteczność oddziaływania szykany i istotną redukcję prędkości odpowiednio równą: $\Delta v_{85} = 14,4$ km/h, $\Delta v_{sr} = 12,7$ km/h i $\Delta v_{sr}^{pp} = 12,4$ km/h. Natomiast na odcinku Brodniki 2 rezultaty prawie wszystkich testów wskazały, że otrzymana redukcja prędkości jest statystycznie nieistotna i prędkości zmierzone przed i za szykaną należą do tej samej populacji

($\Delta v_{85} = 1,5$ km/h, $\Delta v_{5r} = -0,3$ km/h i $\Delta v_{5r}^{pp} = 0,2$ km/h). Rezultaty testów potwierdzają, że na obu odcinkach, znajdujących na tym samym fragmencie drogi, widocznie zaistniały jakieś inne czynniki charakteryzujące otoczenie drogi, które w efekcie końcowym łącznie wpłynęły na otrzymany efekt końcowy w postaci bardzo zróżnicowanych różnic prędkości.

9.1.3 Analiza wyników oceny zagregowanego parametru z na odcinkach wybranych do walidacji w poligonie badawczym 1

Uwzględniając nietypowe lokalizacje obu analizowanych dodatkowych odcinków odnotowano brak tautologii logicznych, w odniesieniu do czynników, związanych z bliskością zabudowy wsi za szykaną. Biorąc pod uwagę lokalizację szykan (ryc. 9.3), w kryterium związanym z organizacją ruchu otrzymano tylko jedną tautologię logiczną związaną jedynie z potwierdzeniem lokalizacji znaku B-33 (70 km/h) przed szykaną. W kryterium warunków drogowych potwierdzono odgięcie toru jazdy równe 2 m, a na jednym odcinku zjazd za szykaną i na tym samym odcinku potwierdzono ograniczenie widoczności powierzchni drogi, związanej ze „złudzeniem optycznym” zwężenia jezdni, jaki widzi kierowca (ryc. 9.4 i 9.5). Reszta potwierdzonych tautologii związana była z otoczeniem drogi i widokiem skrzyżowania. Łącznie na odcinku Brodniki 1 otrzymano osiem tautologii logicznych.



Ryc. 9.4. Widok sylwetki wsi Lipnik na odcinku Brodniki 1 i złudzenie optyczne zwężenia jezdni [118]



Ryc. 9.5. Widok wyspy podłużnej na skanalizowanym skrzyżowaniu przy zjeździe do wsi Lipnik i widok oznakowania poziomego P-4 długości ok. 250 m pomiędzy szykaną i wyspą dzielącą (odcinek Brodniki 1)

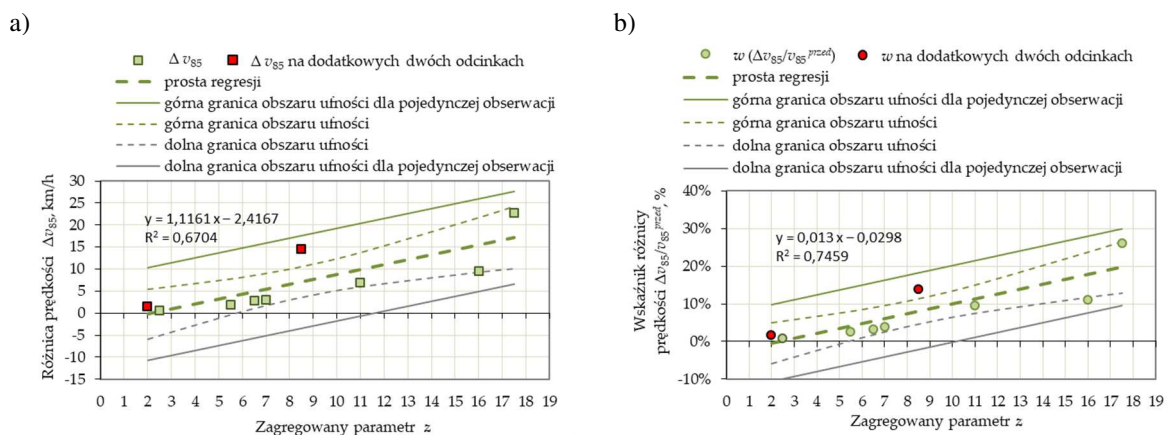
Na odcinku Brodniki 2, na którym potwierdzono tylko dwa czynniki, tj. lokalizację znaku B-33 przed szykaną i odgięcie toru jazdy równe 2 m. Przy dojeździe do szykany i przejeździe przez nią kierowca nie widzi zabudowy wsi Brodniki, ani żadnych innych czynników mogących informować kierowcę o konieczności redukcji prędkości (ryc. 9.2 i 9.6).



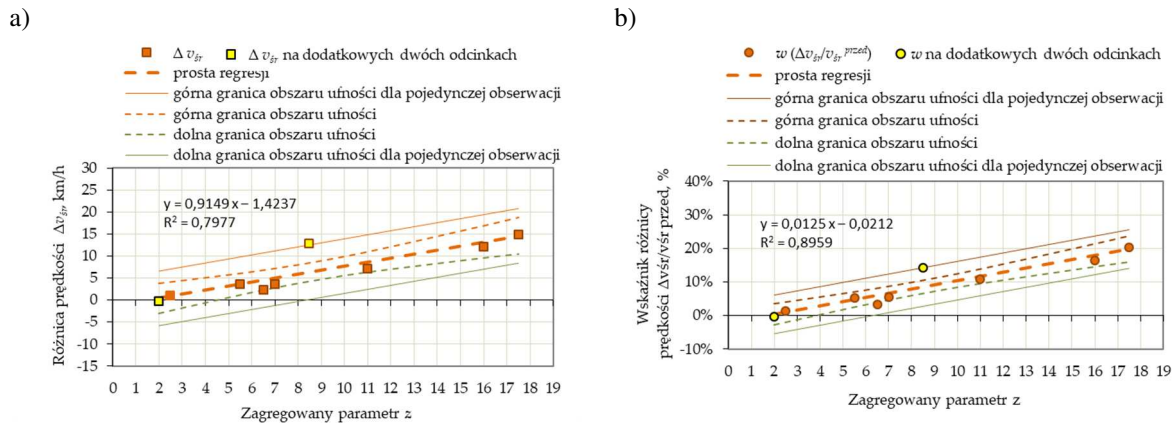
Ryc. 9.6. Brak widoku sylwetki wsi, zabudowań i jakichkolwiek elementów informujących kierowców o konieczności redukcji prędkości (odcinek Brodniki 2)

9.1.4 Analiza regresji wpływu zagregowanego parametru i parametrów rozkładu prędkości w poligonie badawczym 1 z uwzględnieniem odcinków wybranych do walidacji

Uwzględniając otrzymane pozytywne rezultaty współczynników korelacji, przedstawione w rozdziale 5, w odniesieniu do poszukiwanej zależności redukcji prędkości Δv lub wskaźnika redukcji prędkości w od zagregowanego parametru z przeprowadzono analogiczne analizy regresji z uwzględnieniem odcinków wybranych do walidacji. Otrzymane wyniki analizy regresji przedstawiono na ryc. 9.7 w odniesieniu do v_{85} w ruchu swobodnym i na ryc. 9.8 w odniesieniu do v_{sr} , zaznaczając na wykresach dodatkowo dodane odcinki.



Ryc. 9.7. Funkcja regresji liniowej określającej zależność od zagregowanego parametru z : a) redukcji prędkości Δv_{85} ($R = 0,82$), b) wskaźnika redukcji prędkości w (v_{85}) ($R = 0,86$)

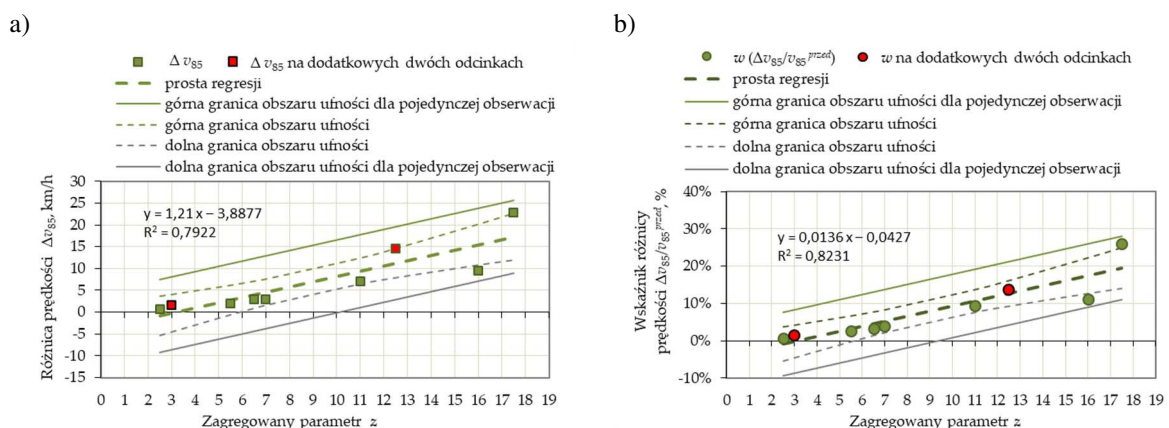


Ryc. 9.8. Funkcja regresyjnej określającej zależność od zagregowanego parametru z: a) redukcji prędkości Δv_{sr} ($R = 0,89$), b) wskaźnika redukcji prędkości w (v_{sr}) ($R = 0,95$)

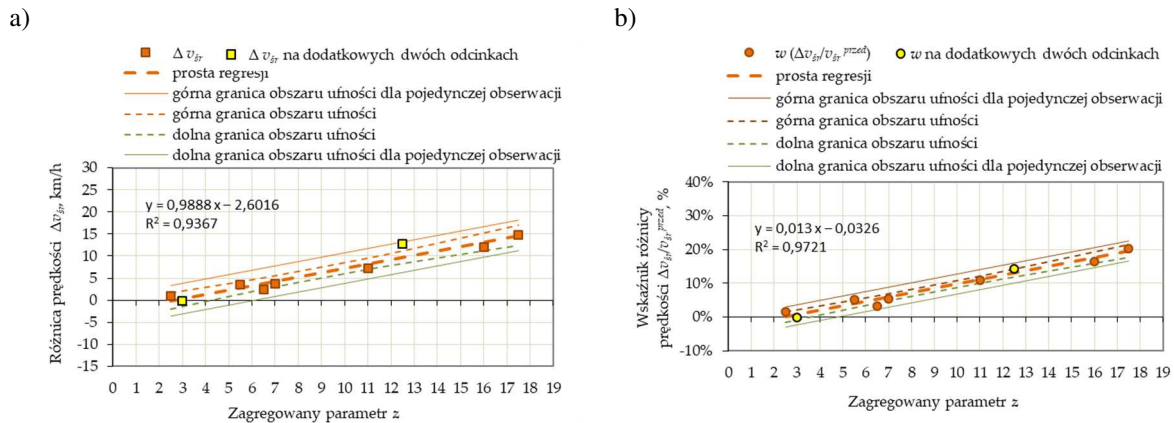
Analizując specyficzne warunki drogowe na nietypowych strefach wjazdowych, coraz częściej stosowanych w praktyce, dodatkowo uwzględniono jeszcze następujące czynniki drogowe związane z tymi strefami [142]:

- odległość skrzyżowania skanalizowanego od szykany (do 500 m – 1; większa niż 500 m – 0),
- widok wyspy dzielącej podłużnej na skrzyżowaniu skanalizowanym (tak – 1; nie – 0),
- zastosowanie dodatkowych środków uspokojenia ruchu (tak – 1; nie – 0),
- długość linii P-4 pomiędzy szykaną i wyspą podłużną na skrzyżowaniu skanalizowanym, (do 250 m – 1; większa lub brak linii P-4 – 0),

czyli na odcinku Brodniki 1 otrzymano $z = 12,5$, a na odcinku Brodniki 2 $z = 3$. W odniesieniu do skorygowanych wartości zagregowanych parametrów na dodatkowych odcinkach przeprowadzona ponownie analiza regresji potwierdziła słuszność dodania dodatkowych czynników uwzględniających nietypowe strefy wjazdowe i jeszcze raz potwierdziła postawioną tezę w rozprawie (ryc. 9.9 i 9.10).



Ryc. 9.9. Analiza regresyjnej po dodaniu dodatkowych czynników: a) redukcji prędkości Δv_{85} , ($R = 0,89$), b) wskaźnika redukcji prędkości w (v_{85}) ($R = 0,91$) [142]



Ryc. 9.10. Analiza regresji liniowej po dodaniu dodatkowych czynników: a) redukcji prędkości Δv_{sr} ($R = 0,97$), b) wskaźnika redukcji prędkości w (v_{sr}) ($R = 0,99$) [142]

Analiza regresji przedstawiona na ryc. 9.7–9.10 potwierdza słuszność sformułowanej tezy rozprawy, że istnieją determinanty, charakteryzujące otoczenie strefy wjazdowej do wsi, których koincydencja łącznie wpływa na wielkość redukcji prędkości. Wyniki z dodatkowych odcinków wybranych do walidacji mieszczą się w obszarze ufności wyznaczonym dla pojedynczej obserwacji (ryc. 9.7 i 9.8). Jedynie wynik z pomiarów prędkości średniej na odcinku Brodniki 1 znajduje się poza obszarem ufności. Można to uzasadnić tym, że odcinek Brodniki 1 jest nietypowy i w odniesieniu do niego należałoby dodać czynniki charakteryzujące otoczenie drogi związane z bliską lokalizacją drugiej szykany i skrzyżowania skanalizowanego (ryc. 9.1 i 9.5), zdefiniowane powyżej.

9.2 WALIDACJA ZIDENTYFIKOWANYCH DETERMINANT ODDZIAŁYWANIA SZYKAN NA WARUNKI RUCHOWE W POLIGONIE BADAWCZYM 2

9.2.1 Opis odcinków badawczych wybranych do walidacji w poligonie badawczym 2

Biorąc pod uwagę, że do niniejszej rozprawy odcinki badawcze wybierano z prawie 100 odcinków z wybudowanymi szykanami i że przy ich podziale na poszczególne poligony badawcze wybrano wszystkie te odcinki, które zapewniały jednorodność analiz, to do walidacji specjalnie wybrano nietypowe odcinki, tj. różniące się dodatkowymi czynnikami związanymi z lokalizacją szykan i czynnikami charakteryzującymi otoczenie drogi (ryc. 9.11–9.16). Pierwszym odcinkiem wybranym do walidacji był odcinek Gorzebądź 1 ($\Delta v_{85} = 11,7$ km/h, ryc. 9.11 i 9.12). Lokalizacja szykany znajduje się w nietypowej strefie wjazdowej, na krętym odcinku krzywoliniowym (ryc. 9.11). Szykana jednostronna została wybudowana głównie

w celu redukcji prędkości przed wiaduktem kolejowym, który mocno ogranicza widoczność dalszej perspektywy drogi i zabudowy wsi. Lokalizacja szykany na odcinku Gorzebadź 1 przedstawiona na ryc. 9.11 i odnotowana na nim redukcja prędkości wskazuje, że stosowanie strefowania prędkości wspomóżone zastosowaną szykaną w nietypowej strefie wjazdowej jest skuteczne ($\Delta v_{85} = 14,4$ km/h).



Ryc. 9.11. Lokalizacja odcinka badawczego Gorzebadź 1 na tle zdjęcia satelitarnego [118]
Oznaczenia jak na ryc. 9.3.

Drugi odcinek badawczy Trzebusz 1 (wyjazd) jest zlokalizowany w strefie wyjazdowej i nie ma na nim wybudowanej szykany (ryc. 9.13, $\Delta v_{85} = 11,1$ km/h). Poprzedza go szykana jednostronna i azyl dla pieszych. Odcinek ten jednak jest bardzo charakterystyczny, gdyż za szykaną Trzebusz 1 zlokalizowaną na pasie wjazdowym następuje znaczne ograniczenie widoczności na pasie wyjazdowym. Trzeci odcinek to Trzebusz 3, na którym szykana wybudowana na pasie wyjazdowym poprzedza azyl dla pieszych i krzywoliniowy odcinek z ograniczoną widocznością (ryc. 9.14–9.16). Nietypową sytuację lokalizacji strefy wjazdowej i odcinka Trzebusz 1 (wyjazd) oraz Trzebusz 3 przedstawiono na ryc. 9.16. Często wsie mają rozproszoną zabudowę zlokalizowaną wzdłuż drogi tranzytowej lub zabudowa we wsi jest wyraźnie podzielona na dwie części, z różną gęstością i zwartością zabudowy. Biorąc powyższe pod uwagę we wsi Trzebusz wybrano dwa nietypowe dodatkowe odcinki Trzebusz 1 (wyjazd) i Trzebusz 3 (ryc. 9.16). Szykana Trzebusz 1 jest zlokalizowana we wsi Trzebusz na pasie wjazdowym. Na odcinku Trzebusz 1 (wyjazd) nie ma wybudowanej szykany, ale poprzedza go azyl dla pieszych i szykana wybudowana na odcinku Trzebusz 3.



Ryc. 9.12. Widok odcinka badawczego Gorzebądź 1



Ryc. 9.13. Widok odcinka badawczego Trzebusz 1 (wyjazd) oraz szykany na odcinku Trzebusz 1



Ryc. 9.14. Widok odcinka badawczego Trzebusz 3 (wyjazd) poprzedzającego azyl dla pieszych i zjazd



Ryc. 9.15. Widok fragmentu drogi na odcinku Trzebusz 3 – otwarty teren rolniczy



Ryc. 9.16. Lokalizacja odcinka badawczego Trzebusz 1 (wyjazd) i Trzebusz 3 na tle zdjęcia satelitarnego [118] Oznaczenia jak na ryc. 9.3.

Ponadto na odcinku Trzebusz 1 (wyjazd) niewielkie zagajniki i otoczone gęstą zielenią prywatne gospodarstwo skutecznie ogranicza widoczność dalszej perspektywy drogi (ryc. 9.13 i 9.16). Prawdopodobnie ww. czynniki okazały znaczące oddziaływanie na kierowcę

i w konsekwencji łącznie wpłynęły na otrzymaną redukcję prędkości równą $\Delta v_{85} = 11,1$ km/h. Natomiast na odcinku badawczym Trzebusz 3, szykana zlokalizowana jest na początku odcinka wyjazdowego i poprzedza azyl dla pieszych oraz drugą niewielką część zabudowy wsi. Odcinek pomiędzy dwiema częściami zabudowy wsi (długości 450 m) stanowi otwarty teren rolniczy (ryc. 9.15), który pływa na kierowców destabilizująco i powoduje znaczne zwiększenie prędkości na obu pasach ruchu.

9.2.2 Analiza wyników testów statystycznych na odcinkach wybranych do walidacji w poligonie badawczym 2

Na wszystkich dodatkowych odcinkach badawczych wybranych do walidacji wykonano analogiczne pomiary, co na pozostałych odcinkach zaliczonych do poligonu badawczego 2. Rezultaty testów statystycznych wykonanych w odniesieniu do wyników prędkości przedstawiono w załączniku 6. W przypadku odcinka Gorzebądź 1 i Trzebusz 1 (wyjazd) otrzymano wszystkie wyniki testów potwierdzające skuteczność oddziaływania szykany i istotną redukcję prędkości odpowiednio równą:

– Gorzebądź 1 $\Delta v_{85} = 11,7$ km/h, $\Delta v_{sr} = 9,4$ km/h i $\Delta v_{sr}^{pp} = 9,2$ km/h,

– Trzebusz 1 (wyjazd) $\Delta v_{85} = 11,1$ km/h, $\Delta v_{sr} = 11,9$ km/h i $\Delta v_{sr}^{pp} = 11,9$ km/h.

Natomiast na odcinku badawczym Trzebusz 3 rezultaty testów były niejednorodne i nie potwierdziły jednoznacznie skuteczności oddziaływania wybudowanej szykany na redukcję prędkości ($\Delta v_{85} = 6,7$ km/h, $\Delta v_{sr} = 3,6$ km/h i $\Delta v_{sr}^{pp} = 3,6$ km/h). Mimo pewnych niejednoznacznych wyników testów można stwierdzić, że na dodatkowych odcinkach wybranych do walidacji, otrzymano potwierdzenie tezy rozprawy, że istnieją determinanty charakteryzujące łącznie otoczenie drogi, które w efekcie końcowym wpłynęły na otrzymany efekt końcowy, czyli redukcję prędkości.

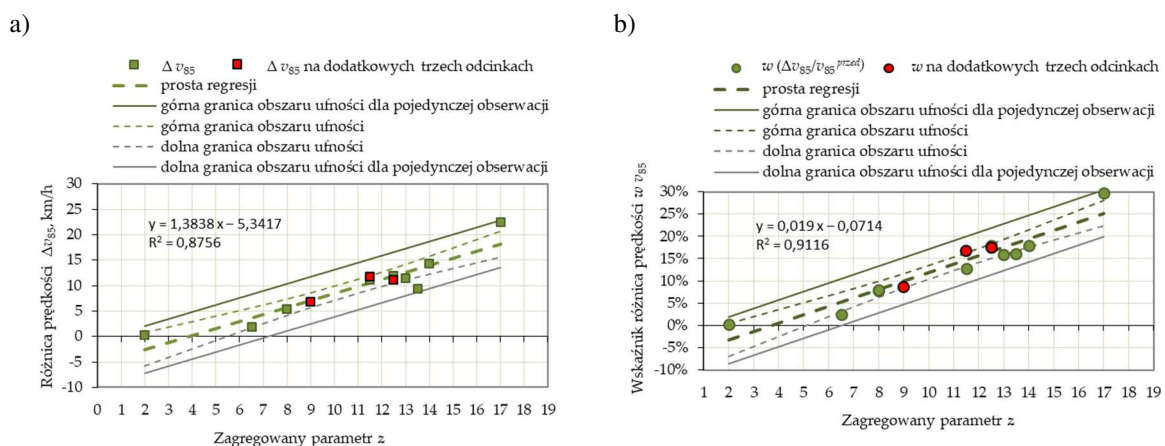
9.2.3 Analiza wyników oceny zagregowanego parametru z na odcinkach wybranych do walidacji w poligonie badawczym 2

Uwzględniając wybrane lokalizacje dodatkowych odcinków otrzymano wiele potwierdzeń tautologii logicznych, w odniesieniu do czynników, związanych z widocznością, krzywizną drogi oraz z bliskością zabudowy wsi za szykaną. W kryterium związanym z organizacją ruchu otrzymano na nich odpowiednio do kolejności redukcji prędkości Δv_{85} 4, 3 i 0 tautologii logicznych. W kryterium warunków drogowych analogicznie otrzymano 4,5, 5,5 i 3,5 tautologii logicznych, przy czym były one znacznie zróżnicowane. Największą liczbę

tautologii logicznych potwierdzono w odniesieniu do czynników związanych z ograniczeniem widoczności, krzywizną drogową, lokalizacją skrzyżowania lub zjazdu. Reszta potwierdzonych tautologii związana była z charakterystyką otoczenia drogi, widokiem zabudowy i przeszkód bocznych oraz zastosowanymi innymi elementami uspokojenia ruchu. W kryterium związanym z zagospodarowaniem otoczenia i widocznością otrzymano odpowiednio do kolejności zmian redukcji prędkości Δv_{85} 4, 5 i 5,5 tautologii logicznych. W sumie na odcinkach dodatkowych zagregowany parametr z był odpowiednio równy 12, 14 i 9.

9.2.4 Analiza regresji wpływu zagregowanego parametru i parametrów rozkładu prędkości w poligonie badawczym 2 wraz z nowymi odcinkami wybranymi do walidacji

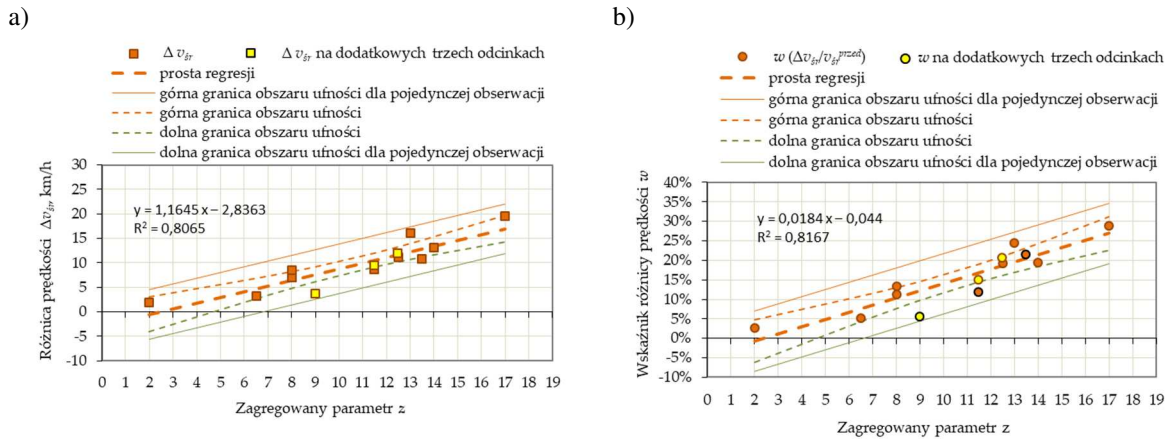
Uwzględniając otrzymane pozytywne rezultaty współczynników korelacji w odniesieniu do poszukiwanej zależności redukcji prędkości Δv lub wskaźnika redukcji prędkości w od zagregowanego parametru z przedstawione w rozdziale 6, przeprowadzono odpowiednie analizy regresji w odniesieniu do wszystkich wyników z poligonu badawczego 2 i do trzech dodatkowych odcinków wybranych do walidacji. Otrzymane wyniki analizy regresji przedstawiono na ryc. 9.17 w odniesieniu do kwantyla 85% prędkości ruchem swobodnym i na ryc. 9.18 w odniesieniu do średniej prędkości, zaznaczając na wykresach dodatkowo dodane odcinki.



Ryc. 9.17. Funkcja regresji liniowej określającej zależność od zagregowanego parametru z : a) redukcji prędkości Δv_{85} , ($R = 0,94$), b) wskaźnika redukcji prędkości w (v_{85}) ($R = 0,96$) [142]

Analiza regresji przedstawiona na ryc. 9.16 i 9.17 potwierdza słuszność sformułowanej tezy rozprawy, również w odniesieniu do poligonu badawczego 2. Prawie wszystkie wyniki z dodatkowych odcinków wybranych do walidacji mieszczą się w obszarze ufności, tylko jeden

wynik jest poza tym obszarem. Można to uzasadnić tym, że odcinku Trzebusz 3 prędkość $v_{sr,przed}$ jest znacznie wyższa niż na innych odcinkach, przy tych samych wartościach zagregowanego parametru, (ryc. 9.18b), ze względu na długi odcinek prosty, długości ok. 750 m, w otwartym terenie rolniczym bez zabudowy mieszkalnej (ryc. 9.16).



Ryc. 9.18. Funkcja regresji liniowej określającej zależność od zagregowanego parametru z: a) redukcji prędkości Δv_{sr} ($R = 0,94$), b) wskaźnika redukcji prędkości w (v_{sr}) ($R = 0,90$) [142]

9.3 WALIDACJA ZIDENTYFIKOWANYCH DETERMINANT ODDZIAŁYWANIA SZYKAN NA WARUNKI RUCHOWE W POLIGONIE BADAWCZYM 3

9.3.1 Opis odcinków badawczych wybranych do walidacji w poligonie badawczym 3

Biorąc pod uwagę, że pomiary prędkości na wszystkich analizowanych w niniejszej rozprawie odcinkach badawczych wykonano na obu pasach ruchu, to dało to możliwość wybrania dodatkowych czterech odcinków do walidacji z nietypowymi strefami wjazdowymi do wsi (ryc. 9.18-9.24). Do takich odcinków zaliczono m.in. odcinek Sucha Koszalińska 2 (wyjazd) (ryc. 9.19 i 9.20).



Ryc. 9.19. Widok odcinka badawczego Sucha Koszalińska 2 (wyjazd) na pasie wyjazdowym



Ryc. 9.20. Widok odcinka badawczego Sucha Koszalińska 2 na pasie wjazdowym

Odcinek Sucha Koszalińska 2 (wyjazd) znajduje się na pasie wyjazdowym ze wsi i charakteryzuje się zupełnie innym zagospodarowaniem otoczenia drogi i widoczności dalszej perspektywy powierzchni drogi za szykaną niż to można odnotować na odcinku Sucha Koszalińska 1 znajdującym się na pasie wjazdowym (ryc. 9.19, 9.20 i 9.21). Natomiast odnotowane wyniki prędkości i wartości zagregowanego parametru dodatkowego odcinka wybranego do walidacji jednak wpisują się w tezę niniejszej rozprawy, że istnieją czynniki związane z otoczeniem drogi wpływające na percepcję kierowcy i odnotowaną wielkość redukcji prędkości. W danym przypadku najistotniejszymi czynnikami okazały się wszystkie te, które były związane z widocznością.



Ryc. 9.21. Lokalizacja odcinka badawczego Sucha Koszalińska 2 (wyjazd) na tle zdjęcia satelitarnego [118]

Kolejne dwa odcinki wybrane do walidacji, czyli Sucha Koszalińska 1 i Skibienko 2 charakteryzują się tą samą lokalizacją jednej szykany wybudowanej w osi jezdni (ryc. 9.22 i 9.23). Uwzględniając niewielką odległość prawie 30 m pomiędzy naprzemiennymi lokalizacjami znaków E-17 każdej z wsi (ryc. 9.24), krótki fragment drogi wojewódzkiej tworzy dwie nietypowe strefy wjazdowe. Wjazd do wsi Skibienko poprzedza znak D-43 informujący o końcu terenu zabudowanego wsi Sucha Koszalińska, a zabudowa we wsi Skibienko jest dla kierowcy wówczas zupełnie niewidoczna (rys. 9.23). Podobnie jest z wjazdem do wsi Sucha Koszalińska, znak E-17 poprzedza o ok. 500 m znak D-42, jednak zabudowa wsi jest jeszcze dalej oddalona, ale dla kierowcy wyraźnie widoczna (ryc. 9.22), przynajmniej po stronie pasa przeciwnego kierunku. Widoczne są także elementy infrastruktury drogowej, charakterystycznej dla terenu zabudowanego (słupy oświetleniowe, chodniki, zjazdy indywidualne, bariery ochronne i płoty). Te m.in. czynniki prawdopodobnie zdecydowały o odnotowanych diametralnie różnych parametrach rozkładu prędkości:

– Sucha Koszalińska 1 – $\Delta v_{85} = 6,4$ km/h, $v_{85}^{przed} = 68,1$ km/h i $v_{85}^{za} = 61,8$ km/h,

– Skibienko 2 – $\Delta v_{85} = -8,5$ km/h, $v_{85}^{przed} = 60,6$ km/h i $v_{85}^{za} = 69,1$ km/h.



Ryc. 9.22. Widok odcinka badawczego Sucha Koszalińska 1 (wjazd)



Ryc. 9.23. Widok odcinka badawczego Sucha Koszalińska 1 (wyjazd) i Skibienko 2 (wjazd)



Ryc. 9.24. Lokalizacja odcinka badawczego Sucha Koszalińska 1 (wyjazd) i Skibienko 2 (wjazd) na tle zdjęcia satelitarnego [118]

Ostatni odcinek wybrany do walidacji to Gleźnowo 3 (wyjazd), na którym wybudowano szykanę w osi drogi przed prywatnym gospodarstwem rolnym, zlokalizowanym po przeciwnej stronie drogi (ryc. 9.25). Kierowca dojeżdżając do szykany po stronie pasa wyjazdowego widzi dachy oddalonych od drogi luźnych zabudowań w odległości ponad 600 m (ryc. 9.26 i 9.27), wobec czego nie widząc znaków D-43 ani E-18 nie odczuwa potrzeby redukcji prędkości. Biorąc powyższe pod uwagę i dodatkowo uwzględniając jeszcze, że w otwartym terenie rolniczym następuje odgięcie toru jazdy równe 1 m odnotowane w trakcie pomiarów parametry rozkładu prędkości są następujące: $\Delta v_{85} = -0,2$ km/h, $v_{85}^{przed} = 70,8$ km/h i $v_{85}^{za} = 71,0$ km/h.



Ryc. 9.25. Widok szykany wybudowanej w osi drogi odcinków badawczych Gleźnowo 3 i Gleźnowo 3 (wyjazd)



Ryc. 9.26. Widok odcinka badawczego Gleźnowo 3 (wyjazd) i otoczenia drogi po stronie pasa wyjazdowego



Ryc. 9.27. Lokalizacja odcinka badawczego Gleźnowo 3 (wyjazd) na tle zdjęcia satelitarnego [118]

Podsumowując powyższe analizy w odniesieniu do dodatkowych wybranych do walidacji odcinków badawczych można również potwierdzić tezę rozprawy doktorskiej, że istnieją czynniki oddziałujące na percepcję kierowcy i wynikową redukcję prędkości na fragmentach dróg z wybudowaną szykaną w osi jezdni.

9.3.2 Analiza wyników testów statystycznych na odcinkach wybranych do walidacji w poligonie badawczym 3

Analogicznie do analiz z poligonu badawczego 1 i 2, w odniesieniu do wszystkich dodatkowych odcinków wybranych do walidacji w poligonie badawczym 3, wykonano analogiczne pomiary, co na pozostałych odcinkach. Rezultaty testów statystycznych wykonanych w odniesieniu do wyników prędkości przedstawiono w załączniku 9. Wyniki testów o rozkładzie normalnym analizowanych populacji były we wszystkich przypadkach pozytywne. Natomiast wyniki pozostałych testów, na odcinkach z różnicą prędkości mniejszą ($\leq 6,3$ km/h) były negatywne, tzn. poświadczały, że obie porównywane populacje prędkości

przed i za szykaną należały do tej samej populacji, czyli nie potwierdzono istotnej redukcji prędkości i efektywności stosowania szykan w osi jezdni na dodatkowych odcinkach.

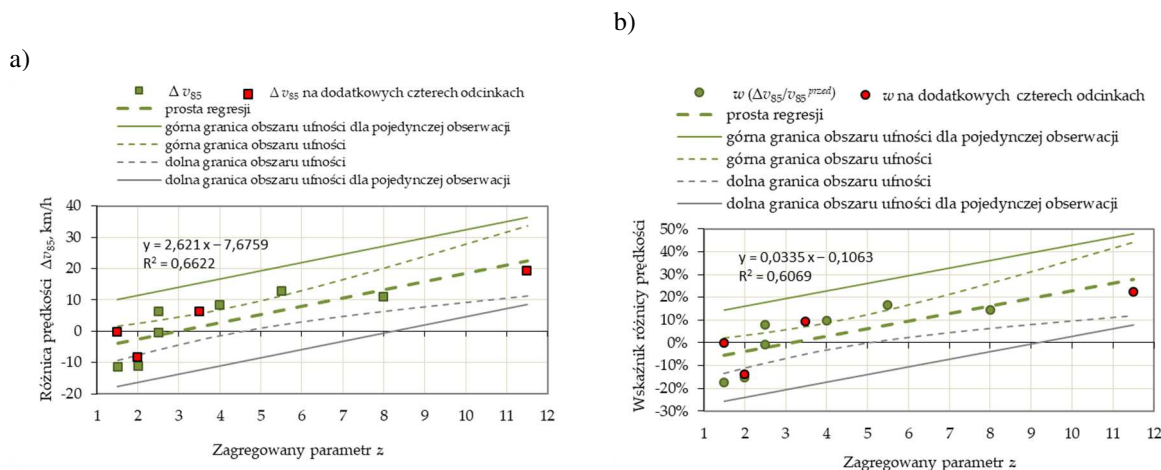
9.3.3 Analiza wyników oceny zagregowanego parametru z na odcinkach wybranych do walidacji w poligonie badawczym 3

Na wybranych do walidacji odcinkach z poligonu badawczego 3 w odniesieniu do kryterium organizacji ruchu odnotowano tautologie logiczne związane z lokalizacją znaków drogowych i oraz oddaloną od krawędzi drogi rozproszoną zabudową znajdująca się w dość dużym oddaleniu za znakami D-42. W odniesieniu do kryterium drogowego na odcinku z największą redukcją prędkości odnotowano 3 tautologie logiczne związane z krzywizną poziomą i utratą widoczności oraz obecnością na dojeździe barier ochronnych nad rowami melioracyjnymi w otwartym terenie rolniczym. Na pozostałych odcinkach odnotowano miary pośrednie równe 0,5 w odniesieniu do różnych czynników. W odniesieniu do kryterium zagospodarowania otoczenia i widoczności odnotowano najwięcej tautologii logicznych na odcinku z największą redukcją prędkości. Na pozostałych odcinkach potwierdzono, że różne czynniki związane z otoczeniem i odległością niewidocznej lub widocznej oddalonej zabudowy. W sumie zagregowane parametry z były następujące: Sucha Koszalińska 2 (wyjazd) – 12,5, Sucha Koszalińska 1 – 3,5, Skibienko 2 – 2, Gleźnowo 3 (wyjazd) – 1,5.

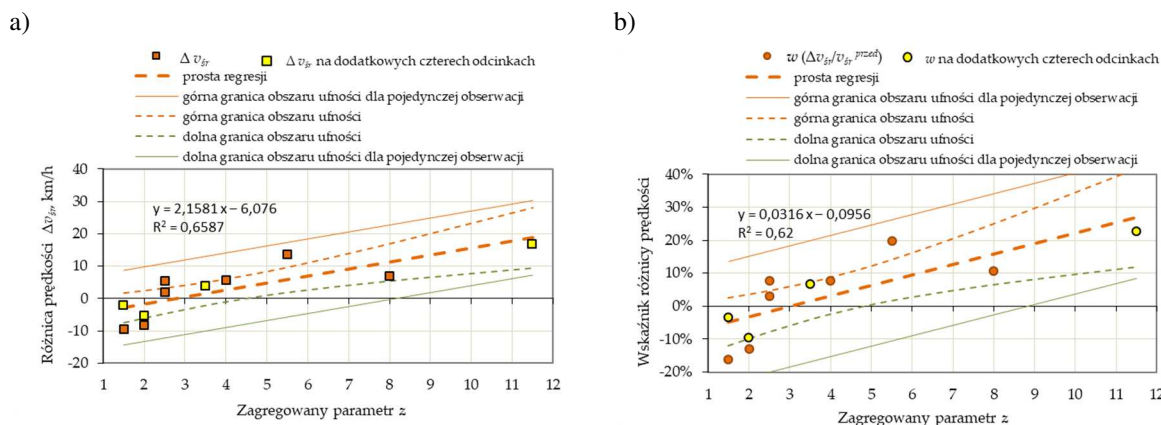
9.3.4 Analiza regresji wpływu zagregowanego parametru z i parametrów rozkładu prędkości w poligonie badawczym 3 wraz z nowymi odcinkami wybranymi do walidacji

Uwzględniając otrzymane pozytywne rezultaty współczynników korelacji w odniesieniu do poszukiwanej zależności redukcji prędkości Δv lub wskaźnika redukcji prędkości w od zagregowanego parametru z przedstawione w rozdziale 7, przeprowadzono odpowiednie analizy regresji w odniesieniu do wszystkich wyników z poligonu badawczego 3 i do czterech odcinków wybranych do walidacji. Otrzymane wyniki analizy regresji przedstawiono na ryc. 9.28 w odniesieniu do kwantyla 85% prędkości ruchu swobodnym i na ryc. 9.29 w odniesieniu do średniej prędkości. Wszystkie dane znajdują się w obszarze ufności lub na jego granicy, co świadczy o dobrym wyborze odcinków dodatkowych, gdyż potwierdzają one matematyczną zależność. Jednak w interpretacji inżynierskiej analizy regresji i wyników testów statystycznych zestawionych w załączniku 6 do niniejszej rozprawy, można stwierdzić, że szykany wybudowane w osi jezdni z odgięciem toru jazdy o 1 m od kierunku

prostego tylko w specyficznych warunkach związanych z zagospodarowaniem otoczenia lub widocznością i mogą oddziaływać na percepcję kierowcy i w konsekwencji na redukcję prędkości. Jednak należy to zdecydowanie potwierdzić, że w żadnym przypadku nie uzyskano za szykaną kwantyla 85% prędkości w ruchu swobodnym mniejszego niż 50 km/h, w jednym tylko przypadku uzyskano prędkość równą ≈ 62 km/h.



Ryc. 9.28. Funkcja regresji liniowej określającej zależność od zagregowanego parametru z: a) redukcji prędkości Δv_{85} w ruchu swobodnym, ($R = 0,81$), b) wskaźnika redukcji prędkości $w (v_{85})$ w ruchu swobodnym ($R = 0,78$) [142]



Ryc. 9.29. Funkcja regresji liniowej określającej zależność od zagregowanego parametru z: a) redukcji prędkości Δv_{8r} w ruchu swobodnym ($R = 0,81$), b) wskaźnika redukcji prędkości $w (v_{8r})$ w ruchu swobodnym ($R = 0,79$) [142]

9.4 PODSUMOWANIE

Powyższe wyniki także potwierdzają tezę rozprawy doktorskiej, ale również udowadniają nieefektywne oddziaływanie szykan wybudowanych w osi jezdni z odgięciem toru jazdy tylko o 1 m i brak ich skutecznego oddziaływania na redukcję prędkości.

Rozdział 10

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

10.1 PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W dzisiejszej praktyce projektowej coraz częstszym rozwiązaniem mającym na celu uspokojenie ruchu w strefach wjazdowych do małych wsi położonych w ciągu dróg wojewódzkich jest stosowanie szykan drogowych. Ich głównym celem jest redukcja prędkości i dostosowanie jej do wymagań strefy obszaru zabudowanego. Bezpośrednią korzyścią z obniżenia prędkości przelotowej jest poprawa komfortu i bezpieczeństwa mieszkańców, ponieważ wpływa ona na szeroki zakres czynników oddziałujących na najbliższe otoczenie drogi. Analiza otrzymanych wyników z przeprowadzonych badań prędkości wykazała, że ich dyspersja jest bardzo duża i różnorodna, pomimo zbliżonych parametrów geometrycznych szykan, co oznacza występowanie innych determinant, które dodatkowo wpływają na skuteczność danego rozwiązania. Przesłanki te stały się głównym powodem do podjęcia tematyki identyfikacji determinant skuteczności zastosowanych rozwiązań w strefach wjazdowych, ponieważ ich poznanie pozwoli skutecznie zredukować prędkość w strefach wjazdowych i tym samym osiągać zamierzone cele.

W pracy przedstawiono wyniki badań i analiz z 24 odcinków badawczych z wybudowanymi szykanami oraz dodatkowych 4 odcinków w strefach wjazdowych bez wybudowanych szykan. Wybrane do badań strefy wjazdowe podzielono na trzy jednorodne poligony badawcze. Na wszystkich wybranych odcinkach wykonano badania terenowe, których wyniki poddane zostały analizom statystycznym. W każdym poligonie badawczym scharakteryzowano prawdopodobne czynniki – determinanty, które sklasyfikowano w trzech charakterystycznych kryteriach. Były to kryteria związane z organizacją ruchu, warunkami drogowymi oraz zagospodarowaniem otoczenia i warunkami widoczności. W każdym z kryteriów uwzględniono wiele czynników, przypisując im miary kwantyfikacyjne zgodnie z tautologią logiczną, czyli potwierdzeniem lub nie potwierdzeniem danego czynnika *in situ*.

Na podstawie wykonanych badań oraz opracowanej wielokryterialnej metodyki zdefiniowano zagregowany parametr, czyli jakościową zmienną niezależną, która odpowiada sumie determinant oddziałujących na percepcję kierowców i związaną z tym oczekiwaną redukcję prędkości. W rozprawie uwzględniono również wskaźnik zmian prędkości, przedstawiający wartość procentową redukcji prędkości w stosunku do jej wartości początkowej. Na podstawie powyższej metodyki badań potwierdzono zależność redukcji prędkości i wskaźnika zmian prędkości od przyjętego w niniejszej rozprawie zagregowanego parametru.

W analizie regresji wpływu zagregowanego parametru na parametry rozkładu prędkości w poligonie badawczym 1 i 2 otrzymano pozytywne rezultaty. Przeprowadzone w ww. poligonach analizy statystyczne potwierdziły na poziomie ufności 95% istotną statystycznie zależność wartości redukcji prędkości od łącznej siły oddziaływania determinant w strefie wjazdowej. W poligonie badawczym 3, przy wyspach wybudowanych w osi jezdni, również otrzymano potwierdzenie zależności, jednak przy jednoczesnym stwierdzeniu, że odgięcie toru jazdy o wartość równą tylko 1 m jest nieefektywne. Pozytywny wpływ zastosowania szykany wybudowanej w osi jezdni potwierdzono tylko w przypadku synergii łącznego oddziaływania kilku znaczących determinant, głównie związanych z bardzo widoczną bliską zabudową w terenie zabudowanym lub bardzo ograniczoną perspektywą dalszej części drogi.

W rozprawie przeprowadzono również walidację otrzymanych zależności redukcji prędkości od zidentyfikowanych determinant we wszystkich poligonach badawczych. Do walidacji wybrano specjalnie nietypowe strefy wjazdowe, charakteryzujące się jednak zdefiniowanymi w niniejszej rozprawie determinantami. Uzyskane wyniki walidacji potwierdziły tezę rozprawy, że możliwa jest identyfikacja determinant charakteryzujących zagospodarowanie terenu i organizację ruchu, które wraz z rodzajem zastosowanej szyki drogowej wpływają łącznie na skuteczną redukcję prędkości w strefach wjazdowych do małych wsi zlokalizowanych na drogach wojewódzkich.

W niniejszej rozprawie przeanalizowano również skuteczność stosowania szyki w strefie wjazdowej na redukcję hałasu drogowego. Zbadano w tym celu zależności redukcji hałasu ΔLeq od prędkości średnich w ruchu ciągłym na całej jezdni oraz od osiągniętej redukcji tej prędkości. Niestety nie uzyskano na poziomie ufności 95% istotnej statystycznie zależności między analizowanymi parametrami. Na podstawie otrzymanych współczynników korelacji zależność tą można określić jedynie jako niską oraz umiarkowaną. Powodem otrzymanych wyników było to, że w badaniach rozkładu hałasu na jego wartość łączny wpływ ma wiele

różnych aspektów. Przy zbliżonych wartościach redukcji prędkości uzyskano zróżnicowane rezultaty redukcji hałasu. Kluczowe prawdopodobnie okazało się zagospodarowanie terenu, które w analizowanych przypadkach determinowało wpływ na redukcję hałasu. Pomimo jednoczesnego wykonywania pomiarów hałasu przed i za szykaną również istotny wpływ na ostateczne wyniki miał ruch na pasie wyjazdowym, co w połączeniu ze zróżnicowanym zagospodarowaniem nie pozwoliło uzyskać bardziej klarownych zależności. Potwierdza to złożoną istotę problemu zmniejszenia hałasu, na który wpływ może mieć wiele czynników.

Przeprowadzone w ramach realizacji niniejszej rozprawy analizy danych oraz identyfikacja determinant oddziałujących na kierowców doprowadziły do wyciągnięcia następujących wniosków:

- Parametry geometryczne szykany nie decydują wyłącznie o skutecznym oddziaływaniu na redukcję prędkości w strefie wjazdowej do wsi.
- Redukcja prędkości zależy od wielu czynników charakteryzujących przestrzennie otoczenie strefy wjazdowej, które w sposób łączny wpływają na percepcję kierujących pojazdami i redukcję prędkości przy wjeździe w teren zabudowany.
- Im więcej determinant oddziałuje na percepcję kierowcy w strefie wjazdowej, tym większa jest ich skuteczność.
- Stosowanie szykan wybudowanych w osi jezdni z małym odgięciem toru jazdy nie powoduje oczekiwanej redukcji prędkości.
- Wyniki badań prędkości oraz obserwacje *in situ* podczas pomiarów potwierdziły dominującą rolę czynnika ludzkiego przy wyborze prędkości w strefie wjazdowej. Oddziaływanie elementów drogi i jej otoczenia na percepcję kierowcy odgrywa kluczową rolę w podejmowaniu przez niego decyzji, związanej z prędkością wjazdu w teren zabudowany.
- Na podstawie przeprowadzonych analiz można stwierdzić, że dzięki zastosowaniu w istniejących strefach wjazdowych dodatkowych determinant, można poprawić warunki tego oddziaływania i uzyskać oczekiwaną redukcję prędkości.
- Na remontowanych drogach przy projektowaniu stref wjazdowych projektant w celu uzyskania oczekiwanej redukcji prędkości powinien zastosować, co najmniej kilkanaście determinant, z wyznaczonego ich zbioru.
- Szykany powinny być lokalizowane w strefie wjazdowej, jak najbliżej istniejącej zabudowy i widocznych elementów infrastruktury drogowej, przy wyraźnie widocznej sylwecie wsi lub widocznych pojedynczych zabudowaniach.

10.2 SPEŁNIENIE ZAŁOŻONEGO CELU I POTWIERDZENIE TEZY ROZPRAWY

Celem rozprawy doktorskiej była identyfikacja determinant w strefach wjazdowych do małych wsi potencjalnie oddziałujących na percepcję kierowców i poświadczających skuteczność stosowania szykan w zakresie redukcji prędkości. Cel ten osiągnięto poprzez wyodrębnienie trzech kryteriów, tj. organizacji ruchu, warunków drogowych oraz zagospodarowania i warunków widoczności, które poddano szczegółowej analizie. W poszczególnych kryteriach zdefiniowano szerokie spektrum czynników mogących łącznie oddziaływać na percepcję kierowcy i powodować oczekiwaną redukcję prędkości.

Na podstawie badań określono zależność między redukcją prędkości, a zagregowanym parametrem, który jest miarą kwantyfikującą łączne oddziaływanie zidentyfikowanych determinant na kierowcę. Wykazano, że istnieje możliwość oszacowania i identyfikacji determinant zagospodarowania terenu i organizacji ruchu zastosowanej na danym układzie drogowym, które wraz z rodzajem szykany i innymi parametrami drogowymi wpływają łącznie oczekiwaną redukcji prędkości w strefach wjazdowych do małych wsi zlokalizowanych w ciągu dróg wojewódzkich, potwierdzając tym samym postawioną tezę pracy.

10.3 KIERUNKI DALSZYCH BADAŃ

Badania i analizy przeprowadzone w ramach niniejszej rozprawy nie wyczerpują w pełni problematyki projektowania stref wjazdowych na przejściu dróg wojewódzkich przez małe wsie. Dalsze prace badawcze, zmierzające do pełniejszego opisu tego problemu powinny objąć kilka wątków:

- **Aplikacyjny** – autor w rozprawie zbadał wpływ istniejących rozwiązań w strefach wjazdowych na redukcję prędkości, uzyskując bardzo zróżnicowane wyniki redukcji prędkości. W celu zwiększenia ich skuteczności zaproponował pewną liczbę determinant na podstawie obserwacji istniejących rozwiązań. Z przeprowadzonych analiz wynika, że na poziomie ufności 95% mogą wyznaczone determinanty skutecznie wpływać na redukcję prędkości, jeśli tylko zwiększy się ich liczbę na istniejących strefach wjazdowych do kilkunastu (minimum 8). Dalszą, więc działalność aplikacyjną będzie stanowić propagowanie wyników badań, zarówno w pracach projektowych, jak i eksperckich.
- **Naukowy** – w przytoczonych w rozprawie badaniach naukowych uwzględniano istniejące strefy wjazdowe z zastosowanymi pewnymi elementami infrastruktury drogowej, specyficznymi w polskiej inżynierii drogowej. Jednak zagraniczne

opracowania naukowe uwzględniają jeszcze inne elementy, których na badanych w ramach rozprawy strefach wjazdowych brakowało. Dlatego dalszy kierunek badań autor zamierza skierować na rozszerzenie interdyscyplinarne identyfikacji determinant we współpracy z innymi ośrodkami naukowo-badawczymi, dysponującymi specjalistyczną aparaturą badawczą, tj. symulatorami ruchu. W badaniach tych autor przewiduje przeanalizować elementy infrastruktury drogowej zastosowane w zagranicznych strefach wjazdowych, tj. bramy wjazdowe, żywopłoty, wielowarstwowy krajobraz przydrożny itd.

- **Poznawczy** – autor planuje w przyszłości swoje zainteresowania badawcze skierować na strefy wjazdowe znajdujące się na drogach dwukierunkowych z poboczami utwardzonymi. W zrealizowanych badaniach autor przeanalizował cztery strefy wjazdowe z wybudowanymi szykanami z odgięciem toru jazdy o 6 m i uważa, że powinno się przeprowadzić jeszcze dodatkowe analizy z wykorzystaniem specjalistycznej aparatury badawczej, tj. symulatorów ruchu, w przypadku zastosowania poprzedzających wysp krawędziowych typu bulb-outs oraz zwężenia drogi za szykaną o pobocza utwardzone.

BIBLIOGRAFIA

1. 202-Speed Management, FDOT Design Manual, NY January 2019, dostęp on-line: (17.04.2016): https://fdotwww.blob.core.windows.net/sitefinity/docs/default-source/roadway/fdm/2019/2019fdm202speedmgmt.pdf?sfvrsn=129ec9ff_4.
2. A Policy in Geometric Design of Highways and Streets, American Association of State Highway Transportation Officials AASHTO, Washington, DC, 2004, dostęp on-line (21.08.2021): http://redlightrobber.com/red/links_pdf/AASHTO_Perception-Times-Studies.pdf.
3. Abdi A., Bigdeli Rad H., Azimi E., Simulation and analysis of traffic flow for traffic calming. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Municipal Engineer*, 2017, vol. 170(1), pp. 16-28, dostęp on-line (13.03.2018): <https://www.icevirtuallibrary.com/doi/abs/10.1680/jmuen.16.00005>.
4. Abhijith K.V., Kumar P., Gallagher J., McNabola A., Baldauf R., Pilla F., Broderick B., Di Sabatino S., Pulvirenti B., Air pollution abatement performances of green infrastructure in open road and built-up street canyon environments – A review, *Atmospheric Environment* 2017, 162 (2017) 71e86, pp. 71-86 <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.05.014>.
5. Afghari A.P., Haque M.M, Washington S., Applying fractional split model to examine the effects of roadway geometric and traffic characteristics on speeding behavior, *Business, Medicine, Engineering Traffic Injury Prevention*, 2018, DOI: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15389588.2018.1509208> Corpus ID: 58645231.
6. Akgol K., Gunay B., Aydin M.M., Geometric optimisation of chicanes using driving simulator trajectory data, *Transport ICE Publishing, Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Transport*, London 2019 July 17, <https://doi.org/10.1680/jtran.19.00019>.
7. Andersson P.K., Kjemtrup K., Byporte: de trafikikkerhedsmaessige effeekter, *Trafitec Scion-DTU*, July 2008, p. 116, dostęp on-line (21.08.2021): <http://www.trafitec.dk/pub/byporte%20notat.pdf>.
8. Ariën C., Brijis K., Brijis T., et. al., Does the effect of traffic calming measures endure over time? A simulator study on the influence of gates, *Geography, Psychology Transportation Research Part F-traffic Psychology and Behaviour* 2013, DOI: [10.1016/J.TRF.2013.10.010](https://doi.org/10.1016/J.TRF.2013.10.010).
9. Babkov V.F., *Warunki drogowe i bezpieczeństwo ruchu*, WKŁ, Warszawa 1975.
10. Bahar G.B., *Guidelines for the Design and Application of Speed Humps*, Institute of Transportation Engineers, Washington 2007.
11. Barbosa H.M., *Impacts of Traffic Calming Measures on Speeds on Urban Roads*, University of Leeds, Leeds 1995, dostęp on-line (20.03.2016): <https://core.ac.uk/download/pdf/6205902.pdf>.
12. Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, *Planungshinweise für Stadtstrassen Teil 6 Anlagen des Ruhenden Verkehrs*, Freie und Hansestadt Hamburg 2005, dostęp on-line (20.03.2016): <http://www.hamburg.de/contentblob/2510318/data/plast6-komplett.pdf>.
13. Belcher M., Proctor S., Cook P., *Practical Road Safety Auditing*, ICE Proceedings Municipal Engineer 2nd edition, Thomas Telford Publishing, London 2008, 169(4):1-1, dostęp on-line (22.05.2016) <https://www.icevirtuallibrary.com/doi/full/10.1680/jmuen.15.00035>.
14. Berger W.J., Linauer M., *Speed reduction at city limits by using raised traffic islands*, Institut fuer Verkehrswesen, Universitaet fuer Bodenkultur A-1190, Vienna 1998. dostęp on-line (20.03.2016): https://www.ictct.net/wp-content/uploads/11-Budapest-1998/ictct_document_nr_305_6.pdf.
15. Bessa J., Setti J., *Derivation of ATS and PTSF functions for two-lane, rural highways in Brazil*. Proceedings of the 6th International Symposium on Highway Capacity and Quality of Service, Stockholm 2011, pp. 282÷292, December 2011 Procedia – Social and Behavioral Sciences 16:282-292 DOI: [10.1016/j.sbspro.2011.04.450](https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.04.450).
16. Bhatta S., Shakya N.M., Nehren U.M., *Integrated Roadside Vegetation Management along the Highways of Nepal*, Conference 2017 Nepal, Institute Of Engineering Graduate, Proceedings of IOE Graduate Conference, 2017, Volume: 5, 2350-8906, pp. 49-56, dostęp on-line (25.07.2018): https://www.researchgate.net/publication/326543345_Integrated_Roadside_Vegetation_Management_along_the_Highways_of_Nepal.
17. Brandt S., *Metody statystyczne i obliczeniowe analizy danych*, PWN, Warszawa 1976.

18. Brillon W., Weiser F., *Capacity and speed-flow relationships on rural two-lane highways in Germany*, Third International Symposium on Highway Capacity, Copenhagen June 22-26, 1998, pp. 199÷218.
19. Brillon W., Weiser F., Two-lane rural highways: the German experience. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1988, pp. 38÷47 1988(1):38-47.
20. Brillon W., Weiser F., *Two-lane rural highways: the German experience*, Raport TRB 06-1625, 2006, Ruhr-University Bochum, dostęp on-line (12.04.2016):
https://www.ruhr-uni-bochum.de/verkehrswesen/download/literatur/Brillon_Weiser_TRB_06_1625.pdf.
21. *Budownictwo ogólne*, Tom 2, pod red. P. Klemmy, Arkady, Warszawa 2010.
22. Caliendo C., de Guglielmo M.L., Road Transition Zones between the Rural and Urban Environment: Evaluation of Speed and Traffic Performance Using a Microsimulation Approach, *Journal of Transportation Engineering* 2012 September 139(3), DOI: [10.1061/\(ASCE\)TE.1943-5436.0000495](https://doi.org/10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000495).
23. *Cambridge Traffic Calming Program*, City of Cambridge – Community Development Department, Cambridge 2000, dostęp on-line (15.04.2016):
https://www.cambridgema.gov/~media/Files/CDD/Transportation/TrafficCalming/trcalm_brochure_2000.pdf.
24. Chartier G., *Rural-Urban Transition Zones: Problems, Principles, and Practice*, Presentation to the ITE BC Interior Chapter, Kamloops, BC, Oct. 30, 2009.
25. Chartier G., Erickson D.G., *Canadian Guide to Neighbourhood Traffic Calming*, © Transportation Association of Canada, 1998, pp. 4-10, dostęp on-line (13.03.2016):
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.609.1484&rep=rep1&type=pdf>.
26. *City of San Diego Traffic Calming Program Handbook*, Transportation Engineering Operations Division, City of San Diego 2006, dostęp on-line (20.03.2016):
https://www.sandiego.gov/sites/default/files/104_san_diego_traffic_calming_guidelines.pdf.
27. *City of Seattle Staff Directory, Streetscape Design Guidelines, Chapter 6*, Staff Directory: Seattle, DC, City of Seattle 2020, dostęp on-line (18.07.2020):
<http://www.seattle.gov/rowmanual/manual/pdf/08/chapter6.pdf>.
28. *City of Stockton Traffic Calming Guidelines*, Revised April 2008, Public Works Department, City of Stockton 2008.
29. Corporate Report from Transportation and Environmental Services, Operations, *Canadian Guide to Neighbourhood Traffic Calming*, artykuł z dnia 8 September 2014, dostęp on-line (02.04.2016):
<https://stcatharines.civicweb.net/document/21046>.
30. Crevier C., *Les aménagements en modération de la circulation, étude et applications*, École De Technologie Supérieure Université Du Québec, Montreal 2007, dostęp on-line (15.03.2016):
<http://www.bv.transports.gouv.qc.ca/mono/0967225.pdf>.
31. Curtis L. *Traffic Calming of Towns and Villages on National Roads. RS 472*, Road Safety Engineering, Ireland. Department for Transport, Rumblewave Surfacing, Traffic Advisory Leaflet 1/05, Department for Transport, London Jan. 2005, dostęp on-line (15.03.2016): <https://www.tii.ie/tii-library/road-safety/Traffic%20Calming/RS-472-Traffic-Calming-of-Towns-and-Villages.pdf>.
32. *Dane o latach przebudowy analizowanych dróg wojewódzkich (DW107, DW109, DW114, DW162, DW203)* – udostępnione na stronie internetowej Zachodniopomorskiego Zarządu Dróg Wojewódzkich w Koszalinie, dostęp on-line (20.09.2016): <http://www.zzdw.koszalin.pl/html/przetargi>.
33. *Dane o zdarzeniach drogowych w latach 2010-2016 udostępnione przez Rejonowe Komendy Policji, 2010-2016*, (dane niepublikowane – udostępnione przez Rejonowe Komendy Policji na podstawie art. 2 ust. 1 Ustawy o dostępie do informacji publicznej z dnia 6 września 2001 r. (Dz. U. Nr 112, poz. 1198).
34. Dharmasena S.R., Suresh E.A.T., A methodology to analyze road landscape in accident Black-Spots: The case of Southern Expressway, Sri Lanka, *International Journal of Architectural Research* 12(2):347 August 2018, DOI: [10.26687/archnet-ijar.v12i2.1547](https://doi.org/10.26687/archnet-ijar.v12i2.1547).
35. *Directives for the Design of Urban roads. RASt 06*, Road and Transportation Research Association, Working Group Highway Design, FGSV, Germany Köln Edition 2006, Translation 2012.
36. Distefano N., Leonardi S., *Effects of speed table, chicane and road narrowing on vehicle speeds in urban areas*, Conference: VI International Symposium New Horizons 2017 of transport and communications, Sarajevo 17-18.11.2018, dostęp on-line (15.10.2021):
https://www.researchgate.net/publication/328738163_effects_of_speed_table_chicane_and_road_narrowing_on_vehicle_speeds_in_urban_areas.
37. Dixon K., Hong Zhu H., Ogle J. et. al., *Determining effective roadway design treatments for transitioning from rural areas to urban areas on state highways*, Final Report SPR 631, FHWA-OR-RD-09-02, Oregon DOT, Salem, Federal Highway Administration, Washington 2008, dostęp on-line (10.03.2016):
https://www.oregon.gov/ODOT/Programs/ResearchDocuments/Rural_to_Urban.pdf.

38. *Dokumentacja techniczna – urządzenia do pomiaru prędkości ruchu i struktury rodzajowej pojazdów*, (finansowanego w ramach inwestycji aparaturowej KBN, nr Decyzji 1829/IA/108/96 wniosek nr IA/926/96), Zakład Elektroniczny „MART” w Szczecinie 1998.
39. Domingo D.G., *Evaluación de las Zonas 30 en Europa y definición de una Zona 30 revisada*, doctor's dissertation, Universitat Politècnica de Catalunya, Infraestructura del Transporte y del Territorio (ITT), Catalunya 2012.
40. Draper N.R., Smith H., *Analiza regresji stosowana*, PWN, Warszawa 1973.
41. Ellebjerg L., *Noise Control through Traffic Flow Measures – Effect and Benefits*, Raport 151, Danish Road Institute, Hedehusene 2007, dostęp on-line (05.04.2016): https://www.vejdirektoratet.dk/api/drupal/sites/default/files/publications/noise_control_through_traffic_flow_measures.pdf.
42. Ellebjerg L., *Noise Reduction in Urban Areas from Traffic and Driver Management – A toolkit for city authorities*, Silence 2008, dostęp on-line (22.03.2016): https://www.researchgate.net/profile/Selina-Mardh/publication/265108157_Noise_Reduction_in_Urban_Areas_from_Traffic_and_Driver_Management/links/56c72bcb08ae408dfe52d1ac/Noise-Reduction-in-Urban-Areas-from-Traffic-and-Driver-Management.pdf.
43. Engel Z., *Ochrona środowiska przed drganiem i hałasem*, PWN, Warszawa 2001.
44. Ferrant A., Sécurité routière: la vitesse responsable de 26% des accidents mortels, *Le Rapaire*, artykuł z dnia 02.08.2013, dostęp on-line (03.09.2018): http://www.lereparedesmotards.com/actualites/2013/actu_130208-securite-routiere-campagne-vitesse.php.
45. Gajda J. i in.: Pomiary parametrów ruchu drogowego – ocena dokładności, *Drogownictwo* 2003 nr 10, s. 323–331.
46. GAMBIT, *Badania bezpieczeństwa transportu – czas na integrację*, VII Międzynarodowe Seminarium Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego. Gdańsk, 23-25 kwietnia 2008.
47. Ghafghazi G., Hatzopoulou M. Simulating the air quality impacts of traffic calming schemes in a dense urban neighborhood, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2015 vol. 35, pp. 11-22, dostęp on-line (22.03.2016): <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920914001771>.
48. Gonzalo-Ordona H., Pérez-Acebob H., Unamunzaga A.L., Arcea M.R., Effects of traffic calming measures in different urban areas, *Transportation Research Procedia*, Volume 33, 2018, pp. 83-90, <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.10.079>.
49. Gozalo G.R., Suárez E., Montenegro A.L., Arenas J.P., Morillas J.M.B., González D.M., Noise Estimation Using Road and Urban Features. *Sustainability* 2020, 12(21), 9217, <https://doi.org/10.3390/su12219217>.
50. Greń J., *Statystyka matematyczna, modele i zadania*, PWN, Warszawa 1982.
51. *Guidelines for Traffic Calming*, City of Sparks, Public works, Traffic Division, Reno January 2007.
52. *Guidelines on Traffic Calming for Towns and Villages on National Routes, Rev B, National Roads Authority*, Dublin February 2005, dostęp on-line (20.02.2017): <https://www.tiipublications.ie/library/DN-STY-03060-01.pdf>.
53. Guilford J.P., *Podstawowe metody statystyczne w psychologii i pedagogice*, PWN, Warszawa, 1960.
54. Gupta N., Sharma A.K., Bhatti V., Evergreen Buffers as Screens in Landscapes, *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)* 2017, Volume: 04 Issue: 11, pp. 340-343.
55. Hallmark S.L., Peterson E., Fitzsimmons E., Hawkins N., Resler J., Welch T., *Evaluation of Gateway and Low-Cost Traffic-Calming Treatments for Major Routes in Small Rural Communities*, Institute for Transportation, Iowa State University, Iowa 2007. DOI: 10.3141/2078-14.
56. Harvey T., *A Review of Current Traffic Calming Techniques*, Universitat of Leeds: Leeds, UK. 2013.
57. Hellwig Z., *Elementy rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej*, PWN, Warszawa 1980.
58. Hernández E., Abadia X., Paris A., *Criterios de movilidad ZONAS 30*, Redacción: Antoni Paris: Departamento marketing del RACC, Enero 2007, dostęp on-line (10.12.2016): http://imagenes.w3.racc.es/uploads/file/1372_adjuntos_zonas_30_ok_jzq_132e1b4c.pdf.
59. Hobbs F.D., Richardson B.D., *Badania ruch drogowego*, WKŁ, Warszawa 1971.
60. Hummel T., Mackie A., Wells P., *Traffic calming measures in built-up areas Literature Review*, PR/SE/622/02 Vägverket TR80 2002:15779 Unpublished Project Report, Copyright TRL Limited, Swedish National Road Administration, Borlänge November 2002, dostęp on-line (13.06.2016): <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.585.960&rep=rep1&type=pdf>.
61. *Instrukcja obsługi urządzenia pomiarowego SVAN 945 A*, dostępna on-line na stronie producenta <https://svantek.com/pl/>, dostęp 20.02.2016.
62. Ivobotenko B.A., Il'inskij N.F., Kopylov J.P., *Planirovanie èksperimenta*, Ènergià, Moskva 1975.

63. Jägerbrand A.K., Sjöbergh J., Speed responses of trucks to light and weather conditions. *Journal Cogent Engineering*. 2019, vol. 6, Issue 1, Article: 1685365, dostęp on-line (21.04.2020): <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23311916.2019.1685365>.
64. Jägerbrand A.K., Johansson M. Laike T., Speed Responses to Speed Humps as Affected by Time of Day and Light Conditions on a Residential Road with Light-Emitting Diode (LED) Road Lighting, *Safety* 2018, 4, 10. DOI: [10.3390/safety4010010](https://doi.org/10.3390/safety4010010).
65. Jateikienė L., Andriejauskas T., Lingytė I., Jasiūnienė V., Impact Assessment of Speed Calming Measures on Road Safety. *Transp. Res. Procedia* 2016, 14, pp. 4228-4236.
66. Jun W., Ha J., Jeon B., Lee, J., Jeong, H., LED traffic sign detection with the fast radial symmetric transform and symmetric shape detection, *IEEE Xplore*, 2015, DOI: [10.1109/IVS.2015.7225704](https://doi.org/10.1109/IVS.2015.7225704).
67. Kacprzak D., Rozwiązania odwodnienia w rejonach środków uspokojenia ruchu, *Drogi – Budownictwo Infrastrukturalne*, 2016 nr 6, s. 42-45.
68. Kacprzak D., Sołowczuk A., Efektywność synergii zarządzania prędkością i zagospodarowania otoczenia drogi na przykładzie Wrzosowa, *Inżynieria i Budownictwo* nr 5 2019, s. 214-217.
69. Kacprzak D., Sołowczuk A., Effectiveness of road chicanes in access zones to a village at 70 km/h speed limit, World Multidisciplinary Civil Engineering – Architecture – Urban Planning Symposium, WMCAUS 2018, Prague 18 –22 Juny 2018, Czech Republic, *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 471 (2019) 062010, DOI: [10.1088/1757-899X/471/6/062010](https://doi.org/10.1088/1757-899X/471/6/062010).
70. Kacprzak D., Sołowczuk A., Skuteczność uspokojenia ruchu dzięki zastosowaniu szykan w strefach wjazdowych do małych miejscowości znajdujących się w ciągu dróg wojewódzkich, V Konferencja Praktyczne zagadnienia bezpieczeństwa ruchu drogowego Zielona Góra - Łągow, 06-07 czerwca 2019 r. dostęp on-line (02.07.2019): http://www.brd.ib.uz.zgora.pl/_pliki/PZBRD2019_S3_3.pdf.
71. Kacprzak D., Sołowczuk A., Synergy effect of speed management and development of road vicinity in Wrzosowo, World Multidisciplinary Civil Engineering – Architecture – Urban Planning Symposium, WMCAUS 2019, Prague 17 –21 Juny 2019, Czech Republic, *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 603 (2019) 052098, DOI: [10.1088/1757-899X/603/5/052098](https://doi.org/10.1088/1757-899X/603/5/052098).
72. Kacprzak D., Sołowczuk A., Środki uspokojenia ruchu na wjazdach do miejscowości, *Drogi - Budownictwo Infrastrukturalne* 2015 nr 9, s. 36-42.
73. Kacprzak D., Sołowczuk A., Środki uspokojenia ruchu wg wytycznych angielskich cz. I (wykrzywienie toru jazdy i szykany boczne), *Drogi - Budownictwo Infrastrukturalne*, 2016 nr 5, s. 34-39.
74. Kacprzak D., Sołowczuk A., Środki uspokojenia ruchu wg wytycznych angielskich cz. II (wykrzywienie toru jazdy i szykany boczne), *Drogi - Budownictwo Infrastrukturalne*, 2016 nr 6, s. 26-32.
75. Kacprzak D., Sołowczuk A., Środki uspokojenia ruchu wg wytycznych angielskich cz. III (szykany w osi jezdni i zwężenia jezdni), *Drogi - Budownictwo Infrastrukturalne*, 2016 nr 7-8, s. 28-32.
76. Kacprzak D., Sołowczuk A., Środki uspokojenia ruchu wg wytycznych niemieckich (wyspy wjazdowe w osi jezdni cz. IV), *Drogi - Budownictwo Infrastrukturalne*, 2016 nr 11, s. 36-43.
77. Kacprzak D., Sołowczuk A., Środki uspokojenia ruchu wg wytycznych niemieckich (wyspy wjazdowe wbudowane w osi jezdni cz. III), *Drogi - Budownictwo Infrastrukturalne*, 2016 nr 10, s. 38-43.
78. Kacprzak D., Sołowczuk A., Środki uspokojenia ruchu wg wytycznych niemieckich, (progi zwalniające cz. 1), *Drogi - Budownictwo Infrastrukturalne* 2015 nr 12, s. 26-31.
79. Kacprzak D., Sołowczuk A., Środki uspokojenia ruchu wg wytycznych niemieckich, (progi zwalniające cz. II), *Drogi - Budownictwo Infrastrukturalne*, 2016 nr 1-2, s. 28-33.
80. Kacprzak D., Sołowczuk A., Środki uspokojenia ruchu wg wytycznych niemieckich, Wykrzywienie toru jazdy cz. I, *Drogi - Budownictwo Infrastrukturalne*, 2016 nr 3, s. 36-39.
81. Kacprzak D., Sołowczuk A., Środki uspokojenia ruchu wg wytycznych niemieckich, Wykrzywienie toru jazdy cz. II, *Drogi - Budownictwo Infrastrukturalne*, 2016 nr 4, s. 34-39.
82. Kacprzak D., Sołowczuk A., Środki uspokojenia ruchu zastosowane w strefach wjazdowych wg wytycznych duńskich cz. 1, *Drogi - Budownictwo Infrastrukturalne* 2015 nr 10, s. 36-43.
83. Kacprzak D., Sołowczuk A., Środki uspokojenia ruchu zastosowane w strefach wjazdowych wg wytycznych duńskich cz. 2, *Drogi - Budownictwo Infrastrukturalne* 2015 nr 11, s. 34-39.
84. Kacprzak D., *Sprawność urządzeń do uspokajania ruchu na podstawie badań prowadzonych przez Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie*, Konferencja „Szczecińskie Forum Drogowe – uspokajanie ruchu drogowego”, Szczecin 31 maja 2019 r., 31.05.2019 - 31.05.2019.
85. Kieć M., *Wpływ typu zabudowy na bezpieczeństwo ruchu na drogach przechodzących przez małe miejscowości*, 58 Konferencja Naukowa Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN oraz Komitetu Nauki PZITB, Rzeszów-Krynica, 2012.
86. Kieć M., *Wpływ zagospodarowania otoczenia dróg na prędkość ruchu pojazdów*, 56 Konferencja Naukowa KILiW PAN oraz Komitetu Nauki PZITB Krynica 2010. Wyd. Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce, 2010.

87. King, R., Noise and speed - a guest blog from UK noise association, *20's Plenty for UK* 2019, dostęp on-line (19.07.2020): http://www.20splenty.org/noise_and_speed.
88. Kodeks drogowy – po zmianach, *Dziennik Gazeta Prawna*, INFOR Biznes Sp. z o.o., Warszawa 2013.
89. Kodeks drogowy – Przepisy podstawowe, WKŁ wyd. 8, Warszawa, 1999.
90. Kodeks drogowy, Wydawnictwo Od Nowa Sp. z o.o., Bielsko Biała 2021.
91. Korzyński M., *Metodyka eksperymentu. Planowanie, realizacja i statystyczne opracowanie wyników eksperymentów technologicznych*. PWN, Warszawa 2017.
92. Krystek R. i in, *Zasady uspokajania ruchu drogowego na drogach województwa pomorskiego, cz. I Układy ulic w miastach*, GAMBIT Pomorski, Gdańsk 2008.
93. Krystek R. i in, *Zasady uspokajania ruchu drogowego na drogach województwa pomorskiego, cz. II Przejścia dróg przez małe miasta i miejscowości*, GAMBIT Pomorski, Gdańsk 2008.
94. Kucharski R., *Metody prognozowania hałasu komunikacyjnego: (drogowego i ulicznego)*, PIOŚ, ASKON, Warszawa 1996.
95. Künzler P., Dietiker J., Steiner R. *Nachhaltige Gestaltung von Verkehrsräumen im Siedlungsbereich, Grundlagen für Planung, Bau und Reparatur von Verkehrsräumen*, Herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt BAFU 2011, Bern 2011, dostęp on-line (12.08.2019): https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/luft/uw-umwelt-wissen/nachhaltige_gestaltung_von_verkehrsräumen_im_siedlungsbereich.pdf.
96. La Vitesse Connaissez-Vous Ses Effets Et Ses Risques?, *Securite Routiere*, artykuł z dnia 01.04.2016, dostęp on-line (03.09.2018): <http://www.securite-routiere.gouv.fr/media/fichiers/depliant-la-vitesse-connaître-ses-effets-et-ses-risques>.
97. Lamberti, R., et al., *Perceptual Measures and Physical Devices for Traffic Calming Along a Rural Highway Crossing a Small Urban Community: Speed Behavior Evaluation in a Driving Simulator*, TRB Annual Meeting CD-ROM, Transportation Research Board, Washington, D.C., 2009, pp. 1-15, dostęp on-line (11.03.2016): <https://trid.trb.org/view/882174>.
98. Lamm R., Cafiso S., La Cava G., Beck A., *To What Extent the Human Being Is So Far Regarded in Modern Highway Geometric Design--An International Review and a Personal Outlook*, Compendium of Papers CD-ROM. 3rd International Symposium on Highway Geometric Design, Chicago, Illinois: June 29-July 1, 2005.
99. Land Transport Safety Authority of New Zeland, *Guidelines for urban-rural thresholds – Information, Traffic Note 35 – Revision 1*, Wellington 2004, dostęp on-line (20.02.2016): <https://www.nzta.govt.nz/assets/resources/traffic-notes/docs/traffic-note-35-rev1.pdf>.
100. Land Transport Safety Authority of New Zeland, *Rule Setting of Speed Limits 2003, Rule 54001*, Wellington 2003, dostęp on-line (25.02.2016): https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2009/laws/speed_new_zealand.pdf?ua=1.
101. Land Transport Safety Authority, *Guidelines for Urban/Rural Speed Thresholds, RTS 15*, Wellington 2002, dostęp on-line (03.03.2016): <https://www.nzta.govt.nz/assets/resources/road-traffic-standards/docs/rts-15.pdf>.
102. Lantieri C., Lamperti R., Simone A. et al., Gateway design assessment in the transition from high to low speed areas. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 2015 vol. 34, pp. 41-53. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2015.07.017>.
103. *Le Temps des Rues*, IREC, Federal Technical University of Lausanne, Lausanne 1990.
104. Lemke K., The new German highway Capacity Manual (HBS 2015), *Transportation Research Procedia* 2016, Volume 15, pp. 26-35, DOI: [10.1016/j.trpro.2016.06.003](https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.06.003).
105. *Logic*, Department of Mathematics and Statistics, University of Victoria, Chapter 1, dostęp on-line (20.03.2018): <https://www.math.uvic.ca/faculty/gmacgill/guide/Logic.pdf>.
106. Lois de la physique et vitesse – La vitesse réduit le champ de vision, Quebec, *Société de l'assurance automobile du Québec*, artykuł z dnia 16.02.2017, Dernière modification: 21 juillet 2021, dostęp on-line (03.05.2021): <https://saaq.gouv.qc.ca/securite-routiere/comportements/vitesse/lois-physique/>.
107. Lunenfeld H., *Evaluation of Traffic Operations, Safety, and Positive Guidance Projects*, United States. Federal Highway Administration, Office of Traffic Operations, Michigan 1980.
108. Mackie A.M., Ward H.A., Walker R.T., *Urban Safety Project, Part 3: Overall evaluation of area wide schemes*, TRRL Report 263. Transport and Road Research Laboratory RG11 6AU, Old Wokingham Road, Crowthorne 1990, dostęp on-line (15.03.2016): <https://trid.trb.org/view/352183>.
109. Mok J.-H., Landphair H.C., Naderi J.R., Landscape Improvement Impacts on Roadside Safety in Texas. *Landscape and Urban Planning* 2006, 78:263-274. DOI:[10.1016/j.landurbplan.2005.09.002](https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2005.09.002).
110. Naderi J.R., Landscape Design in the Clear Zone: Effect of Landscape Variables on Pedestrian Health and Driver Safety. *Transportation Research Record* 1851:119-130, 2003, <https://doi.org/10.3141/1851-12>.

111. Nina67, Consommation d'essence en fonction de vitesse et rapport, *Astuces-Pratiques*, artykuł z dn. 23.07.2015, dostęp on-line (12.08.2019): <https://www.astuces-pratiques.fr/auto-moto/consommation-d-essence-en-fonction-de-vitesse-et-rapport>.
112. Paige M., *Speed and Road Traffic Noise*, UK Noise Association, Chatham 2009, dostęp on-line (03.03.2016): http://www.ukna.org.uk/uploads/4/1/4/5/41458009/speed_and_road_traffic_noise.pdf.
113. *Pennsylvania's Traffic Calming Handbook*, Publication No. 383, Pennsylvania Department of Transportation Bureau of Maintenance and Operations (BOMO), Pennsylvania July 2012, dostęp on-line (10.02.2016): <https://www.dot.state.pa.us/public/PubsForms/Publications/PUB%20383.pdf>.
114. *Powierzchnia i ludność w przekroju terytorialnym w 2014 r.*, dostęp on-line (11.02.2016): <http://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/ludnosc/ludnosc/powierzchnia-i-ludnosc-w-przekroju-terytorialnym-w-2014-r-,7,11.html>.
115. Prato C.G., Rasmussen T. K., Kaplan S., Risk Factors Associated with Crash Severity on Low-Volume Rural Roads in Denmark, *Journal of Transportation Safety & Security* 2014, Volume 6, Issue 1, pp. 1-20. <https://doi.org/10.1080/19439962.2013.796027>.
116. Proctor S., Accident reduction through area-wide traffic schemes, *Transportation Research Board Serial: Traffic Engineering and Control* December 1991, Volume: 32, Issue 12, pp. 566-573, dostęp on-line (12.03.2016): <https://trid.trb.org/view/364550>.
117. Proctor S., Belcher M., Cook P., *Practical Road Safety Auditing*, Thomas Telford Limited edition, London 2001, dostęp on-line (10.02.2016): <https://trid.trb.org/view/708115>.
118. *Program komputerowy Google Earth*, dostęp on-line (na bieżąco w latach 2017-2021): <http://www.earth.google.com>.
119. *Program uspokojenia ruchu w małych miastach i miejscowościach na ciągach drogowych*, GDDP, Warszawa 1993.
120. Qingyong Y., Washburn S., Operational performance assessment for two – lane highways facilities. *Journal of Transportation Engineering, American Society of Civil Engineers ASCE*, Reston, VA, Vol. 135, Issue 4 April 2009, pp. 197-205, dostęp on-line (10.02.2016): <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%290733-947X%282009%29135%3A4%28197%29>.
121. Qu'est-ce que l'angle mort ?, *Ornikar*, artykuł z dnia 20.02.2014, dostęp on-line (03.09.2018): <https://www.ornikar.com/permis/conseils-conduite/controle-visuel/angle-mort>.
122. *Roads development guide*, East Ayrshire Strathclyde Regional Council, Ayrshire 2010, dostęp on-line (20.04.2016) <https://www.ayrshireroadsalliance.org/Resources/pdf/Permit-application-forms/East-Ayrshire/RoadsDevelopmentGuideEAC.pdf>.
123. *Roads development guide*, South Ayrshire Council Strathclyde Roads, Ayrshire 1995, dostęp on-line (20.06.2018): <https://www.ayrshireroadsalliance.org/Resources/pdf/Permit-application-forms/South-Ayrshire/Roads-Development-Guide-SAC.pdf>.
124. Rozporządzeniu Ministra Administracji i Cyfryzacji z dnia 13 grudnia 2012 r. w sprawie wykazu urzędowych nazw miejscowości i ich części, *Dziennik Ustaw* poz. 200, Warszawa 2013.
125. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 15 października 2013 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku, *Dziennik Ustaw* poz. 112, Warszawa 2014.
126. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie, *Dziennik Ustaw* nr 43, poz. 430, Warszawa 1999.
127. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 14 maja 2019 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie, *Dziennik Ustaw* nr 43, poz. 430 z późn. zm., Warszawa 2019.
128. *Rules for road and paths in rural areas, Booklet 4.1, Prioritized intersection Geometry*, Danish Road Directorate – Road Regulation Committee, Kopenhaga August 2000.
129. Sadeghi-Bazargani H., Saadati M., Speed Management Strategies, A Systematic Review, *Beat*, 2016, vol. 4(3), pp. 126–133, dostęp on-line (18.08.2018): <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4989038/>.
130. Sadowski J., *Akustyka w urbanistyce architekturze i budownictwie*, Arkady, Warszawa 1971.
131. *Safe Road Design Manual, Amendments to the WB Manual*, Transport Rehabilitation Project ID PO75207, Consulting Services for Safe Road Design, Sweden SweRoad, Stockholm 2011-02-25, pp. 39, dostęp on-line (10.03.2017): https://www.putevi-srbije.rs/images/pdf/harmonizacija/prirucnik_za_projektovanje_puteva/safe_road_design_manual_amendments_to_wb.pdf.
132. Sayer I.A., Parry D.I., Barker J. K., *Traffic calming – An assessment of selected on-road chicane schemes*, Transport Research Laboratory TRL Report 313, Crowthorne 1998, dostęp on-line (20.03.2018): <https://trl.co.uk/sites/default/files/TRL313.pdf>.

133. Sayer I.A., Parry D.I., *Speed control using chicanes - a trial at TRL*. TRL Project Report PR 102. Transport Research Laboratory, Crowthorne 1994. dostęp on-line (25.03.2018): <https://trid.trb.org/view/425130>.
134. Seneci F., Avesani F., Bonomi, I., *Piani particolareggiati per mobilità' ciclabile e pedonale e sicurezza stradale*, Comune di Bassano del Grappa, Verona, 2012, dostęp on-line (25.03.2016): www.comune.bassano.vi.it.
135. *Setting Local Speed Limits*, Department for Transport, London 2013, dostęp on-line (25.03.2017): <https://www.nottinghamshire.gov.uk/DMS/Document.ashx>.
136. Shahar A., Brémond R., Villa C., Can light emitting diode-based road studs improve vehicle control in curves at night? A driving simulator study, *Sage Journals* 2016 vol. 50, issue 2 (issue published 2018), pp. 266-281, <https://doi.org/10.1177/1477153516660146>.
137. Shrestha K.J., Shrestha P.P., Comprehensive framework for speed-zone guidelines, *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)* 2016, 3 (4): 352 e363, dostęp on-line (03.05.2018): <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S209575641530619X>.
138. Sobczyńska D., *Sztuka badań eksperymentalnych*, monografia habilitacyjna, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań 1993, Zeszyty Naukowe serii Filozofia i logika nr 71.
139. Sołowczuk A., Kacprzak D., Identification of determinants of the speed-reducing effect of pedestrian refuges in villages located on a chosen regional road, *Symmetry* 2019, 11(4), 597, <https://doi.org/10.3390/sym11040597>.
140. Sołowczuk A., Kacprzak D., Identification of the determinants of the effectiveness of on-road chicanes in transition zones to villages subject to a 50 km/h speed limit, *Energies* 2021, vol. 14, artykuł 5244, <https://doi.org/10.3390/en14134002>.
141. Sołowczuk A., Kacprzak D., Identification of the determinants of the effectiveness of on-road chicanes in transition zones to villages subject to a 70 km/h speed limit, *Energies* 2020, vol. 13, artykuł 5244, <https://doi.org/10.3390/en13205244>.
142. Sołowczuk A., Kacprzak D., *Synergy of Several Factors Influencing the Vehicle Speeds in Village Transition Zones*, Conference "Global Summit on Renewable Energy and Resources", December 06-07, 2021, Dubai, UAE, DOI: 10.13140/RG.2.2.15665.51043. https://www.researchgate.net/publication/357240985_Synergy_of_Several_Factors_Influencing_the_Vehicle_Speeds_in_Village_Transition_Zones.
143. Sołowczuk A., *Naukowe podstawy oceny stanu dwupasowych dróg dwukierunkowych ze względu na ich wartości użytkowe*, rozprawa habilitacyjna, Moskiewski Samochodowo-Drogowy Instytut (Państwowy Uniwersytet Techniczny) MADI GTU, Moskwa 2005, s. 399.
144. *Speed Reduction Techniques for Rural High-to-Low Speed Transitions. A Synthesis of Highway Practice, National Cooperative Highway Research Program NCHRP Synthesis 412*, Transportation Research Board, Washington, D.C., 2011, pp. 1-111, dostęp on-line (21.08.2021): https://www.infrastructureusa.org/wp-content/uploads/2011/04/nchrp_syn_412.pdf.
145. Stamatiadis N., et al., *International Scanning Tour on Highway Geometric Design*. FHWA-PL-01-026, Federal Highway Administration, Washington, D.C., 2000.
146. Stamatiadis N., Pigman J., Hartman, D. *Safety Consequences from Flexibility in Highway Design for Rural Communities*, Final Report NCHRP 15-22, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 2004.
147. *Średni Dobowy Ruch w punktach pomiarowych na drogach wojewódzkich w 2010 r.*, dostęp on-line (25.08.2015): http://www.zzdw.koszalin.pl/html/Pomiar_ruchu/i/11029.
148. *Średni Dobowy Ruch w punktach pomiarowych na drogach wojewódzkich w 2015 r.*, dostęp on-line (29.07.2016): http://www.zzdw.koszalin.pl/html/Pomiar_ruchu/i/11029.
149. Taylor J.R., *Wstęp do analizy błędu pomiarowego*, Wydawnictwo Naukowe PWN SA, Warszawa 1999.
150. Taylor J.R. An Introduction to Error Analysis, The Study of Uncertainties in Physical Measurements, 2 ed., University Science Books Sausalito, California, USA, 1997.
150. Teren zabudowany, czyli jak nie dać zrobić się w bambuko!, *Anuluj- mandat* artykuł z dnia 22.11.2017, dostęp on-line (20.12.2017): <https://anuluj-mandat.pl/post/teren-zabudowany-czyli-jak-nie-dac-zrobic-sie-w-bambuko>.
151. The Centre for Urban Design, Transport for NSW, *Noise wall design guideline Design guideline to improve the appearance of noise walls in NSW*, Centre for Urban Design, Sydney 2021, dostęp on-line (11.10.2021): <https://roads-waterways.transport.nsw.gov.au/business-industry/partners-suppliers/documents/centre-for-urban-design/noise-wall-design-guideline.pdf>.
152. Theeuwes J., Horst A.V.D., Kuiken M., *Designing Safe Road Systems: A Human Factors Perspective*, CRC Press Taylor&Francis Group, London 2017, DOI:10.1201/9781315576732 ID: 111100953.
153. Tips for Using Plants to Reduce Noise in the Landscape, *Water Conservation for Lawn and Landscape* 2019, artykuł z dnia July 29, dostęp on-line (15.04.2020): <https://landscape-water-conservation.extension.org/tips-for-using-plants-to-reduce-noise-in-the-landscape/>.

154. Tracz M., *Pomiary i badania ruchu drogowego*, WKŁ, Warszawa 1984.
155. *Traffic Calming Guide for Toronto*, Transportation Services Division, Toronto 2016, dostęp on-line (12.07.2017): https://www.toronto.ca/wp-content/uploads/2017/11/97d0-2016-Traffic-Calming-Guide_March2017.pdf.
156. *Traffic Calming Guidelines*, Devon County Council Engineering & Planning Department, Devon 1992.
157. *Traffic calming schemes, Opportunities and implementation strategies*, R-2003-22, pod red. Ingrid van Schagen (ed.), SWOV Institute for Road Safety Research, The Netherlands, Leidschendam, 2003, dostęp on-line (12.05.2016): <https://www.gtkp.com/assets/uploads/20100110-011359-5067-R-2003-22.pdf>.
158. *Traffic Calming. Local Transport Note 01/07*, Department for Transport, Department for Regional Development (Northern Ireland), Scottish Executive, Welsh Assembly Government, Great Britain Scottish 2007, dostęp on-line (22.03.2016): https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/918429/ltn-1-07_Traffic-calming-guidance.pdf.
159. *Traffic Calming: State of the Practice ITE/FHWA*, Copenhagen August 1999. dostęp on-line (25.05.2016): <https://safety.fhwa.dot.gov/saferjourney1/library/pdf/toolsintro.pdf>.
160. *Traffic Management Guidelines, Department of Transport An Roinn Iompair*, Dublin published by the stationery office, Dublin 2002, dostęp on-line (11.05.2016): http://www.rmo.ie/uploads/8/2/1/0/821068/dto_traffic_manual.pdf.
161. *Transition Zone Design – Final Report, Research Report KTC -13-14/SPR431-12-1F*, University of Kentucky, Kentucky Transportation Center, Lexington 2013, dostęp on-line (28.03.2016): https://uknowledge.uky.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1598&context=ktc_researchreports.
162. Trzęsicki K., *Elementy logiki i teorii mnogości*, Wyd. II poprawione i zmienione. Wersja elektroniczna, Wyższa Szkoła Finansów i Zarządzania, Białystok 2004.
163. Trzęsicki K., *Logika i teoria mnogości. Ujęcie systematyczno-historyczne*, Akademicka Oficyna Wydawnicza Exit, Warszawa 2003.
164. *Urban Traffic Areas – Part 7 – Speed Reducers. Vejdirektoratet-vejregeludvalget*. Denmark June 1991.
165. *Urban Traffic Areas, Booklet 3, Cross-sectional Profiles*, Road Directorate – Road Regulation Committee, Denmark October 2000.
166. Ustawa – Prawo o ruchu drogowym z dnia 20 czerwca 1997 r. nr 98 poz. 602 z późn. zm., *Dziennik Ustaw* 2021 poz. 450 z dnia 1 marca 2021.
167. Vahl H.G., Giskes J., *Traffic Calming through Integrated Urban Planning*, Amarcande, Paris 1990.
168. Van Aerde M., Single regime speed – flow – density relationships for congested and uncongested highways. *Transportation Research Board* 74th Annual Conference, Washington D.C. 27 January 1995, paper No. 950802.
169. Wang X., Bie Y., Qiu T.Z., Niu L., Effect of speed limits at speed transition zones, *Canadian Journal of Civil Engineering* 3 November 2016, Volume 44 (1) January 2017, <https://doi.org/10.1139/cjce-2016-0125>.
170. Wilson K., Pettit Ch.L., Ostashew V.E., Sound propagation in the atmospheric boundary layer, *Acoustics Today*, Spring 2015, 11(12), pp. 44–53.
171. *Wirksamkeit geschwindigkeitsdämpfender Maßnahmen außerorts*, Dezernat Verkehrssicherheit und Verkehrstechnik, Hessisches Landesamt für Straßen- und Verkehrswesen, Germany Hessen 1997, dostęp on-line (10.01.2015): <https://mobil.hessen.de/sites/mobil.hessen.de/files/content-downloads/Wirksamkeit%20geschwindigkeitsd%C3%A4mpfender%20Ma%C3%9Fnahmen%20au%C3%9Ferorts.pdf>.
172. World Health Organization (WHO). *Global Status Report on Road Safety 2010*, World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2010, dostęp on-line (10.12.2019): <https://www.who.int/publications>.
173. World Health Organization (WHO). *Global Status Report on Road Safety 2015*, World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2015, dostęp on-line (10.12.2019): <https://www.afro.who.int/publications/global-status-report-road-safety-2015>.
174. World Health Organization (WHO). *Global Status Report on Road Safety 2018*, World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2018, dostęp on-line (10.12.2019): <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565684>.
175. *Wytyczne projektowania skrzyżowań drogowych cz. I*, GDDP, Warszawa 2001.
176. *Wytyczne wykonywania pomiarów hałasu przy drogach krajowych prowadzonych w trakcie generalnego pomiaru ruchu*, opracowanie Biura Ekspertyz i Projektów Budownictwa Komunikacyjnego „EKKOM” Sp. z o.o., GDDKiA, Warszawa Kraków 2005, dostęp on-line (02.06.2017): http://www.gddkia.gov.pl/userfiles/articles/u/uwagi-koncowe-izalaczniki_2578/documents/wytyczne.pdf.
177. *Wytyczne zarządzania prędkościami na drogach samorządowych część 1*, praca zbiorowa pod red. S. Gacy, Politechnika Krakowska, Politechnika Gdańska, Fundacja Rozwoju Inżynierii Lądowej, Kraków/Gdańsk, 2016.

178. *Wytyczne zarządzania prędkościami na drogach samorządowych część 2*, praca zbiorowa pod red. S. Gacy, Politechnika Krakowska, Politechnika Gdańska, Fundacja Rozwoju Inżynierii Lądowej, Kraków/Gdańsk, 2016.
179. *Wytyczne zarządzania prędkościami na drogach samorządowych część 3 – katalog środków zarządzania prędkościami*, praca zbiorowa pod red. S. Gacy, Politechnika Krakowska, Politechnika Gdańska, Fundacja Rozwoju Inżynierii Lądowej, Kraków/Gdańsk, 2016.
180. Xu T., Sun X., Wang W., He Y., *Speed Transition Zone Design Based on Driving Simulator Research*, Tenth International Conference of Chinese Transportation Professionals (ICCTP), Beijing 4-8 August 2010, <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/411127%28382%2945>.
181. Yassin H.H., *Livable city: An approach to pedestrianization through tactical urbanism*, *Alexandria Engineering Journal*, Volume 58, Issue 1, March 2019, Pages 251-259, <https://doi.org/10.1016/j.aej.2019.02.005>.
182. Yssaad R., *Analyse psychophysique du champ visuel. — Détection, Identification, Effet de groupement et Apprentissage Perceptif*, thèse de doctorat de Psychologie, Présentée et soutenue publiquement le 28 septembre 2001, dostęp on-line (04.04.2019): http://theses.univ-lyon2.fr/documents/lyon2/2001/yssaad_r#p=0&a=top.
183. Zalewski A., *Środki uspokojenia ruchu i ich oddziaływanie na prędkość*, Seminarium GDDKiA „Zarządzanie prędkościami” Warszawa 17-18 października 2013, dostęp on-line (07.05.2016): <http://materialy.wb.pb.edu.pl/marekmotylewicz/files/2016/03/%C5%9Arodki-uspokojenia-ruchu-i-ich-oddzia%C5%82ywanie-na-predko%C5%9B%C4%87.pdf>.
184. Zalewski A., *Uspokojenie ruchu jako zagadnienie komunikacyjne*, monografia habilitacyjna 414, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Zeszyty Naukowe PŁ nr 1104, Łódź 2011.
185. Załącznik do *Dziennika Ustaw* nr 220 poz. 2181 z dnia 23.12.2003 z późn. zm., Szczegółowe warunki techniczne dla znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunki ich umieszczania na drogach.
186. *Zasady uspokajania ruchu na drogach za pomocą fizycznych środków technicznych*, Biuro Ekspertyz i Projektów Budownictwa Komunikacyjnego „EKKOM” Sp. z o.o., Kraków 2008.
187. Zieliński R., *Tablice statystyczne*, PWN, Warszawa 1972.
188. Żmijan M., *Wybrane elementy poprawy BRD na odcinkach przejść dróg krajowych przez miejscowości*, Krasnobród 26-27.01.2012 r. dostęp on-line (08.02.2015): <https://docplayer.pl/26626927-Wybrane-elementy-poprawy-brd-na-odcinkach-przejsc-drog-krajowych-przez-miejscowosci.html>.

SPIS TABEL ZASTOSOWANYCH W TEKŚCIE ROZPRAWY

Tab. 1.1	Zestawienie udziału zmniejszenia zdarzeń drogowych na przejściu dróg tranzytowych przez wieś w wyniku stosowania środków uspokojenia ruchu i różnych strategii zarządzania prędkością	22
Tab. 1.2	Kategorie skuteczności redukcji prędkości (opracowanie autora na podstawie [122]) ..	29
Tab. 1.3	Zestawienie 85% kwantyla prędkości i prędkości średniej wg danych z wytycznych [160]	32
Tab. 1.4	Porównanie kryteriów stosowanych w wytycznych polskich i wybranych wytycznych zagranicznych pomocnych w doborze i stosowaniu szykan, jako środków uspokojenia ruchu	39
Tab. 1.5	Zestawienie prędkości średnich i kwantyla 85% na tranzytowych dwupasowych drogach dwukierunkowych [100]	40
Tab. 3.1	Zestawienie podstawowych wielkości uzyskanych z wstępnych pomiarów prędkości..	49
Tab. 3.2	Podstawowe wielkości uzyskane z wstępnych pomiarów poziomu hałasu	85
Tab. 4.1	Zestawienie danych ogólnych na wybranych odcinkach badawczych z podziałem na rodzaje szykan	92
Tab. 5.1	Rezultaty standardowych testów statystycznych w odniesieniu do populacji prędkości w ruchu swobodnym, (odcinki badawcze wymienione są w kolejności Δv_{85}) [141] ...	103
Tab. 5.2	Rezultaty standardowych testów statystycznych w odniesieniu do populacji prędkości w potoku pojazdów v pp, (odcinki badawcze wymienione są w kolejności Δv_{85})	103
Tab. 5.3	Rezultaty standardowych testów statystycznych w odniesieniu do porównania populacji prędkości przed i za szykaną w ruchu swobodnym, (odcinki badawcze wymienione są w kolejności Δv_{85}) [141]	104
Tab. 5.4	Rezultaty standardowych testów statystycznych w odniesieniu do porównania populacji prędkości przed i za szykaną w potoku pojazdów, (odcinki badawcze wymienione są w kolejności jak w tab. 5.3) [141]	104
Tab. 5.5	Rezultaty standardowych testów statystycznych w odniesieniu do porównania populacji prędkości w ruchu swobodnym na kolejnych odcinkach badawczych [141]..	105
Tab. 5.6	Rezultaty standardowych testów statystycznych w odniesieniu do porównania populacji prędkości w potoku pojazdów na kolejnych odcinkach badawczych [141]...	105
Tab. 5.7	Współczynniki korelacji pomiędzy miarami kwantyfikacyjnymi i wybranymi parametrami rozkładu prędkości w poligonie badawczym 1 (włącznie z odcinkami dodatkowymi, w których nie wybudowano szykan)	117
Tab. 5.8	Współczynniki korelacji pomiędzy miarami kwantyfikacyjnymi i wybranymi parametrami rozkładu prędkości w poligonie badawczym 1 (bez dodatkowych odcinków, w których nie wybudowano szykan)	117
Tab. 6.1	Rezultaty standardowych testów statystycznych w odniesieniu do populacji prędkości w ruchu swobodnym, (odcinki badawcze wymienione są w kolejności Δv_{85})	127
Tab. 6.2	Rezultaty standardowych testów statystycznych w odniesieniu do populacji prędkości w potoku pojazdów, (odcinki badawcze wymienione są w kolejności Δv_{85})	127

Tab. 6.3	Rezultaty standardowych testów statystycznych w odniesieniu do porównania prędkości przed i za szykaną w ruchu swobodnym, (odcinki badawcze wymienione są w kolejności Δv_{85})	128
Tab. 6.4	Rezultaty standardowych testów statystycznych w odniesieniu do porównania populacji prędkości przed i za szykaną w potoku pojazdów, (odcinki badawcze wymienione są w kolejności jak w tab. 6.1)	128
Tab. 6.5	Rezultaty standardowych testów statystycznych w odniesieniu do porównania prędkości w ruchu swobodnym na kolejnych odcinkach badawczych, (które wymienione są w kolejności jak w tab. 6.1)	129
Tab. 6.6	Rezultaty standardowych testów statystycznych w odniesieniu do porównania populacji prędkości w potoku pojazdów na kolejnych odcinkach badawczych	129
Tab. 6.7	Współczynniki korelacji pomiędzy prędkością za szykaną v^{za} i redukcją prędkości Δv a wielkością odgięcia toru jazdy i stosunkiem $l/12$ w odniesieniu do danych z poligonu badawczego 2	134
Tab. 6.8	Współczynniki korelacji pomiędzy miarami kwantyfikacyjnymi i wybranymi parametrami rozkładu prędkości na odcinkach badawczych z poligonu badawczego 2 (włącznie z odcinkami dodatkowymi we wsi Rekowo, w których nie wybudowano szykan)	141
Tab. 6.9	Współczynniki korelacji pomiędzy zmiennymi jakościowymi i wybranymi parametrami rozkładu prędkości na odcinkach badawczych z poligonu badawczego 2 (bez wsi Rekowo)	141
Tab. 7.1	Rezultaty standardowych testów statystycznych w odniesieniu do populacji prędkości w ruchu swobodnym, (odcinki badawcze wymienione są w kolejności Δv_{85})	148
Tab. 7.2	Rezultaty standardowych testów statystycznych w odniesieniu do populacji prędkości w potoku pojazdów, (odcinki badawcze wymienione są w kolejności Δv_{85})	148
Tab. 7.3	Rezultaty standardowych testów statystycznych w odniesieniu do porównania prędkości przed i za szykaną w ruchu swobodnym, (odcinki badawcze wymienione są w kolejności Δv_{85})	149
Tab. 7.4	Rezultaty standardowych testów statystycznych w odniesieniu do porównania populacji prędkości przed i za szykaną w potoku pojazdów, (odcinki badawcze wymienione są w kolejności jak w tab. 7.1)	149
Tab. 7.5	Rezultaty standardowych testów statystycznych w odniesieniu do porównania populacji prędkości w ruchu swobodnym na kolejnych odcinkach badawczych, (odcinki badawcze wymienione są w kolejności jak w tab. 7.1)	150
Tab. 7.6	Rezultaty standardowych testów statystycznych w odniesieniu do porównania populacji prędkości w potoku pojazdów na kolejnych odcinkach badawczych	150
Tab. 7.7	Współczynniki korelacji pomiędzy zmiennymi jakościowymi i wybranymi parametrami rozkładu prędkości na odcinkach badawczych z poligonu badawczego 3	159
Tab. 7.8	Zestawienie parametrów i czynników na odcinkach z poligonu badawczego 3	160
Tab. 8.1	Zestawienie wyników prędkości i hałasu na wybranych dwóch odcinkach badawczych	167
Tab. 8.2	Zestawienie rezultatów pomiaru poziomu hałasu drogowego i wyników testów statystycznych w Bielkowie 1	169
Tab. 8.3	Zestawienie wartości współczynnika korelacji pomiędzy parametrami rozkładu prędkości i parametrami hałasu na odcinkach badawczych (podanych w kolejności Δv_{85} w ruchu swobodnym)	172

Spis tabel zastosowanych w tekście rozprawy

Tab. 8.4	Zestawienie wartości współczynnika korelacji pomiędzy parametrami rozkładu prędkości i parametrami hałasu na odcinkach badawczych (podanych w kolejności Δv_{85})	178
Tab. 8.5	Zestawienie wartości współczynnika korelacji pomiędzy parametrami rozkładu prędkości i parametrami hałasu na odcinkach badawczych (podanych w kolejności Δv_{85})	182

SPIS RYSUNKÓW ZASTOSOWANYCH W TEKŚCIE ROZPRAWY

Ryc. 1.1	Propozycja lokalizacji środków uspokojenia ruchu w strefie wjazdowej na drogach tranzytowych z dopuszczalną prędkością do 90 km/h (opracowanie autora na podstawie [161])	24
Ryc. 1.2	Interpretacje wielkości hałasu, stężenia spalin i zużycia paliwa w zależności od prędkości	25
	a) profil prędkości pomiędzy środkami uspokojenia ruchu i wielkość hałasu oraz stężenia spalin (na podstawie danych zawartych w wytycznych szwajcarskich [95])	25
	b) zużycie paliwa przy jeździe na różnych biegach i przy różnej prędkości (na podstawie francuskiego opracowania [111])	25
Ryc. 1.3	Przykład strefowania prędkości na drogach wojewódzkich i przejściu drogi tranzytowej przez wieś	26
Ryc. 1.4	Zależność redukcji prędkości od rodzaju szykany i wielkości odgięcia toru jazdy (opracowanie autora na podstawie [171])	34
Ryc. 1.5	Długość oddziaływania szykany na prędkość w zależności od odgięcia toru jazdy (opracowanie autora na podstawie [171])	34
Ryc. 1.6	Stan dotychczasowych badań i sformułowane na ich podstawie wnioski	40
Ryc. 2.1	Szczegółowa struktura rozprawy doktorskiej	45
Ryc. 3.1	Urządzenie pomiarowe zastosowane w badaniach prędkości i natężenia ruchu	48
Ryc. 3.2	Przykładowe miejsca pomiaru prędkości w odległości 100 i 300 m, mierzonej od czoła szykany	49
	a) odległość 100 m – $v_{dop} = 70$ km/h	49
	b) odległość 100 m – $v_{dop} = 50$ km/h	49
	c) odległość 300 m – $v_{dop} = 70$ km/h	49
	d) odległość 300 m – $v_{dop} = 50$ km/h	49
Ryc. 3.3	Przykładowe dystrybuanty rozkładu prędkości samochodów osobowych w ruchu swobodnym	51
	a) prędkości w strefie wjazdowej i ograniczeniu prędkości do 70 km/h znakiem B-33	51
	b) prędkości w strefie wjazdowej i ograniczeniu prędkości do 40 km/h znakiem B-33	51
Ryc. 3.4	Przykładowe porównanie dystrybuant rozkładu prędkości w ruchu swobodnym i ciągłym na prostym w planie odcinka drogi w strefie wjazdowej do miejscowości	52
Ryc. 3.5	Przykładowa tablica czteropolowa testu niezależności χ^2 – przypadek, gdy wybudowana szykana wpływa znacząco na redukcję prędkości ($\chi^2 \geq \chi^2_{\alpha}$)	53
Ryc. 3.6	Szykana wybudowana w osi jezdni z odgięciem toru jazdy od kierunku prostego o 1 m ...	54
Ryc. 3.7	Szykana jednostronna półokrągła z odgięciem toru jazdy od kierunku prostego o 6 m	54
Ryc. 3.8	Analizowane rodzaje szykan drogowych i odgięcie toru jazdy od kierunku prostego a [69, 140, 141]	54
Ryc. 3.9	Schematy organizacji ruchu na odcinkach badawczych z różnymi rodzajami szykan [142]	55
	a) schemat organizacji ruchu przy ograniczeniu prędkości do 70 km/h i zastosowanych szykanach jednostronnych	55
	b) schemat organizacji ruchu przy ograniczeniu prędkości do 50 km/h i zastosowanych szykanach jednostronnych	55
	c) schemat organizacji ruchu przy ograniczeniu prędkości do 50 km/h i zastosowanych szykanach w osi jezdni	55
Ryc. 3.10	Lokalizacja odcinków z poligonu badawczego 1 i 2 na wybranych drogach wojewódzkich na tle województwa zachodniopomorskiego i Polski [142]	56

Ryc. 3.11	Lokalizacja odcinków z poligonu badawczego 3 (szykany w osi jezdni) na wybranych drogach wojewódzkich na tle fragmentu województwa zachodniopomorskiego i Polski [142]	56
Ryc. 3.12	Oszacowanie przedziałowe prędkości w ruchu swobodnym w odniesieniu do poligonu badawczego 1 wg wielkości prędkości zmierzonej za szykana v_{85}^{za}	57
Ryc. 3.13	Dojazd do Krosina w terenie rolniczym wzdłuż szpaleru drzew i słabej widoczności sylwety wsi	58
Ryc. 3.14	Dojazd do Iwęcina 2 w terenie rolniczym otwartym i dobrej widoczności odległej sylwety wsi	58
Ryc. 3.15	Dojazd do Uniemyśla w terenie leśnym i ograniczona widoczność pojedynczej zabudowy	58
Ryc. 3.16	Dojazd do Dębostrowa w terenie leśnym i brak widoczności sylwety wsi i zabudowy	58
Ryc. 3.17	Dojazd do Jarzysławia 1 w terenie otwartym rolniczym i słaba widoczność sylwety wsi [118]	58
Ryc. 3.18	Dojazd do Jarzysławia 2 w terenie otwartym rolniczym i brak widoku sylwety wsi [118]	58
Ryc. 3.19	Oszacowanie przedziałowe prędkości w ruchu swobodnym w odniesieniu do poligonu badawczego 1 wg wielkości redukcji prędkości Δv_{85}	59
Ryc. 3.20	Dojazd do Biolkowa 1 w otwartym terenie rolniczym, przy bardzo dobrej widoczności sylwety wsi i bliskiej zabudowy	60
Ryc. 3.21	Dojazd do Iwęcina 1 w terenie otwartym rolniczym i widoku oddalonej sylwety wsi [118]	60
Ryc. 3.22	Oszacowanie przedziałowe prędkości w ruchu swobodnym w odniesieniu do poligonu badawczego 1 wg wielkości prędkości zmierzonej odpowiednio przed i za szykaną	61
	a) w kolejności prędkości zmierzonej przed szykaną v_{85}^{przed}	61
	b) w kolejności prędkości zmierzonej za szykaną v_{85}^{za}	61
Ryc. 3.23	Schemat określenia zmiennej niezależnej z i podział na trzy przyjęte kryteria [141]	62
Ryc. 3.24	Punkty fiksacji otoczenia w różnych warunkach jazdy	63
	a) na podstawie danych z [9]	63
	b) przy ograniczeniu prędkości znakiem B-33 do 70 km/h [141]	63
	c) przy ograniczeniu prędkości znakiem B-33 do 50 km/h	63
Ryc. 3.25	Pole koncentracji uwagi kierowcy	63
	a) na podstawie danych z [59]	63
	b) przy ograniczeniu prędkości znakiem B-33 do 70 km/h [141]	63
	c) przy ograniczeniu prędkości znakiem B-33 do 50 km/h	63
Ryc. 3.26	Centralne i boczne pole widzenia kierowcy	64
	a) na podstawie danych z [121]	64
	b) przy prędkości 50 km/h [141]	64
	c) przy prędkości 70 km/h [141]	64
	d) przy prędkości 100 km/h [141]	64
Ryc. 3.27	Wybrane czynniki związane z organizacją ruchu w poligonie badawczym 1, (czcionką niebieską oznaczono czynniki jakościowe, a czcionką czarną przyjętą interpretację miary kwantyfikacyjnej) [141]	66
Ryc. 3.28	Zmiany prędkości w ruchu swobodnym (poligon badawczy 1) w kolejności wartości zmierzonego godzinowego natężenia ruchu	66
Ryc. 3.29	Wybrane związane z warunkami drogowymi w poligonie badawczym 1, (czcionką niebieską oznaczono czynniki jakościowe, a czcionką czarną przyjętą interpretację miary kwantyfikacyjnej) [141]	67
Ryc. 3.30	Wybrane czynniki związane z zagospodarowaniem i widocznością w poligonie badawczym 1, (czcionką niebieską oznaczono czynniki jakościowe, a czcionką czarną przyjętą interpretację miary kwantyfikacyjnej) [141]	68
Ryc. 3.31	Zagregowany parametr z kwantyfikowania łącznego oddziaływania przestrzennego zagospodarowania otoczenia strefy wjazdowej na percepcję kierowcy, powodujący w efekcie zmniejszenie prędkości kierowanego pojazdu, na i-tym odcinku badawczym [141]	68

Ryc. 3.32	Oszacowanie przedziałowe prędkości w ruchu swobodnym w odniesieniu do poligonu badawczego 2 wg wielkości prędkości zmierzonych za szykaną	69
Ryc. 3.33	Oszacowanie przedziałowe prędkości w ruchu swobodnym na odcinkach badawczych z poligonu badawczego 2 wg wielkości redukcji prędkości i rzeczywistego odgięcia toru jazdy	70
Ryc. 3.34	Oszacowanie przedziałowe prędkości w ruchu swobodnym za odcinkach badawczych z poligonu badawczego 2 wg rodzaju szykany i wielkości odgięcia toru jazdy od kierunku prostego	71
	a) w kolejności wielkości prędkości zmierzonej przed szykaną v^{przed}	71
	b) w kolejności wielkości prędkości zmierzonej za szykaną v^{za}	71
Ryc. 3.35	Sylweta wsi dobrze widoczna na dojeździe do wsi Trzebusz 2	72
Ryc. 3.36	Bariery ochronne na poboczach drogi wybudowane na dojeździe do wsi Trzebusz 2	72
Ryc. 3.37	Kręty odcinek drogi na wjeździe do wsi Trzebusz 2 za szykaną	72
Ryc. 3.38	Przeszkoda boczna w postaci poręczy nad przepustem na wjeździe do wsi Trzebusz 2	72
Ryc. 3.39	Dojazd do szykany na wjeździe do wsi Gleźnowo 2, znajdujący się częściowo w terenie leśnym	73
Ryc. 3.40	Wysoki krawężnik na krawędzi drogi na wyjeździe z szykany i widok bliskiej zabudowy we wsi Gleźnowo 2	73
Ryc. 3.41	Wybrane czynniki związane z organizacją ruchu w poligonie badawczym 2, (czcionką niebieską oznaczono czynniki jakościowe, a czcionką czarną przyjętą interpretację miar kwantyfikacyjnych) [140]	74
Ryc. 3.42	Zmiany prędkości w ruchu swobodnym (poligon badawczy 2) w kolejności wartości zmierzonego godzinowego natężenia ruchu	74
Ryc. 3.43	Wybrane czynniki związane z warunkami drogowymi w poligonie badawczym 2, (czcionką niebieską oznaczono czynniki jakościowe, a czcionką czarną przyjętą interpretację miar kwantyfikacyjnych [140]	75
Ryc. 3.44	Wybrane do analiz czynniki związane z zagospodarowaniem i widocznością w poligonie badawczym 2, (czcionką niebieską oznaczono czynniki jakościowe, a czcionką czarną przyjętą interpretację miar kwantyfikacyjnych) [140]	76
Ryc. 3.45	Oszacowanie przedziałowe prędkości w ruchu swobodnym w odniesieniu do poligonu badawczego 3 wg wielkości redukcji prędkości w ruchu swobodnym Δv_{85}^{za}	77
Ryc. 3.46	Oszacowanie przedziałowe prędkości w ruchu swobodnym w odniesieniu do poligonu badawczego 3 wg wielkości redukcji prędkości i różnego charakteru otoczenia strefy wjazdowej	78
Ryc. 3.47	Widoczne budynki i chodniki na odcinku Sławoborze 1 [118]	79
Ryc. 3.48	Widoczne budynki, chodniki, łuk poziomy i znak D-42 na odcinku Gleźnowo 1 [118] ..	79
Ryc. 3.49	Ograniczenie prędkości do 50 km/h przed krętym odcinkiem drogi przed Sucha Koszalińska 2	80
Ryc. 3.50	Otwarta przestrzeń bez zabudowy za szykaną na odcinku Sucha Koszalińska 2	80
Ryc. 3.51	Zmiany prędkości w ruchu swobodnym (poligon badawczy 3) w kolejności wartości zmierzonego godzinowego natężenia ruchu	81
Ryc. 3.52	Przykładowe ustawienie urządzeń podczas wykonywania pomiarów	85
Ryc. 3.53	Odczyt pomiaru prędkości wiatru i odczyt poziomu hałasu ze SVANTKA	85
Ryc. 3.54	Dystrybuanty rozkładu hałasu na odcinku badawczym przed szykaną	86
Ryc. 3.55	Dystrybuanty rozkładu hałasu na odcinku badawczym za szykaną	86
Ryc. 3.56	Dystrybuanty rozkładu poziomu hałasu z 15 minut na przykładowym odcinku badawczym	87
Ryc. 3.57	Ustawienie mierników do pomiaru hałasu na przykładowych dwóch odcinkach	88
Ryc. 3.58	Dystrybuanty rozkładu poziomu hałasu pomierzonego w ciągu 15 minut na przykładowych odcinkach badawczych przy szykaniu półkolistej o szerokości w osi 6 m	89
Ryc. 3.59	Dystrybuanty rozkładu poziomu hałasu pomierzonego w ciągu 15 minut na przykładowym odcinku badawczym przy jednostronnej szykaniu o szerokości 2 m	90
Ryc. 4.1	Schemat ideowy analizowanych kryteriów dotyczących wybranych do badań odcinków badawczych	91
Ryc. 4.2	Przykładowe schematy zabudowy analizowanych wsi wraz z lokalizacją szykan i znaków E-17/D-42	94
	a) długość przejścia równa 430 m	94

	b) długość przejścia równa 620 m	94
	c) długość przejścia równa ok. 1700 m	94
	d) długość przejścia równa ok. 2600 m	94
	e) długość przejścia równa ok. 2700 m, mierzona pomiędzy znakami E-17 m, a faktyczna 1230 m	94
	f) długość przejścia równa ok. 2600 m, mierzona pomiędzy znakami E-17, a faktyczna 930 m	94
Ryc. 4.3	Porównanie przestrzennego zagospodarowania terenu wokół przejścia drogi wojewódzkiej przez wieś (lokalizacje szycan, bądź azyli dla pieszych oznaczono kołami), na tle zdjęć satelitarnych z [118]	96
	a) szycany zlokalizowane tylko w strefach wjazdowych z różną zabudową wsi	96
	b) szycany zlokalizowane w strefach wjazdowych bez bliskiej zabudowy	96
	c) szycany zlokalizowane na przejściu drogi wojewódzkiej przez wieś i azyl dla pieszych w centrum wsi pomiędzy zatokami autobusowymi	96
	d) szycany zlokalizowane w strefach wjazdowych bez bliskiej zabudowy i w pobliżu bliskiej zabudowy bliżej centrum wsi	96
	e) szycany i azyl dla pieszych zlokalizowane w pobliżu szeregowej jednostronnej zabudowy osiedla i naprzemiennych zatok autobusowych	96
	f) szycany i azyl dla pieszych zlokalizowane na przejściu drogi wojewódzkiej przez osiedle letniskowe z rozproszoną pojedynczą zabudową	96
Ryc. 4.4	Przykłady lokalizacji szycan (pomarańczowe koła), zagospodarowania terenu wokół drogi oraz pojedynczej rozproszonej zabudowy otoczonej zagajnikami zieleni (zielony wielokąt), na tle zdjęć satelitarnych przykładowych wsi z programu Google Earth [118]..	97
	a) szycana jednostronna prostokątna	97
	b) zastosowana szycana w osi jezdni i azyl dla pieszych	97
	c) dwie szycany w osi jedni	97
	d) przykład zagajników zieleni otaczających rozproszoną zabudowę wsi w pobliżu szycany	97
Ryc. 4.5	Schemat ideowy przyjęty przy analizie charakteru zabudowy w strefie wjazdowej	98
Ryc. 5.1	Przykłady lokalizacji znaków E-17 i D-42 na odcinkach z poligonu badawczego 1 [141]..	101
	a) rozmieszczenie znaków E-17 i D-42 na odcinku z odnotowaną największą redukcją prędkości	101
	b) rozmieszczenie znaków E-17 i D-42 na pozostałych odcinkach badawczych	101
Ryc. 5.2	Schemat kolejności analiz w odniesieniu do rezultatów otrzymanych na odcinkach z poligonu badawczego 1	102
Ryc. 5.3	Dystrybuanty prędkości zmierzonej za szycaną w ruchu swobodnym, porównywane na kolejnych odcinkach z poligonu badawczego 1, w kolejności malejącej wartości redukcji prędkości Δv_{85}	106
	a) $\Delta v_{85} = 22,8$ km/h i $\Delta v_{85} = 9,5$ km/h	106
	b) $\Delta v_{85} = 9,5$ km/h i $\Delta v_{85} = 7,0$ km/h	106
	c) $\Delta v_{85} = 7$ km/h i $\Delta v_{85} = 3,9$ km/h	106
	d) $\Delta v_{85} = 3,9$ km/h i $\Delta v_{85} = 3,2$ km/h	106
	e) $\Delta v_{85} = 3,2$ km/h i $\Delta v_{85} = 2,6$ km/h	106
	f) $\Delta v_{85} = 2,6$ km/h i $\Delta v_{85} = 0,8$ km/h	106
	g) $\Delta v_{85} = 0,8$ km/h i $\Delta v_{85} = 5,8$ km/h	106
	h) $\Delta v_{85} = 5,8$ km/h i $\Delta v_{85} = 2,3$ km/h	106
Ryc. 5.4	Wyniki oceny czynników związanych z kryterium dotyczącym organizacji ruchu, zestawione wg wartości redukcji prędkości Δv_{85} [141]	108
Ryc. 5.5	Przypadek widoku zabudowy wsi za znakiem E-17 stojącym 5 m przed szycaną i D-42 stojącym 30 m za szycaną	109
Ryc. 5.6	Przypadek bardzo oddalonej sylwety wsi za znakiem E-17 i D-42 stojącym 100 m za szycaną	109

Ryc. 5.7	Przypadek, gdy za znakiem D-42 stojącym 150 m za szykaną nie ma bliskiej zabudowy po stronie pasa wjazdowego	109
Ryc. 5.8	Przypadek, gdy za znakiem D-42 stojącym 30 m za szykaną nie ma bliskiej zabudowy po stronie pasa wjazdowego	109
Ryc. 5.9	Porównanie zmian wielkości redukcji prędkości Δv_{85} i Δv_{sr} oraz sumy miar kwantyfikacyjnych z_o na odcinkach z poligonu badawczego 1	110
	a) rozkład redukcji prędkości Δv_{85} i Δv_{sr}	110
	b) rozkład zmian sumy miar kwantyfikacyjnych z_o	110
Ryc. 5.10	Wyniki oceny czynników z kryterium dotyczącym warunków drogowych, zestawione wg wartości redukcji prędkości Δv_{85} [141]	111
Ryc. 5.11	Porównanie zmian wielkości redukcji prędkości Δv_{85} i Δv_{sr} oraz sumy miar kwantyfikacyjnych z_d na odcinkach z poligonu badawczego 1	112
	a) rozkład redukcji prędkości Δv_{85} i Δv_{sr}	112
	b) rozkład zmian sumy miar kwantyfikacyjnych z_d	112
Ryc. 5.12	Wyniki oceny czynników związanych z kryterium dotyczącym zagospodarowania otoczenia i warunków widoczności zestawione wg wartości redukcji prędkości Δv_{85} [141]	113
Ryc. 5.13	Widok bliskiej zabudowy w pobliżu szykany (Bielkowo 1), znak E-17 5 m przed szykaną i D-42 30 m za szykaną [141]	114
Ryc. 5.14	Widok oddalonej sylwety wsi i zabudowy, w pobliżu szykany (Iwięcino 1), znak E-17 100 m za szykaną i D-42 150 m za szykaną [141]	114
Ryc. 5.15	Dojazd do szykany i brak widoku sylwety wsi i zabudowy (Bielkowo 2) w pobliżu szykany wybudowanej w osi jezdni [141]	114
Ryc. 5.16	Brak widoku zabudowy wsi, w pobliżu szykany (Bielkowo 2), znak E-17 150 m za szykaną i D-42 300 m za szykaną [141]	114
Ryc. 5.17	Porównanie zmian wielkości redukcji prędkości Δv_{85} i Δv_{sr} oraz sumy miar kwantyfikacyjnych z_{zw} na odcinkach z poligonu badawczego 1	115
	a) rozkład redukcji prędkości Δv_{85} i Δv_{sr}	115
	b) rozkład zmian sumy miar kwantyfikacyjnych z_{zw}	115
Ryc. 5.18	Zgodność zmian redukcji prędkości Δv_{85} , w_{85} oraz zagregowanego parametru z (odpowiednio $R = 0,89$ i $R = 0,90$) [141, 142]	116
Ryc. 5.19	Zgodność wskaźnika zmian prędkości Δv_{sr} , w_{sr} oraz zagregowanego parametru z (odpowiednio $R = 0,98$ i $R = 0,99$) [141, 142]	116
Ryc. 5.20	Funkcja regresji liniowej określającej zależność od zagregowanego parametru z : a) redukcji prędkości Δv_{85} , ($R = 0,89$), b) wskaźnika redukcji prędkości w (v_{85}) ($R = 0,90$) [141, 142]	117
Ryc. 5.21	Funkcja regresji liniowej określającej zależność od zagregowanego parametru z : a) redukcji prędkości Δv_{sr} ($R = 0,98$), b) wskaźnika redukcji prędkości w (v_{sr}) ($R = 0,99$) [141]	118
Ryc. 5.22	Zestawienie udziałów procentowych zsumowanych miar kwantyfikacyjnych w poszczególnych kryteriach w odniesieniu do zagregowanego parametru z	119
Ryc. 5.23	Zestawienie udziałów procentowych zsumowanych miar kwantyfikacyjnych w poszczególnych kryteriach w odniesieniu do charakterystyki otoczenia strefy wjazdowej ..	119
Ryc. 5.24	Proponowany tok procesu projektowego – tj. doboru lokalizacji szykany budowanej w strefie wjazdowej do wsi, przy ograniczeniu prędkości do 70 km/h [141]	121
Ryc. 5.25	Szykana jednostronna przy mniejszej wartości zagregowanego parametru z	123
Ryc. 5.26	Wizualizacja wykorzystania najnowszych rozwiązań technologii solarnej wspomóżonych słupkami drogowymi: a) stan istniejący w terenie rolniczym bez widoku sylwety wsi, b) wspomóżenie diodami elektroluminescencyjnymi informacją o przeszkodzie w terenie rolniczym, c) stan istniejący w terenie leśnym,	

	d) wspomaganie diodami elektroluminescencyjnymi informacji o przeszkodzie w terenie leśnym,	123
Ryc. 6.1	Przykłady lokalizacji znaków E-17 i D-42 na odcinkach z poligonu badawczego 2	125
	a) przy krótkiej długości przejścia drogi tranzytowej przez wieś od 400 m do 1,5 km i rozproszonej zabudowie	125
	b) przy krótkiej długości przejścia drogi przez wieś (400-1500 m) i małej odległości bliskiej zabudowy od znaków E-17 i D-42	125
	c) przy rozproszonej zabudowie na długości przejścia drogi tranzytowej przez wieś (długość przejścia drogi przez wieś ponad 2 km)	125
	d) przy bardzo rozległej wsi i podzieleniu wsi na kilka terenów zabudowy wzdłuż drogi tranzytowej	125
Ryc. 6.2	Dystrybuanty prędkości, zmierzonej za szykaną w ruchu swobodnym porównywane na kolejnych odcinkach z poligonu badawczego 2, w kolejności malejącej wartości redukcji prędkości Δv_{85}	130
	a) $\Delta v_{85} = 22,5$ km/h i $\Delta v_{85} = 14,3$ km/h	130
	b) $\Delta v_{85} = 12,3$ km/h i $\Delta v_{85} = 11,9$ km/h	130
	c) $\Delta v_{85} = 11,9$ km/h i $\Delta v_{85} = 11,4$ km/h	130
	d) $\Delta v_{85} = 11,4$ km/h i $\Delta v_{85} = 11,1$ km/h	130
	e) $\Delta v_{85} = 11,1$ km/h i $\Delta v_{85} = 9,4$ km/h	130
	f) $\Delta v_{85} = 9,4$ km/h i $\Delta v_{85} = 5,4$ km/h	130
	g) $\Delta v_{85} = 5,4$ km/h i $\Delta v_{85} = 5,4$ km/h	130
	h) $\Delta v_{85} = 5,4$ km/h i $\Delta v_{85} = 1,8$ km/h	130
	i) $\Delta v_{85} = 1,8$ km/h i $\Delta v_{85} = 0,2$ km/h	130
Ryc. 6.3	Wyniki oceny czynników związanych z kryterium dotyczącym organizacji ruchu, zestawione wg wartości redukcji prędkości Δv_{85} (oznaczenia jak na ryc. 5.4) [140, 142]...	131
Ryc. 6.4	Wyniki oceny czynników z kryterium dotyczącego warunków drogowych, zestawione wg wartości redukcji prędkości Δv_{85} (oznaczenia jak na ryc. 5.10) [140, 142]	133
Ryc. 6.5	Zestawienie dyspersji prędkości, zmian redukcji prędkości, wielkości odgięcia toru jazdy od kierunku prostego oraz kształtu zastosowanej szykany	133
Ryc. 6.6	Porównanie wyników pomiarowych z wynikami przedstawionymi w publikacji [171]	134
	a) wyniki pomiarowe z badań własnych i z [171]	134
	b) rezultaty badań przedstawione w [171]	134
Ryc. 6.7	Porównanie wyników z pomiarów z wynikami z badań przedstawionych w publikacji [14]	135
	a) kwantyl 85%	135
	b) prędkość średnia w ruchu swobodnym	135
Ryc. 6.8	Ślady otarcia kół pojazdów na krawężniku wyspy wjazdowej	136
	a) część wjazdowa wyspy	136
	b) część wyjazdowa wyspy	136
Ryc. 6.9	Warunki drogowe przy dojeździe do odcinka badawczego Wrzosowo 1	137
Ryc. 6.10	Wyniki oceny czynników związanych z kryterium dotyczącym zagospodarowania otoczenia i warunków widoczności zestawione wg wartości redukcji prędkości Δv_{85} (oznaczenia jak na ryc. 5.12) [140, 142]	138
Ryc. 6.11	Zagospodarowanie otoczenia strefy wjazdowej na odcinkach Wrzosowo 2 i Skibienko 1..	139
Ryc. 6.12	Zgodność zmian redukcji prędkości Δv_{85} , $w v_{85}$ oraz zagregowanego parametru z (odpowiednio $R = 0,94$ i $R = 0,96$)	140
Ryc. 6.13	Zgodność wskaźnika zmian prędkości Δv_{sr} , $w v_{sr}$ oraz zagregowanego parametru z (odpowiednio $R = 0,92$ i $R = 0,93$)	140
Ryc. 6.14	Funkcja regresji liniowej określającej zależność od zagregowanego parametru z: a) redukcji prędkości Δv_{85} , ($R = 0,94$), b) wskaźnika redukcji prędkości $w v_{85}$ ($R = 0,96$) [140, 142]	141

Ryc. 6.15	Funkcja regresji liniowej określającej zależność od zagregowanego parametru z: a) redukcji prędkości Δv_{sr} w ruchu swobodnym ($R = 0,92$), b) wskaźnika redukcji prędkości $w v_{sr}$ w ruchu swobodnym ($R = 0,93$)	142
Ryc. 6.16	Zestawienie udziałów procentowych zsumowanych miar kwantyfikacyjnych w poszczególnych kryteriach w odniesieniu do zagregowanego parametru z (poligon badawczy 2)	143
Ryc. 6.17	Zestawienie udziałów procentowych zsumowanych miar kwantyfikacyjnych w poszczególnych kryteriach w odniesieniu kształtu szykany i wielkości odgięcia toru jazdy (poligon badawczy 2)	143
Ryc. 6.18	Zestawienie udziałów procentowych zsumowanych miar kwantyfikacyjnych w poszczególnych kryteriach w odniesieniu do charakterystyki otoczenia strefy wjazdowej	143
Ryc. 6.19	Odcinek Trzebusz 1 i brak widoku sylwety wsi i widocznych zabudowań po stronie pasa wjazdowego ($\Delta v_{85} = 5,4$ km/h)	144
Ryc. 6.20	Odcinek Gleźnówko 2 i brak widoku sylwety wsi i widocznych zabudowań po stronie pasa wjazdowego ($\Delta v_{85} = 5,4$ km/h)	144
Ryc. 6.21	Odcinek Wrzosowo Osiedle 1: brak widoku sylwety wsi oraz znak B-34 (koniec 50 km/h) ustawiony zaraz za szykaną na drodze z pobocznymi utwardzonymi ($\Delta v_{85} = 0,2$ km/h)	144
Ryc. 6.22	Przykładowe istniejące rozwiązanie z zastosowaniem słupków kierujących na DW105...	145
Ryc. 6.23	Wizualizacja poprawy warunków drogowych dzięki zastosowaniu: znaku B-33 w pobliżu szykany, odblaskowych słupków krawężniowych lub słupków drogowych, znaków pionowych zasilanych bateriami słonecznymi, dodatkowych krawężnikowych punktowych elementów odblaskowych o odbłyśniku wielokierunkowym PEO lub typu LED SolarCAP	146
	a) na przykładzie odcinka Trzebusz 1	146
	b) na przykładzie odcinka Gleźnówko 2	146
Ryc. 6.24	Wizualizacja poprawy warunków drogowych wspomagających redukcję prędkości na drodze z pobocznymi utwardzonymi dzięki zastosowaniu dodatkowych wysp bocznych typu bulb-outs	146
Ryc. 7.1	Przykłady lokalizacji znaków E-17 i D-42 na odcinkach z poligonu badawczego 3	147
	a) przy krótkiej długości przejścia drogi tranzytowej przez wieś i zwartej zabudowie w strefie centralnej	147
	b) przy dużej długości przejścia drogi przez wieś i rozproszonej luźnej zabudowie	147
Ryc. 7.2	Dystrybuanty prędkości, zmierzonej za szykaną w ruchu swobodnym porównywane na kolejnych odcinkach z poligonu badawczego 3, w kolejności malejącej wartości redukcji prędkości Δv_{85}	151
	a) $\Delta v_{85} = 12,8$ km/h i $\Delta v_{85} = 11,0$ km/h	151
	b) $\Delta v_{85} = 11,0$ km/h i $\Delta v_{85} = 8,4$ km/h	151
	c) $\Delta v_{85} = 8,4$ km/h i $\Delta v_{85} = 6,4$ km/h	151
	d) $\Delta v_{85} = 6,4$ km/h i $\Delta v_{85} = -0,5$ km/h	151
	e) $\Delta v_{85} = -0,5$ km/h i $\Delta v_{85} = -11,2$ km/h	151
	f) $\Delta v_{85} = -11,2$ km/h i $\Delta v_{85} = -11,4$ km/h	151
Ryc. 7.3	Wyniki oceny czynników związanych z kryterium dotyczącym organizacji ruchu, zestawione wg wartości redukcji prędkości Δv_{85} (oznaczenia jak na ryc. 5.4)	152
Ryc. 7.4	Oszacowanie przedziałowe prędkości w ruchu swobodnym w odniesieniu do poligonu badawczego 3 według lokalizacji znaków drogowych E-17 i D-42 względem szykany i wielkości prędkości v_{85}^{przed}	153
Ryc. 7.5	Dystrybuanty prędkości w ruchu swobodnym i widok odcinków badawczych, na których znaki E-17 i D-42 są zlokalizowane do 50 m przed szykaną	154
	a) Sławoborze 1, dojazd w lesie, słabo widoczna zabudowa w odległości 97 m za znakiem	154

	b) Gleźnowko 1, dojazd w terenie otwartym rolniczym, widoczna zabudowa 130 m za znakiem D-42	154
	c) Gleźnowo 1, dojazd w terenie rolniczym z zagajnikami leśnymi, słabo widoczna zabudowa	154
Ryc. 7.6	Dystrybuanty prędkości w ruchu swobodnym i widok odcinków badawczych, na których znaki zlokalizowane są przed szykaną E-17 ponad 550 m i D-42 ponad 400 m	155
	a) Sławoborze 2, dojazd w terenie leśnym, widoczne słupy systemu oświetlenia i azyl w odległości 200 m	155
	b) Gleźnowo 4, dojazd w otwartym terenie rolniczym, brak widoku zabudowy mieszkalnej	155
Ryc. 7.7	Wyniki oceny czynników z kryterium dotyczącym warunków drogowych, zestawione wg wartości redukcji prędkości Δv_{85} (oznaczenia jak na ryc. 5.10)	156
Ryc. 7.8	Wyniki oceny czynników związanych z kryterium dotyczącym zagospodarowania otoczenia i warunków widoczności zestawione wg wartości redukcji prędkości Δv_{85} (oznaczenia jak na ryc. 5.12)	157
Ryc. 7.9	Zgodność zmian redukcji prędkości Δv_{85} , $w v_{85}$ oraz zagregowanego parametru z (odpowiednio $R = 0,77$ i $R = 0,79$)	158
Ryc. 7.10	Zgodność wskaźnika zmian prędkości Δv_{sr} , $w v_{sr}$ oraz zagregowanego parametru z (odpowiednio $R = 0,70$ i $R = 0,72$)	158
Ryc. 7.11	Funkcja regresji liniowej określającej zależność od zagregowanego parametru z: a) redukcji prędkości Δv_{85} w ruchu swobodnym, ($R = 0,80$), b) wskaźnika redukcji prędkości $w v_{85}$ ($R = 0,82$) [132]	159
Ryc. 7.12	Funkcja regresji liniowej określającej zależność od zagregowanego parametru z: a) redukcji prędkości Δv_{sr} w ruchu swobodnym ($R = 0,74$), b) wskaźnika redukcji prędkości $w v_{sr}$ ($R = 0,75$)	159
Ryc. 8.1	Rozstaw sprzętu pomiarowego na wybranych dwóch odcinkach badawczych	162
Ryc. 8.2	Rozkład hałasu w przekrojach poprzecznych – Wrzosowo Osiedle 1	163
Ryc. 8.3	Rozkład hałasu w przekrojach poprzecznych – Mrzeżyno 1	165
Ryc. 8.4	Mapa hałasu i rozkłady normalne prędkości na odcinku badawczym Wrzosowo Osiedle 1	166
	a) mapa akustyczna i fotografia odcinka badawczego Mrzeżyno 1; prędkości w ruchu swobodnym: na pasie wjazdowym: $v_{sr}^{przed} = 68,7$ km/h, $v_{sr}^{za} = 66,7$ km/h; na pasie wyjazdowym: $v_{sr}^{przed} = 73,8$ km/h, $v_{sr}^{za} = 69,4$ km/h	166
	b) rozkłady normalne prędkości na odcinku przed szykaną i za szykaną	166
Ryc. 8.5	Mapa hałasu i rozkłady normalne prędkości na odcinku badawczym Mrzeżyno 1	167
	a) mapa akustyczna i fotografia odcinka badawczego Mrzeżyno 1; prędkości w ruchu swobodnym: na pasie wjazdowym: $v_{sr}^{przed} = 67,9$ km/h, $v_{sr}^{za} = 54,7$ km/h; na pasie wyjazdowym: $v_{sr}^{przed} = 61,8$ km/h, $v_{sr}^{za} = 70,5$ km/h	167
	b) rozkłady normalne prędkości na odcinku przed szykaną i za szykaną	167
Ryc. 8.6	Schemat kolejności analiz w odniesieniu do oceny skuteczności oddziaływania szykan na poziom hałasu drogowego	169
Ryc. 8.7	Odcinki badawcze z poligonu badawczego 1 uporządkowane w kolejności wielkości redukcji prędkości w ruchu swobodnym Δv_{85} podanej w km/h	171
Ryc. 8.8	Strefa wjazdowa – Bielkowo 1 w otwartym terenie rolniczym – $\Delta v_{sr}^{ppj} = 12,2$ km/h, widoczne zabudowania w odległości od szykany ok. 50 m	172
Ryc. 8.9	Rozkład normalny – Bielkowo 1 przed szykaną, $v_{sr}^{ppj} = 70,4$ km/h	173
Ryc. 8.10	Rozkład normalny – Bielkowo 1 za szykaną, $v_{sr}^{ppj} = 58,2$ km/h	173
Ryc. 8.11	Strefa wjazdowa – Iwięcino 2 w terenie rolniczym otwartym – $\Delta v_{sr}^{ppj} = 8,9$ km/h, widoczne zabudowania w odległości 200 m od szykany	173
Ryc. 8.12	Rozkład normalny – Iwięcino 2 przed szykaną, $v_{sr}^{ppj} = 70,9$ km/h	173
Ryc. 8.13	Rozkład normalny – Iwięcino 2 za szykaną, $v_{sr}^{ppj} = 62,0$ km/h	173

Ryc. 8.14	Rozkład normalny – Bielkowo 2 przed szykaną, $v_{sr^{ppj}} = 66,6$ km/h	174
Ryc. 8.15	Rozkład normalny – Bielkowo 2 za szykaną, $v_{sr^{ppj}} = 61,9$ km/h	174
Ryc. 8.16	Rozkład normalny – Uniemyśl przed szykaną, $v_{sr^{ppj}} = 72,8$ km/h	174
Ryc. 8.17	Rozkład normalny – Uniemyśl za szykaną, $v_{sr^{ppj}} = 64,9$ km/h	174
Ryc. 8.18	Dojazd do Krosina w terenie rolniczym wzdłuż szpaleru drzew na długości prawie 3 km; $\Delta Leq = 0,7$ dB(A) i $\Delta v_{sr^{ppj}} = 14,7$ km/h	175
Ryc. 8.19	Dojazd do Uniemyśla w terenie leśnym; $\Delta Leq = 0,4$ dB(A) i $\Delta v_{sr^{ppj}} = 7,9$ km/h	175
Ryc. 8.20	Dojazd do Bielkowo 2 w terenie otwartym rolniczym na długości 2 km; $\Delta Leq = 0,4$ dB(A) i $\Delta v_{sr^{ppj}} = 4,7$ km/h	175
Ryc. 8.21	Dojazd do Dębostrowa w terenie leśnym na długości 1,6 km; $\Delta Leq = 0,6$ dB(A) i $\Delta v_{sr^{ppj}} = -0,9$ km/h	175
Ryc. 8.22	Odcinki badawcze z poligonu badawczego 2 uporządkowane w kolejności wielkości redukcji prędkości Δv_{85} podanej w km/h	176
Ryc. 8.23	Rozkłady normalne prędkości i hałasu na wybranych odcinkach badawczych z poligonu badawczego 2	177
	a) Gleźnowko 2 – przed szykaną $v_{sr^{ppj}} = 57,5$ km/h; $Leq = 62,1$ dB(A)	177
	b) Wrzosowo Osiedle 2 – przed szykaną $v_{sr^{ppj}} = 63,4$ km/h; $Leq = 67,3$ dB(A)	177
	c) Trzebusz 1 – przed szykaną $v_{sr^{ppj}} = 63,3$ km/h; $Leq = 67,9$ dB(A)	177
	d) Gleźnowko 2 – za szykaną $v_{sr^{ppj}} = 53,4$ km/h; $Leq = 62,1$ dB(A)	177
	e) Wrzosowo Osiedle 2 – za szykaną $v_{sr^{ppj}} = 57,2$ km/h; $Leq = 68,7$ dB(A)	177
	f) Trzebusz 1 – za szykaną $v_{sr^{ppj}} = 56,7$ km/h; $Leq = 66,0$ dB(A)	177
	g) Zabudowania za szykaną w odległości ok. 50 m, po przeciwnej stronie pasa wjazdowego, teren otwarty rolniczy	177
	h) Przed szykaną szpaler drzew i skarpa wykopu, a za szykaną otwarta przestrzeń, widoczne pojedyncze zabudowania	177
	i) Zabudowania za szykaną w odległości ok. 100 m oddalone od drogi, wzdłuż drogi zróżnicowana roślinność	177
Ryc. 8.24	Odcinki badawcze uporządkowane w kolejności wielkości redukcji prędkości Δv_{85} , od największej do najmniejszej, [km/h]	179
Ryc. 8.25	Rozkłady normalne prędkości i hałasu na wybranych odcinkach badawczych z poligonu badawczego 3	181
	a) Gleźnowo 1 – przed szykaną $v_{sr^{ppj}} = 67,0$ km/h; $Leq = 63,3$ dB(A)	181
	b) Gleźnowo 3 – przed szykaną $v_{sr^{ppj}} = 64,2$ km/h; $Leq = 61,8$ dB(A)	181
	c) Gleźnowo 1 – za szykaną $v_{sr^{ppj}} = 63,1$ km/h; $Leq = 63,4$ dB(A)	181
	d) Gleźnowo 3 – za szykaną $v_{sr^{ppj}} = 60,7$ km/h; $Leq = 67,7$ dB(A)	181
	e) Z jednej strony przed szykaną gęsta roślinność oraz otwarta przestrzeń za szykaną z drugiej strony pojedyncze drzewa	181
	f) Otwarta przestrzeń z obu stron jezdni	181
Ryc. 9.1	Widok odcinka badawczego Brodniki 1, kolejnej szyki i widocznej wyspy dzielącej na pobliskim skrzyżowaniu	185
Ryc. 9.2	Widok odcinka badawczego Brodniki 2 i kolejnej szyki i długiego fragmentu drogi prostej w planie (ok. 1 km)	185
Ryc. 9.3	Lokalizacja odcinka badawczego Brodniki 1 i Brodniki 2 na tle zdjęcia satelitarnego [118]	186
Ryc. 9.4	Widok sylwety wsi Lipnik na odcinku Brodniki 1 i złudzenie optyczne zwężenia jezdni [118]	187
Ryc. 9.5	Widok wyspy podłużnej na skanalizowanym skrzyżowaniu przy zjeździe do wsi Lipnik i widok oznakowania poziomego P-4 długości ok. 250 m pomiędzy szykaną i wyspą dzielącą (odcinek Brodniki 1)	187
Ryc. 9.6	Brak widoku sylwety wsi, zabudowań i jakichkolwiek elementów informujących kierowców o konieczności redukcji prędkości (odcinek Brodniki 2)	188
Ryc. 9.7	Funkcja regresji liniowej określającej zależność od zagregowanego parametru z: a) redukcji prędkości Δv_{85} ($R = 0,82$), b) wskaźnika redukcji prędkości w (v_{85}) ($R = 0,86$) ...	188

Ryc. 9.8	Funkcja regresji liniowej określającej zależność od zagregowanego parametru z: a) redukcji prędkości Δv_{sr} ($R = 0,89$), b) wskaźnika redukcji prędkości $w(v_{sr})$ ($R = 0,95$)	189
Ryc. 9.9	Analiza regresji liniowej po dodaniu dodatkowych czynników: a) redukcji prędkości Δv_{85} , ($R = 0,89$), b) wskaźnika redukcji prędkości $w(v_{85})$ ($R = 0,91$) [142]	189
Ryc. 9.10	Analiza regresji liniowej po dodaniu dodatkowych czynników: a) redukcji prędkości Δv_{sr} ($R = 0,97$), b) wskaźnika redukcji prędkości $w(v_{sr})$ ($R = 0,99$)	190
Ryc. 9.11	Lokalizacja odcinka badawczego Gorzebądz 1 na tle zdjęcia satelitarnego [118]	191
Ryc. 9.12	Widok odcinka badawczego Gorzebądz 1	192
Ryc. 9.13	Widok odcinka badawczego Trzebusz 1 (wyjazd) oraz szykany na odcinku Trzebusz 1 ...	192
Ryc. 9.14	Widok odcinka badawczego Trzebusz 3 (wyjazd) poprzedzającego azyl dla pieszych i zjazd	192
Ryc. 9.15	Widok fragmentu drogi na odcinku Trzebusz 3 – otwarty teren rolniczy	192
Ryc. 9.16	Lokalizacja odcinka badawczego Trzebusz 1 (wyjazd) i Trzebusz 3 na tle zdjęcia satelitarnego [118]	192
Ryc. 9.17	Funkcja regresji liniowej określającej zależność od zagregowanego parametru z: a) redukcji prędkości Δv_{85} , ($R = 0,94$), b) wskaźnika redukcji prędkości $w(v_{85})$ ($R = 0,96$) [142]	194
Ryc. 9.18	Funkcja regresji liniowej określającej zależność od zagregowanego parametru z: a) redukcji prędkości Δv_{sr} ($R = 0,94$), b) wskaźnika redukcji prędkości $w(v_{sr})$ ($R = 0,90$)	195
Ryc. 9.19	Widok odcinka badawczego Sucha Koszalińska 2 (wyjazd) na pasie wyjazdowym	195
Ryc. 9.20	Widok odcinka badawczego Sucha Koszalińska 2 na pasie wyjazdowym	195
Ryc. 9.21	Lokalizacja odcinka badawczego Sucha Koszalińska 2 (wyjazd) na tle zdjęcia satelitarnego [118]	196
Ryc. 9.22	Widok odcinka badawczego Sucha Koszalińska 1 (wyjazd)	197
Ryc. 9.23	Widok odcinka badawczego Sucha Koszalińska 1 (wyjazd) i Skibienko 2 (wyjazd)	197
Ryc. 9.24	Lokalizacja odcinka badawczego Sucha Koszalińska 1 (wyjazd) i Skibienko 2 (wyjazd) na tle zdjęcia satelitarnego [118]	197
Ryc. 9.25	Widok szykany wybudowanej w osi drogi odcinków badawczych Gleźnowo 3 i Gleźnowo 3 (wyjazd)	198
Ryc. 9.26	Widok odcinka badawczego Gleźnowo 3 (wyjazd) i otoczenia drogi po stronie pasa wyjazdowego	198
Ryc. 9.27	Lokalizacja odcinka badawczego Gleźnowo 3 (wyjazd) na tle zdjęcia satelitarnego [118]	198
Ryc. 9.28	Funkcja regresji liniowej określającej zależność od zagregowanego parametru: a) redukcji prędkości Δv_{85} w ruchu swobodnym, ($R = 0,81$), b) wskaźnika redukcji prędkości $w(v_{85})$ w ruchu swobodnym ($R = 0,78$) [142]	200
Ryc. 9.29	Funkcja regresji liniowej określającej zależność od zagregowanego parametru z: a) redukcji prędkości Δv_{sr} w ruchu swobodnym ($R = 0,81$), b) wskaźnika redukcji prędkości $w(v_{sr})$ w ruchu swobodnym ($R = 0,79$)	200

SPIS ZAŁĄCZNIKÓW

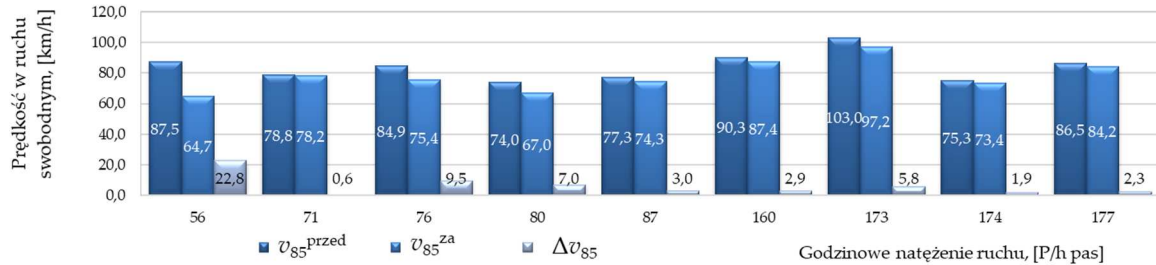
Załącznik 1	Baza danych i założenia metody binarnej z poligonu badawczego 1	
Załącznik 1.1	Zestawienie wyników z pomiarów prędkości, natężenia ruchu i hałasu na odcinkach z poligonu badawczego 1	233
Załącznik 1.2	Zestawienie zmian prędkości w zależności od natężenia ruchu na odcinkach z poligonu badawczego 1	234
Załącznik 1.3	Szczegółowy schemat określenia czynników i miar kwantyfikacyjnych przyjętych na odcinkach z poligonu badawczego 1	235
Załącznik 2	Baza danych i założenia metody binarnej z poligonu badawczego 2	
Załącznik 2.1	Zestawienie wyników z pomiarów prędkości, natężenia ruchu i hałasu na odcinkach z poligonu badawczego 2	237
Załącznik 2.2	Zestawienie zmian prędkości w zależności od natężenia ruchu na odcinkach z poligonu badawczego 2	238
Załącznik 2.3	Szczegółowy schemat określenia czynników i miar kwantyfikacyjnych przyjętych na odcinkach z poligonu badawczego 2	239
Załącznik 3	Baza danych i założenia metody binarnej z poligonu badawczego 3	
Załącznik 3.1	Zestawienie wyników z pomiarów prędkości, natężenia ruchu i hałasu na odcinkach z poligonu badawczego 3	241
Załącznik 3.2	Zestawienie zmian prędkości w zależności od natężenia ruchu na odcinkach z poligonu badawczego 3	242
Załącznik 3.3	Szczegółowy schemat określenia czynników i miar kwantyfikacyjnych przyjętych na odcinkach z poligonu badawczego 3	243
Załącznik 4	Baza danych o zdarzeniach drogowych wraz z analizą statystyczną	245
Załącznik 5	Baza danych z pomiarów hałasu wraz z analizą statystyczną	
Załącznik 5.1	Wyniki testów statystycznych wszystkich odcinków badawczych poligonu 1 ...	249
Załącznik 5.2	Wyniki testów statystycznych wszystkich odcinków badawczych poligonu 2 ...	250
Załącznik 5.3	Wyniki testów statystycznych wszystkich odcinków badawczych poligonu 3 ...	251
Załącznik 6	Rezultaty testów statystycznych w odniesieniu do wyników prędkości na odcinkach wybranych do walidacji w poligonach badawczych	253

Załącznik 1.1 – Zestawienie wyników pomiarów prędkości, natężenia ruchu i hałasu na odcinkach z poligonu badawczego 1

Tab. Z.1.1.1 Zestawienie wyników pomiarowych z poligonu badawczego 1

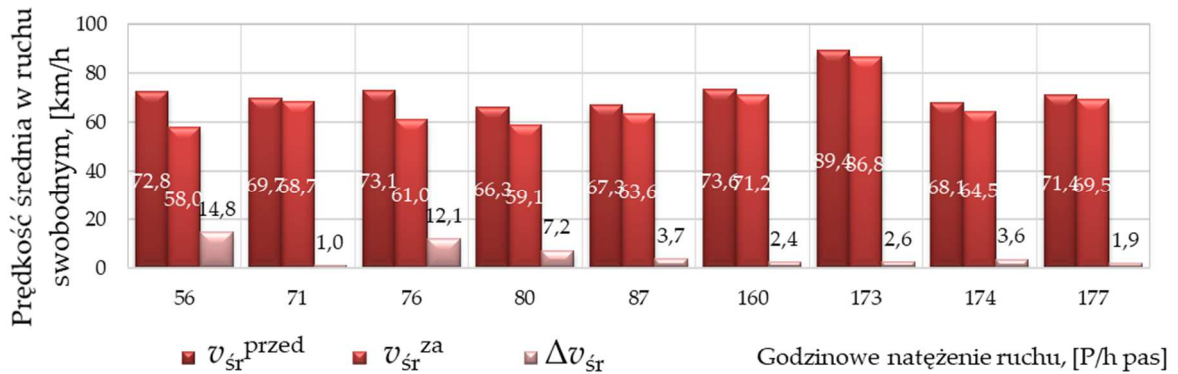
Odcinki badawcze z poligonu badawczego 1 wymienione w kolejności Δv_{85}																		
Bielkowo 1		Iwęcino 1		Bielkowo 2		Uniemysł		Krosino 1		Dębostrów 1		Iwęcino 2		Jarzysław 2		Jarzysław 1		
przed	za	przed	za	przed	za	przed	za	przed	za	przed	za	przed	za	przed	za	przed	za	
Parametry rozkładu prędkości, [km/h]																		
v_{85}	87,5	64,7	84,9	75,4	74,0	67,0	77,3	74,3	90,3	87,4	75,3	73,4	78,8	78,2	103,0	97,2	86,5	84,2
Δv_{85}	22,8		9,5		7,0		3,0		2,9		1,9		0,6		5,8		2,3	
v_{sr}	72,8	58,0	73,1	61,0	66,3	59,1	67,3	63,6	73,6	71,2	68,1	64,5	69,7	68,7	89,4	86,8	71,4	69,5
Δv_{sr}	14,8		12,1		7,2		3,7		2,4		3,6		1,0		2,6		1,9	
v_{srPP}	71,7	57,6	72,3	61,1	65,4	58,3	66,4	62,0	72,4	65,1	65,8	64,8	62,8	61,3	89,0	85,4	71,8	70,2
Δv_{srPP}	14,1		11,2		7,1		4,4		7,3		1,0		1,5		3,6		1,6	
Wyniki godzinowego natężenia ruchu, [P/h] i udziału pojazdów ciężkich u_c, [%] na pasie wjazdowym																		
N	56		76		80		87		160		174		71		173		177	
u_c	7,1		7,9		12,5		3,4		10		3,4		8,5		2,2		1,8	
Wyniki godzinowego natężenia ruchu, [P/h] i udziału pojazdów ciężkich u_c, [%] na pasie wyjazdowym																		
N	96		76		76		125		152		200		77		167		163	
u_c	10,4		1,3		13,2		1,6		5,3		1,0		2,6		2,0		2,4	
Wyniki godzinowego natężenia ruchu, [P/h] i udziału pojazdów ciężkich u_c, [%] na jezdni																		
N	152		152		156		212		312		374		148		340		340	
u_c	9,2		4,6		12,8		2,4		7,7		2,1		5,4		2,1		2,1	
Wyniki równoważonego poziomu hałasu w czasie 5 min Leq_1, Leq_2, Leq_3 i w ciągu 15 minut Leq_{15}, [dB(A)] (przed szykaną)																		
Leq_1	63,0		64,2		65,2		64,2		67,2		66,0		65,6		—		—	
Leq_2	65,2		66,3		61,4		65,8		70,2		66,4		63,5		—		—	
Leq_3	65,7		66,0		64,5		63,6		68,5		66,6		66,6		—		—	
Leq_{15}	64,8		65,6		64,0		64,6		68,8		66,3		65,4		—		—	
Wyniki równoważonego poziomu hałasu w czasie 5 min Leq_1, Leq_2, Leq_3 i w ciągu 15 minut Leq_{15}, [dB(A)] (za szykaną)																		
Leq_1	62,5		64,0		64,3		65,1		67,2		64,9		63,6		—		—	
Leq_2	64,8		65,4		61,5		64,3		69,0		66,2		62,0		—		—	
Leq_3	60,3		64,2		64,5		63,1		67,9		66,0		65,8		—		—	
Leq_{15}	62,9		64,6		63,6		64,2		68,1		65,7		64,1		—		—	
Wyniki różnicy równoważonego poziomu hałasu $\Delta Leq_{15} = Leq_{15}^{przed} - Leq_{15}^{za}$, [dB(A)]																		
ΔLeq_{15}	1,9		1,0		0,4		0,4		0,7		0,6		1,3		—		—	

Załącznik 1.2 – Zestawienie zmian prędkości w zależności od natężenia ruchu na odcinkach z poligonu badawczego 1



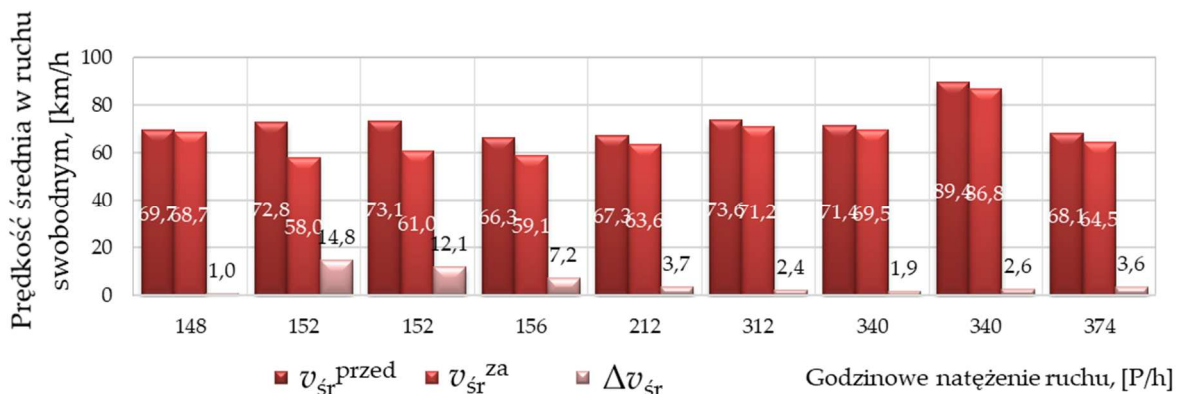
Ryc. Z.1.2.1. Zmiany prędkości v_{85} w ruchu swobodnym w kolejności wartości zmierzonego godzinowego natężenia ruchu na danym pasie

Współczynnik korelacji $R(N \text{ i } v_{85}^{przed}) = 0,4$; $R(N \text{ i } v_{85}^{za}) = 0,7$; $R(N \text{ i } \Delta v_{85}) = -0,5$



Ryc. Z.1.2.2. Zmiany prędkości v_{sr} w ruchu swobodnym w kolejności wartości zmierzonego godzinowego natężenia ruchu na danym pasie

Współczynnik korelacji $R(N \text{ i } v_{sr}^{przed}) = 0,4$; $R(N \text{ i } v_{sr}^{za}) = 0,7$; $R(N \text{ i } \Delta v_{sr}) = -0,6$



Ryc. Z.1.2.3. Zmiany prędkości v_{sr} w ruchu swobodnym w kolejności wartości zmierzonego godzinowego natężenia ruchu na jezdni

Współczynnik korelacji $R(N \text{ i } v_{sr}^{przed}) = 0,5$; $R(N \text{ i } v_{sr}^{za}) = 0,7$; $R(N \text{ i } \Delta v_{sr}) = -0,6$

Załącznik 1.3 – Szczegółowy schemat określenia czynników i miar kwantyfikacyjnych przyjętych na odcinkach z poligonu badawczego 1

	L.p.	Rozważane determinanty, $j = 1, 2, \dots, m$	Przyjęte miary kwantyfikacyjne i ich wartość liczbową		
			1	0,5	0
Kryterium związane z organizacją ruchu	1	Lokalizacja znaku B-33 od osi szykany	przed szukaną ≤ 100 m		znacznie dalej
	2	Zabudowa za znakiem D-42	tak		brak
	3	Odległość bliskiej zabudowy od znaku D-42	≤ 100 m		znacznie większa lub brak
	4	Widok sylwety wsi za znakiem D-42	tak		nie
	5	Odległość widoku infrastruktury drogowej za znakiem D-42:	≤ 100 m		większej lub brak
	6	Lokalizacja znaku E-17 za szukaną	< 50 m	> 50 m	nie
	7	Lokalizacja znaku D-42 za szukaną	< 50 m	> 50 m	nie
	8	Lokalizacja znaku E-17 przed szukaną	< 50 m	> 50 m	nie
	9	Lokalizacja znaku D-42 przed szukaną	< 50 m	> 50 m	nie
Kryterium związane z warunkami drogowymi	1	Odsunięcie toru jazdy	2 m	1 m	
	2	Odcinek krzywoliniowy za szukaną	tak		nie
	3	Odległość najbliższego zjazdu od osi szykany	< 100 m	większa	brak zjazdu
	4	Łuk poziomy za szukaną, wielkość promienia	mały promień łuku do 250 m, utrata widoczności i skupiona zabudowa	łagodny łuk o dużym promieniu i rozległa pojedyncza zabudowa	brak łuku poziomego
	5	Ograniczenie widoczności powierzchni jezdni za szukaną	tak, ≤ 150 m	umiarkowane, ≈ 300 m	dobra widoczność
	6	Za szukaną znajdują się budynki za chodnikiem	kilka budynków	pojedyncze budynki oddalone od drogi	brak
	7	Odległość najbliższego skrzyżowania od osi szykany	≤ 100 m	100-200 m	większa lub brak

		Przyjęte miary kwantyfikacyjne i ich wartość liczbową			
		1	0,5	0	
Kryterium związane z zagospodarowaniem otoczenia i warunkami widoczności	L.p.	Rozważane determinanty, $j = 1, 2, \dots, m$			
	1	Rodzaj zagospodarowania terenu w otoczeniu szykany	Otwarta przestrzeń i widoczna sylweta wsi	Otwarta przestrzeń i odległa sylweta. Zagajniki, szpaler drzew widać zabudowę	Las, zagajniki, szpaler drzew wzdłuż drogi, brak widocznej zabudowy
	2	Ograniczenie widoczności dalszej perspektywy drogi	tak	umiarkowanie	brak ograniczenia
	3	Odległość widocznej przy dojeździe do szykany sylwety wsi	< 300 m i skupiona zabudowa	>300 i rozległa zabudowa	brak widoku sylwety wsi
	4	Widoczna przy dojeździe i przejeździe przez szukaną bliska skupiona zabudowa	tak	słabo widoczna	niewidoczna
	5	Wyraźnie widoczne blisko drogi pojedyncze budynki lub chodniki	wyraźnie widoczne		słabo widoczne lub niewidoczne
	6	Odległość szykany od widocznej zabudowy znajdującej się blisko drogi	< 100 m	ok. 200-250 m	> 350 m
7	Widoczne za szukaną przeszkody boczne: poręcz mostu, poręcze przy przepustach, ogrodzenia, bariery itd.	tak		nie	

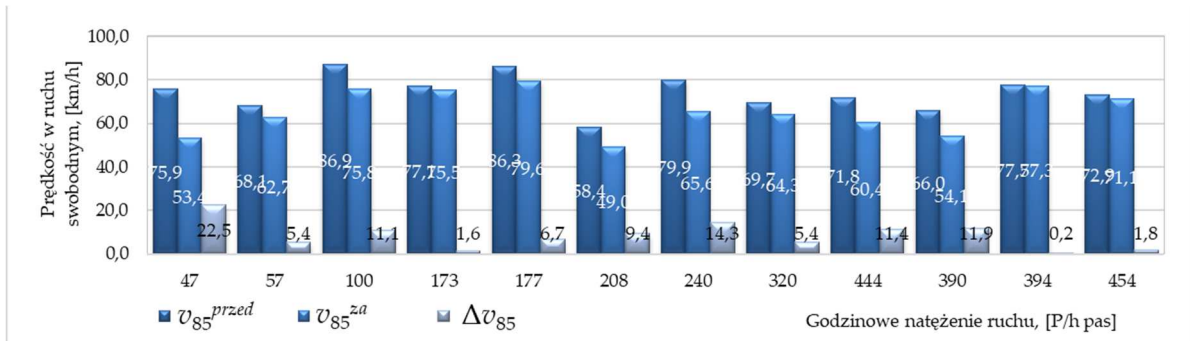
Ryc. Z.1.3.1. Szczegółowy schemat określania czynników i miar kwantyfikacyjnych

Załącznik 2.1 – Zestawienie wyników pomiarów prędkości, natężenia ruchu i hałasu na odcinkach z poligonu badawczego 2

Tab. Z.2.1.1 Zestawienie wyników pomiarowych z poligonu badawczego 2

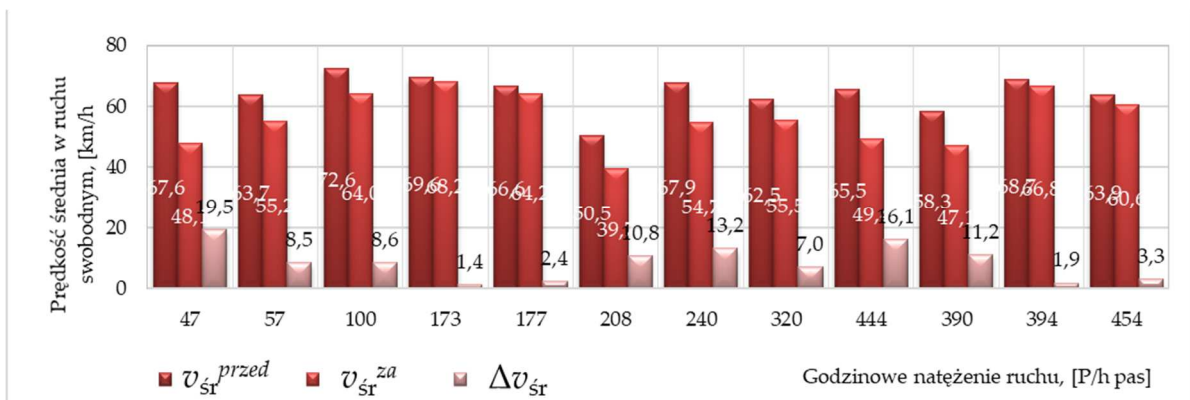
Odcinki badawcze z poligonu badawczego 2 wymienione w kolejności Δv_{85}																								
Gleżnowo 2		Mrzeżyno		Wrzosowo 1		Wrzosowo 2		Skibienko		Trzebusz 2		Trzebusz 1		Gleżnowko 2		Wrzosowo Osiedle 2		Wrzosowo Osiedle 1		Rekowo 2		Rekowo 1		
przed	za	przed	za	przed	za	przed	za	przed	za	przed	za	przed	za	przed	za	przed	za	przed	za	przed	za	przed	za	
Parametry rozkładu prędkości, [km/h]																								
v_{85}	75,9	53,4	79,9	65,6	66,0	54,1	71,8	60,4	86,9	75,8	58,4	49,0	69,7	64,3	68,1	62,7	72,9	71,1	77,5	77,3	86,3	79,6	77,1	75,5
Δv_{85}	22,5		14,3		11,9		11,4		11,1		9,4		5,4		5,4		1,8		0,2		6,7		1,6	
\bar{v}_{sr}	67,6	48,1	67,9	54,7	58,3	47,1	65,5	49,4	72,6	64,0	50,5	39,7	62,5	55,5	63,7	55,2	63,9	60,6	68,7	66,8	66,6	64,2	69,6	68,2
$\Delta \bar{v}_{sr}$	19,5		13,2		11,2		16,1		8,6		10,8		7,0		8,5		3,3		1,9		2,4		1,4	
v_{sr}^{pp}	67,4	47,2	65,2	49,9	56,8	45,2	62,7	46,4	69,1	59,2	50,5	39,7	62,5	55,5	63,1	53,6	63,8	55,2	65,7	63,5	66,6	62,5	69,1	67,3
Δv_{sr}^{pp}	20,2		15,3		11,6		16,3		9,9		10,8		7,0		9,5		8,6		2,2		4,1		1,8	
Wyniki godzinowego natężenia ruchu, [P/h] i udziału pojazdów ciężkich u_c, [%] na pasie wjazdowym																								
N	47		240		390		444		100		208		320		57		454		394		177		173	
u_c	8,3		5,0		1,5		9,5		4,0		3,8		0,0		10,5		8,8		2,0		2,0		1,8	
Wyniki godzinowego natężenia ruchu, [P/h] i udziału pojazdów ciężkich u_c, [%] na pasie wyjazdowym																								
N	111		292		444		390		240		312		210		47		394		454		173		177	
u_c	8,1		4,1		9,5		1,5		3,3		0,6		3,8		12,8		2,0		8,8		2,1		2,0	
Wyniki godzinowego natężenia ruchu, [P/h] i udziału pojazdów ciężkich u_c, [%] na jezdni																								
N	158		532		834		834		340		520		530		104		848		848		340		340	
u_c	8,2		4,5		5,8		5,8		3,5		1,9		1,5		11,5		5,7		5,7		2,1		1,8	
Wyniki równoważonego poziomu hałasu w czasie 5 min Leq_1, Leq_2, Leq_3 i w ciągu 15 minut Leq_{15}, [dB(A)] (przed szykaną)																								
Leq_1	63,0		69,8		68,8		68,5		70,1		70,0		68,1		62,0		68,6		68,0		—		—	
Leq_2	64,5		69,7		69,1		67,7		69,5		66,2		68,2		61,8		68,0		67,0		—		—	
Leq_3	64,3		69,9		68,5		67,1		69,4		68,6		67,4		62,5		69,6		67,3		—		—	
Leq_{15}	64,0		69,8		68,8		67,8		69,7		68,5		67,9		62,1		67,3		67,4		—		—	
Wyniki równoważonego poziomu hałasu w czasie 5 min Leq_1, Leq_2, Leq_3 i w ciągu 15 minut Leq_{15}, [dB(A)] (za szykaną)																								
Leq_1	62,2		66,4		68,5		67,7		68,3		66,9		67,4		62,9		67,4		67,8		—		—	
Leq_2	59,1		66,3		68,5		67,2		67,9		65,4		65,7		58,7		66,6		66,7		—		—	
Leq_3	64,9		66,5		67,9		65,5		67,9		67,6		64,5		63,3		67,9		67,0		—		—	
Leq_{15}	62,7		66,4		68,3		66,8		68,0		66,8		66,0		62,1		68,7		67,2		—		—	
Wyniki różnicy równoważonego poziomu hałasu $\Delta Leq_{15} = Leq_{15}^{przed} - Leq_{15}^{za}$, [dB(A)]																								
ΔLeq_{15}	1,3		3,4		0,5		1,0		1,7		1,7		1,9		0,0		-1,4		0,2		—		—	

Załącznik 2.2 – Zestawienie zmian prędkości w zależności od natężenia ruchu na odcinkach z poligonu badawczego 2



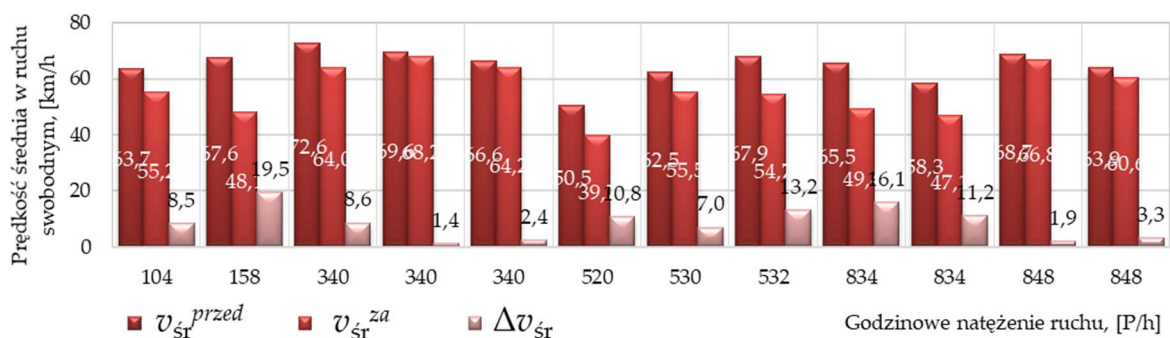
Ryc. Z.2.2.1. Zmiany prędkości v_{85} w ruchu swobodnym w kolejności wartości zmierzonego godzinowego natężenia ruchu na danym pasie

Współczynnik korelacji $R(N \text{ i } v_{85}^{przed}) = -0,2$; $R(N \text{ i } v_{85}^{za}) = 0,0$; $R(N \text{ i } \Delta v_{85}) = -0,4$



Ryc. Z.2.2.2. Zmiany prędkości v_{sr} w ruchu swobodnym w kolejności wartości zmierzonego godzinowego natężenia ruchu na danym pasie

Współczynnik korelacji $R(N \text{ i } v_{sr}^{przed}) = -0,2$; $R(N \text{ i } v_{sr}^{za}) = 0,0$; $R(N \text{ i } \Delta v_{sr}) = -0,2$



Ryc. Z.2.2.3. Zmiany prędkości v_{sr} w ruchu swobodnym w kolejności wartości zmierzonego godzinowego natężenia ruchu na jezdni

Współczynnik korelacji $R(N \text{ i } v_{sr}^{przed}) = -0,2$; $R(N \text{ i } v_{sr}^{za}) = -0,1$; $R(N \text{ i } \Delta v_{sr}) = -0,1$

Załącznik 2.3 – Szczegółowy schemat określenia czynników i miar kwantyfikacyjnych przyjętych na odcinkach z poligonu badawczego 2

L.p.	Rozważane determinanty, $j = 1, 2, \dots, m$	Przyjęte oznaczenia miar kwantyfikacyjnych i przyjęta wartość liczbową:			
		1	0,5	0	
Kryterium związane z organizacją ruchu	1	Odległość widoku infrastruktury drogowej za znakiem D-42:	≤ 100 m	większej	brak
	2	Chodnik za znakiem D-42	tak		brak
	3	Lokalizacja znaku B-33 (40 lub 50 km/h) przed szykaną	< 100 m		brak
	5	Widoczna na dojeździe do szykany zabudowa mieszkalna lub gospodarcza za znakiem D-42	tak		brak
	5	Lokalizacja drugiego znaku B-33 (40 km/h) za szykaną	< 100 m	> 100 ,	brak
	6	Lokalizacja dodatkowego znaku B-33 (70 km/h) przed szykaną	< 100 m	> 100 ,	brak
	7	Odległość bliskiej zabudowy od znaku D-42 (po stronie wjazdowej)	≤ 100 m		znacznie większa lub brak
	8	Lokalizacja znaku E-17 przed szykaną	≤ 50 m		> 50 m
	9	Lokalizacja znaku D-42 przed szykaną	≤ 50 m		> 50 m
	10	Lokalizacja znaku E-17 za szykaną	≤ 50 m		> 50 m
	11	Lokalizacja znaku D-42 za szykaną	≤ 50 m		> 50 m
Kryterium związane z warunkami drogowymi	1	Odgięcie toru jazdy	2,5-6 m	2-2,15 m	
	2	Odcinek krzywoliniowy za szykaną i promień łuku poziomego	mały promień łuku do 250 m	łagodny łuk o dużym promieniu	brak łuku poziomego
	3	Odległość najbliższego skrzyżowania od osi szykany	< 100 m	100-200 m	większa lub brak skrzyżowania
	4	Odległość najbliższego zjazdu od osi szykany	< 100 m	większa	brak zjazdu
	5	Zabudowa lub obiekt inżynierski po stronie pasa wjazdowego na łuku poziomym za szykaną	tak	po przeciwnej stronie drogi	brak
	6	Ograniczenie widoczności powierzchni jezdni za szykaną	tak ≤ 150 m	umiarkowane ≈ 300 m	dobra widoczność

	L.p.	Rozważane determinanty, $j = 1, 2, \dots, m$	Przyjęte oznaczenia miar kwantyfikacyjnych i przyjęta wartość liczbowo:		
			1	0,5	0
	7	Za szykaną znajdują się budynki zaraz za chodnikiem	kilka budynków	pojedyncze budynki oddalone od drogi	brak budynków
	8	Szykana połączona z azylem dla pieszych	tak		nie
	9	Odległość końca barier ochronnych od szykany	< 50 m	większa	brak barier
Kryterium związane z zagospodarowaniem otoczenia i warunkami widoczności	1	Odległość widocznej przy dojeździe do szykany sylwety wsi	< 300 m, skupiona zabudowa	> 300 m, rozległa zabudowa	brak sylwety
	2	Rodzaj zagospodarowania terenu w otoczeniu szykany	otwarta przestrzeń	zagajniki i słabo widoczna zabudowa	brak widoku zabudowy
	3	Odległość szykany od widocznej zabudowy znajdującej się blisko drogi	< 100 m	ok. 200-250 m	> 350 m
	4	Wyraźnie widoczne blisko drogi pojedyncze budynki lub chodniki	wyraźnie widoczne		słabo widoczne lub niewidoczne
	5	Widoczne przeszkody boczne za szukaną: poręcz mostu lub przepustu, ogrodzenia, bariery itd.	widoczne		niewidoczne
	6	Widoczna przy dojeździe i przejeździe przez szukaną bliska skupiona zabudowa	widoczna	słabo widoczna	niewidoczna
	7	Ograniczenie widoczności dalszej perspektywy drogi	tak	umiarkowanie	brak ograniczenia
	8	Za szukaną widoczne budynki za chodnikiem lub poręcz obiektu	widoczne	oddalone	niewidoczne
	9	Za szukaną widoczne bariery łańcuchowe lub dodatkowy znak B-33	widoczne		niewidoczne
	10	Za szukaną widoczny przejezdny pas dzielący na jezdni	widoczny		niewidoczny
	11	Za poboczem bariery łańcuchowe odgradzające od skarpy	tak są bariery blisko drogi	tak są bariery, ale oddalone	brak barier
	12	Długość barier ochronnych na dojeździe do szykany	300-500 m	krótsza	brak barier

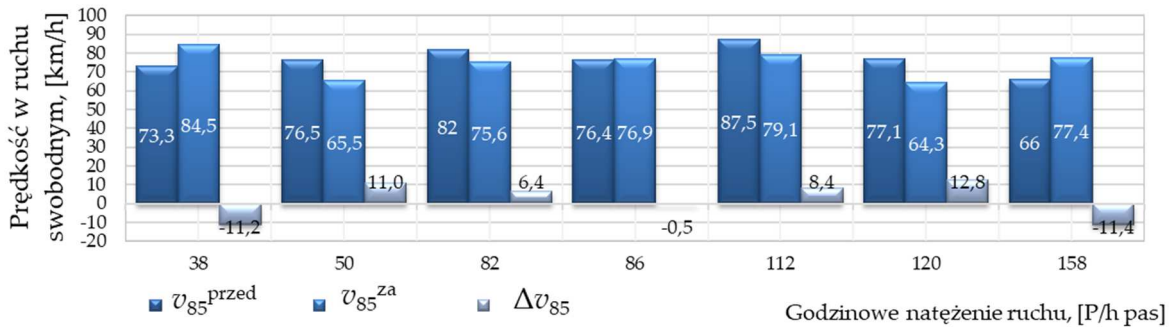
Ryc. Z.2.3.1. Szczegółowy schemat określania czynników i miar kwantyfikacyjnych

Załącznik 3.1 – Zestawienie wyników pomiarów prędkości, natężenia ruchu i hałasu na odcinkach z poligonu badawczego 3

Tab. Z.3.1.1 Zestawienie wyników pomiarowych z poligonu badawczego 3

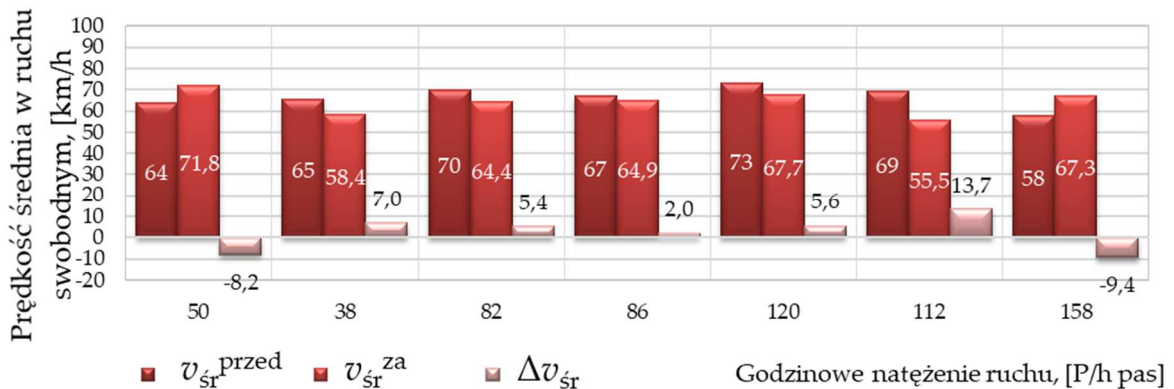
Odcinki badawcze z poligonu badawczego 1 wymienione w kolejności Δv_{85}														
Sławoborze 1		Gleżnowo 1		Sławoborze 2		Gleżnowo 3		Gleżnowo 1		Gleżnowo 4		Sucha Koszalińska 2		
przed	za	przed	za	przed	za	przed	za	przed	za	przed	za	przed	za	
Parametry rozkładu prędkości, [km/h]														
v_{85}	77,1	64,3	76,5	65,5	87,5	79,1	82,0	75,6	76,4	76,9	73,3	84,5	66,0	77,4
Δv_{85}	12,8		11,0		8,4		6,4		-0,5		-11,2		-11,4	
$v_{\text{śr}}$	69,2	55,5	65,4	58,4	73,3	67,7	69,8	64,4	66,9	64,9	63,6	71,8	57,9	67,4
$\Delta v_{\text{śr}}$	13,7		7,0		5,6		5,4		2,0		-8,2		-9,5	
$v_{\text{śrPP}}$	64,9	53,7	63,8	56,8	72,7	65,8	69,7	63,6	66,5	63,5	63,4	71,1	55,9	66,9
$\Delta v_{\text{śrPP}}$	11,2		7,0		6,9		6,1		3,0		-7,7		-11,0	
Wyniki godzinowego natężenia ruchu, [P/h] i udziału pojazdów ciężkich u_c, [%] na pasie wjazdowym														
N	120		52		112		82		72		98		146	
u_c	26,7		3,8		10,7		4,9		8,3		2,0		5,5	
Wyniki godzinowego natężenia ruchu, [P/h] i udziału pojazdów ciężkich u_c, [%] na pasie wyjazdowym														
N	80		50		100		58		86		38		158	
u_c	5,0		12,0		4,0		6,9		8,1		15,8		5,1	
Wyniki godzinowego natężenia ruchu, [P/h] i udziału pojazdów ciężkich u_c, [%] na jezdni														
N	200		102		212		140		158		136		304	
u_c	18,0		7,8		7,5		5,7		8,2		5,9		5,3	
Wyniki równoważonego poziomu hałasu w czasie 5 min Leq_1, Leq_2, Leq_3 i w ciągu 15 minut Leq_{15}, [dB(A)] (przed szykaną)														
Leq_1	66,1		61,4		67,3		61,4		61,3		64,3		64,0	
Leq_2	68,5		56,8		66,9		62,4		64,4		63,8		64,8	
Leq_3	64,4		62,6		65,1		62,0		63,6		61,4		65,8	
Leq_{15}	66,6		60,9		66,5		61,8		63,3		63,3		64,9	
Wyniki równoważonego poziomu hałasu w czasie 5 min Leq_1, Leq_2, Leq_3 i w ciągu 15 minut Leq_{15}, [dB(A)] (za szykaną)														
Leq_1	65,1		60,1		66,1		56,8		63,9		63,4		64,0	
Leq_2	67,3		56,8		66,2		64,3		63,5		64,4		64,9	
Leq_3	62,6		62,4		65,4		61,0		62,7		59,0		66,3	
Leq_{15}	65,4		60,3		65,9		61,7		63,4		62,8		65,2	
Wyniki różnicy równoważonego poziomu hałasu $\Delta Leq_{15} = Leq_{15}^{\text{przed}} - Leq_{15}^{\text{za}}$, [dB(A)]														
ΔLeq_{15}	1,2		0,6		0,6		0,1		-0,1		0,5		-0,3	

Załącznik 3.2 – Zestawienie zmian prędkości w zależności od natężenia ruchu na odcinkach z poligonu badawczego 3



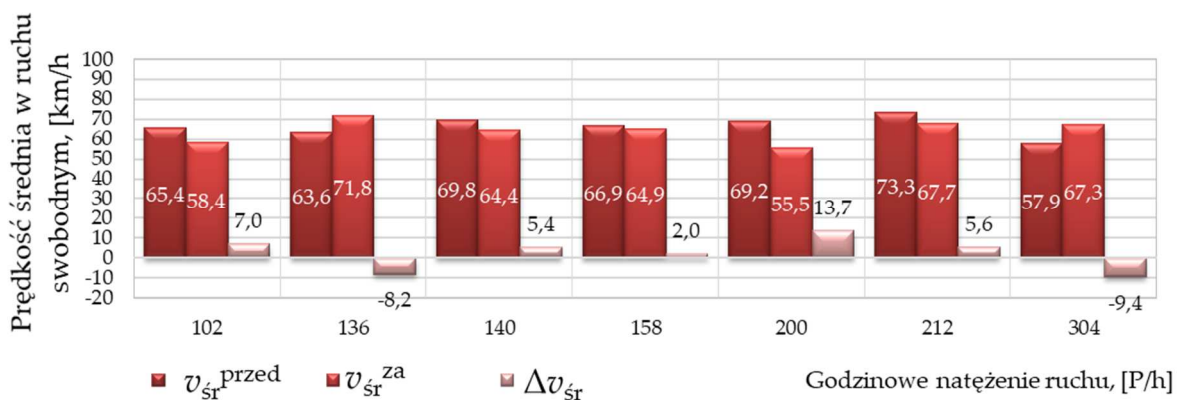
Ryc. Z.3.2.1. Zmiany prędkości v_{85} w ruchu swobodnym w kolejności wartości zmierzonego godzinowego natężenia ruchu na danym pasie.

Współczynnik korelacji $R(N \text{ i } v_{85}^{przed}) = -0,2$; $R(N \text{ i } v_{85}^{za}) = -0,1$; $R(N \text{ i } \Delta v_{85}) = -0,1$



Ryc. Z.3.2.2. Zmiany prędkości v_{sr} w ruchu swobodnym w kolejności wartości zmierzonego godzinowego natężenia ruchu na danym pasie

Współczynnik korelacji $R(N \text{ i } v_{sr}^{przed}) = -0,2$; $R(N \text{ i } v_{sr}^{za}) = -0,1$; $R(N \text{ i } \Delta v_{sr}) = 0,0$



Ryc. Z.3.2.3. Zmiany prędkości v_{sr} w ruchu swobodnym w kolejności wartości zmierzonego godzinowego natężenia ruchu na jezdni

Współczynnik korelacji $R(N \text{ i } v_{sr}^{przed}) = -0,4$; $R(N \text{ i } v_{sr}^{za}) = 0,2$; $R(N \text{ i } \Delta v_{sr}) = -0,3$

Załącznik 3.3 – Szczegółowy schemat określenia czynników i miar kwantyfikacyjnych przyjętych na odcinkach z poligonu badawczego 3

L.p.	Rozważane determinanty, $j = 1, 2, \dots, m$	Przyjęte oznaczenia miar kwantyfikacyjnych i przyjęta wartość liczbową:			
		1	0,5	0	
Kryterium związane z organizacją ruchu	1	Odległość widoku infrastruktury drogowej za znakiem D-42:	≤ 100 m	większej	brak
	2	Chodnik za znakiem D-42	tak		brak
	3	Lokalizacja znaku B-33 (40 lub 50 km/h) przed szykaną	< 100 m		brak
	5	Widoczna na dojeździe do szykany zabudowa mieszkalna lub gospodarcza za znakiem D-42	tak		brak
	5	Lokalizacja drugiego znaku B-33 (40 km/h) za szykaną	< 100 m	> 100 ,	brak
	6	Lokalizacja dodatkowego znaku B-33 (70 km/h) przed szykaną	< 100 m	> 100 ,	brak
	7	Odległość bliskiej zabudowy od znaku D-42 (po stronie wjazdowej)	≤ 100 m		znacznie większa lub brak
	8	Lokalizacja znaku E-17 przed szykaną	≤ 50 m		> 50 m
	9	Lokalizacja znaku D-42 przed szykaną	≤ 50 m		> 50 m
	10	Lokalizacja znaku E-17 za szykaną	≤ 50 m		> 50 m
	11	Lokalizacja znaku D-42 za szykaną	≤ 50 m		> 50 m
Kryterium związane z warunkami drogowymi	1	Odgięcie toru jazdy	2,5-6 m	2-2,15 m	
	2	Odcinek krzywoliniowy za szykaną i promień łuku poziomego	mały promień łuku do 250 m	łagodny łuk o dużym promieniu	brak łuku poziomego
	3	Odległość najbliższego skrzyżowania od osi szykany	< 100 m	100-200 m	większa lub brak skrzyżowania
	4	Odległość najbliższego zjazdu od osi szykany	< 100 m	większa	brak zjazdu
	5	Zabudowa lub obiekt inżynierski po stronie pasa wjazdowego na łuku poziomym za szykaną	tak	po przeciwnej stronie drogi	brak
	6	Ograniczenie widoczności powierzchni jezdni za szykaną	tak ≤ 150 m	umiarkowane ≈ 300 m	dobra widoczność

	L.p.	Rozważane determinanty, $j = 1, 2, \dots, m$	Przyjęte oznaczenia miar kwantyfikacyjnych i przyjęta wartość liczbową:		
			1	0,5	0
	7	Za szykaną znajdują się budynki zaraz za chodnikiem	kilka budynków	pojedyncze budynki oddalone od drogi	brak budynków
	8	Szykana połączona z azylem dla pieszych	tak		nie
	9	Odległość końca barier ochronnych od szykany	< 50 m	większa	brak barier
Kryterium związane z zagospodarowaniem otoczenia i warunkami widoczności	1	Odległość widocznej przy dojeździe do szykany sylwety wsi	< 300 m, skupiona zabudowa	> 300 m, rozległa zabudowa	brak sylwety
	2	Rodzaj zagospodarowania terenu w otoczeniu szykany	otwarta przestrzeń	zagajniki i słabo widoczna zabudowa	brak widoku zabudowy
	3	Odległość szykany od widocznej zabudowy znajdującej się blisko drogi	< 100 m	ok. 200-250 m	> 350 m
	4	Wyraźnie widoczne blisko drogi pojedyncze budynki lub chodniki	wyraźnie widoczne		słabo widoczne lub niewidoczne
	5	Widoczne przeszkody boczne za szukaną: poręcz mostu lub przepustu, ogrodzenia, bariery itd.	widoczne		niewidoczne
	6	Widoczna przy dojeździe i przejeździe przez szukaną bliska skupiona zabudowa	widoczna	słabo widoczna	niewidoczna
	7	Ograniczenie widoczności dalszej perspektywy drogi	tak	umiarkowanie	brak ograniczenia
	8	Za szukaną widoczne budynki za chodnikiem lub poręcz obiektu	widoczne	oddalone	niewidoczne
	9	Za szukaną widoczne bariery łańcuchowe lub dodatkowy znak B-33	widoczne		niewidoczne
	10	Za szukaną widoczny przejezdny pas dzielący na jezdni	widoczny		niewidoczny
	11	Za poboczem bariery łańcuchowe odgradzające od skarpy	tak są bariery blisko drogi	tak są bariery, ale oddalone	brak barier
	12	Długość barier ochronnych na dojeździe do szykany	300-500 m	krótsza	brak barier

Ryc. Z.3.3.1. Szczegółowy schemat określania czynników i miar kwantyfikacyjnych

Załącznik 4 – Dane o zdarzeniach drogowych wraz z analizą statystyczną

Poniżej na podstawie danych [33] uzyskanych z Rejonowych Komend Policji zestawiono liczby odnotowanych zdarzeń drogowych w latach 2010-2016 z wyróżnieniem lat przed do przebudowy i po przebudowie. Daty przebudowy dróg wojewódzkich pobrano z [32] na podstawie dostępności jawności danych, o których mowa w Ustawie o dostępie do informacji publicznej z dn. 6 września 2001 r.

Dane w odniesieniu do (1) uzyskano z Komenda Powiatowa Policji w Kamieniu Pomorskim. Dane w odniesieniu do (2, 3, 4) uzyskano z Komendy Powiatowej Policji w Gryficach. Dane w odniesieniu do (5, 6) uzyskano z Komendy Miejskiej Policji w Koszalinie. Dane w odniesieniu do (7) uzyskano z Komendy Powiatowej Policji w Sławnie, a w odniesieniu do odcinka badawczego Gleźnowo i Gleźnowko KPP w Sławnie nie przekazała danych. Dane w odniesieniu do (8, 9) uzyskano z Komendy Powiatowej Policji w Świdwinie. Natomiast według informacji uzyskanych z Komendy Powiatowej Policji w Policach, w odniesieniu do odcinków badawczych Uniemyśl i Dębostrów, komenda nie posiadała żadnych danych o zdarzeniach drogowych z lat 2010-2016.

Przystępując do analizy statystycznej uzyskanych danych wykorzystano sposób analizy podany w publikacji [177] i szczegółowo opisanych w pkt 3.5 w rozdziale 3 niniejszej rozprawy. Uzyskane dane i wyniki analizy statystycznej przedstawiono w tab. przedstawiono W kolumnie 4 zgodnie z metodyką analizy statystycznej podano daty przebudowy danej drogi. W kolumnach 5 – 8 podano liczbowe dane odnośnie lat i liczby zdarzeń drogowych, do których doszło w analizowanym okresie czasu. W celu wyraźniejsze przedstawienia analizowanych okresów przed przebudową i po przebudowie odpowiednie dane przedstawiono na tle „ceglastym”. W kolumnach 6 i 8 zebrano dane zbiorcze potrzebne do analizy statystycznej zgodnie z wzorem (3.5), a w kolumnie 10 zgodnie z wzorem (3.6). Wynik testu statystycznego podano w kolumnie 9.

Tab. Z.4. Zestawienie danych o zdarzeniach drogowych oraz wyniki testów statystycznych

Lp.	Wieś	Nr drogi	Data przebudowy drogi	Rok analizy	Liczba lat	Liczba zdarzeń drogowych w roku	Liczba zdarzeń drogowych ogółem	χ^2	$n_1/t_1 > n_2/t_2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Wrzosowo	DW107	21.01.2011 – 30.06.2012	2010	3	12	48	0,065	16 > 8,5
				2011		29			
				2012		7			
				2013	4	8	34		
				2014		6			
				2015		9			
				2016		11			

Tab. Z.4. ciąg dalszy

2	Trzebusz	DW109	21.01.2011 – 30.05.2012	2010	3	0	3	1,260	1 < 1,3
				2011		2			
				2012		1			
				2013	4	3	5		
				2014		1			
				2015		0			
2016	1								
3	Mrzeżyno	DW109	21.01.2011 – 30.05.2013	2010	4	0	4	5,333	1 > 0
				2011		3			
				2012		0			
				2013		1			
				2014	3	0	0		
				2015		0			
2016	0								
4	Brodniki	DW109	21.01.2011 – 30.05.2014	2010	5	0	2	5,000	0 > 0
				2011		0			
				2012		0			
				2013		1			
				2014		1			
				2015	2	0	0		
2016	0								
5	Sucha Koszalińska	DW203	27.10.2010 – 15.05.2012	2010	3	2	4	0,000	1 > 0,8
				2011		0			
				2012		2			
				2013	4	0	3		
				2014		1			
				2015		0			
2016	2								
6	Iwięcino	DW203	27.10.2010 – 15.05.2013	2010	4	0	1	1,333	0 > 0
				2011		1			
				2012		0			
				2013		0			
				2014	3	0	0		
				2015		0			
2016	0								
7	Bielkowo	DW203	30.08.2012 – 15.06.2014	2010	5	0	0	–	0 > 0
				2011		0			
				2012		0			
				2013		0			
				2014		0			
				2015	2	0	0		
2016	0								
8	Krosino	DW162	07.09.2010 – 30.05.2012	2010	3	0	2	0,083	1 > 0,5
				2011		2			
				2012		0			
				2013	4	1	2		
				2014		1			
				2015		0			
2016	0								
9	Sławoborze	DW162	07.09.2010 – 30.05.2013	2010	4	1	13	1,253	3 < 3,7
				2011		3			
				2012		6			
				2013		3			
				2014		3			
				2015	5				
2016	3								

Tylko w odniesieniu do odcinka Mrzeżyno i Brodniki, wybranego do walidacji w poligonie badawczym 1, uzyskano w wynikach testu statystycznego χ^2 potwierdzenie, że po przebudowie drogi istotnie poprawiły się warunki bezpieczeństwa ruchu. Jednak należy to podkreślić, że dane o zdarzeniach drogowych dotyczą całego przejścia drogi wojewódzkiej, a nie tylko strefy wjazdowej z wybudowaną szykaną, co zilustrowano w tab. Z.4 czcionką czerwoną.

Natomiast w odniesieniu do wyników analizę wg wzoru (3.6) zestawionych w kolumnie 10 w tab. Z.4 uzyskano, że tylko na odcinkach we wsi Trzebusz i Sławoborze zastosowane wzdłuż przejścia drogi wojewódzkiej przez dana wieś po przebudowie poprawiały się znacznie warunki bezpieczeństwa ruchu, co zilustrowano w tab. Z.4 czcionką czerwoną.

Załącznik 5.1 – Wyniki testów statystycznych z wszystkich odcinków badawczych z poligonu badawczego 1

Tab. Z.5.1 Zestawienie rezultatów testów statystycznych na odcinkach badawczych z poligonu badawczego 1 wymienionych w kolejności redukcji Δv_{85}

Testy parametryczne								Test nieparametryczny		
Test zgodności Kołmogorowa-Smirnowa: {czy można łączyć wyniki z pomiarów pięciominutowych ze sobą, $\lambda_{\alpha} (\alpha=0,05) = 1,36$						Test zgodności Kołmogorowa-Smirnowa {czy wyniki Leq_{15} zależą od miejsca pomiaru}		Test niezależności χ^2 {czy wyniki Leq_{15} zależą od miejsca pomiaru}		
Pomiary pięciominutowe wykonane przed szykaną			Pomiary pięciominutowe wykonane za szykaną							
Leq_1 i Leq_2	Leq_2 i Leq_3	Leq_1 i Leq_3	Leq_1 i Leq_2	Leq_2 i Leq_3	Leq_1 i Leq_3	Leq_{15}^{przed} i Leq_{15}^{za}	λ			$\lambda_{\alpha} (\alpha=0,05)$
Bielkowo 1										
2,26	1,85	2,88	3,81	13,21	10,82	22,9	1,36	66,16	3,84	
Iwięcino 1										
6,88	2,66	5,80	3,12	2,85	3,98	4,9	1,36	0,20	3,84	
Bielkowo 2										
9,08	11,37	2,30	5,23	11,26	6,03	19,5	1,36	0,98	3,84	
Uniemysł										
3,29	5,54	5,49	5,94	5,05	7,15	8,7	1,36	10,35	3,84	
Krosino 1										
6,36	2,62	3,96	4,30	2,72	4,47	4,7	1,36	3,30	3,84	
Dębostrów										
13,53	8,83	5,85	2,44	3,14	2,96	5,4	1,36	2,79	3,84	
Iwięcino 2										
12,74	10,37	6,09	7,15	9,17	4,85	15,9	1,36	24,74	3,84	

W tab. Z.8.1 kolorem czerwonym oznaczono wyniki testów poświadczające, przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$, że nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy H_0 , czyli nie ma istotnej statystycznie różnicy między analizowanymi populacjami. A to oznacza w testach zgodności dotyczących hipotezy możliwości łączenia ze sobą wyników pomiarów pięciominutowych Leq_i , że można łączyć wyniki z obu rozważanych pomiarów. Natomiast w obu testach dotyczących analizy wyników równoważnego hałasu Leq_{15} , że uzyskane wyniki pomiaru piętnastominutowego nie zależą od miejsca wykonania tego pomiaru.

Załącznik 5.2 – Wyniki testów statystycznych z wszystkich odcinków badawczych z poligonu badawczego 2

Tab. Z.5.2 Zestawienie rezultatów testów statystycznych na odcinkach badawczych z poligonu badawczego 2 wymienionych w kolejności redukcji Δv_{85}

Testy parametryczne								Test nieparametryczny		
Test zgodności Kołmogorowa-Smirnowa: {czy można łączyć wyniki z pomiarów pięciominutowych ze sobą, $\lambda_{\alpha} (\alpha=0,05) = 1,36$						Test zgodności Kołmogorowa-Smirnowa {czy wyniki Leq_{15} zależą od miejsca pomiaru}		Test niezależności χ^2 {czy wyniki Leq_{15} zależą od miejsca pomiaru}		
Pomiary pięciominutowe wykonane przed szykaną			Pomiary pięciominutowe wykonane za szykaną							
Leq_1 i Leq_2	Leq_2 i Leq_3	Leq_1 i Leq_3	Leq_1 i Leq_2	Leq_2 i Leq_3	Leq_1 i Leq_3	Leq_{15}^{przed} i Leq_{15}^{za}	λ			$\lambda_{\alpha} (\alpha=0,05)$
λ	λ	λ	λ	λ	λ	λ	$\lambda_{\alpha} (\alpha=0,05)$	χ^2	$\chi^2_{\alpha} (\alpha=0,05)$	
Gleźnowo 2										
4,79	9,09	5,02	13,89	19,53	7,82	33,8	1,36	12,01	3,84	
Mrzeżyno										
0,22	0,22	0,01	0,26	0,26	0,01	0,4	1,36	92,44	3,84	
Wrzosowo 1										
3,37	3,73	3,55	1,87	4,17	4,03	7,2	1,36	2,22	3,84	
Wrzosowo 2										
1,32	4,35	3,38	3,45	4,94	3,55	8,6	1,36	13,41	3,84	
Skibienko										
5,25	3,59	6,09	3,07	4,03	3,82	7,0	1,36	24,43	3,84	
Trzebusz 2										
3,11	2,54	3,73	2,89	2,40	4,27	4,2	1,36	0,13	3,84	
Trzebusz 1										
3,16	5,14	2,38	5,22	5,03	6,57	8,7	1,36	20,58	3,84	
Gleźnowko 2										
6,26	9,39	5,47	10,56	13,58	5,63	23,5	1,36	2,34	3,84	
Wrzosowo Osiedle 2										
2,58	3,00	1,19	2,09	2,49	1,25	4,3	1,36	149,40	3,84	
Wrzosowo Osiedle 1										
8,78	2,12	8,49	2,14	2,90	4,22	5,0	1,36	1,93	3,84	

W tab. Z.8.1 kolorem czerwonym oznaczono wyniki testów poświadczające, przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$, że nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy H_0 , czyli nie ma istotnej statystycznie różnicy między analizowanymi populacjami. A to oznacza w testach zgodności dotyczących hipotezy możliwości łączenia ze sobą wyników pomiarów pięciominutowych Leq_i , że można łączyć wyniki z obu rozważanych pomiarów. Natomiast w obu testach dotyczących analizy wyników równoważnego hałasu Leg_{15} , że uzyskane wyniki pomiaru piętnastominutowego nie zależą od miejsca wykonania tego pomiaru.

Załącznik 5.3 – Wyniki testów statystycznych z wszystkich odcinków badawczych z poligonu badawczego 3

Tab. Z.5.2 Zestawienie rezultatów testów statystycznych na odcinkach badawczych z poligonu badawczego 3 wymienionych w kolejności redukcji Δv_{85}

Testy parametryczne								Test nieparametryczny	
Test zgodności Kołmogorowa-Smirnowa: {czy można łączyć wyniki z pomiarów pięciominutowych ze sobą, $\lambda_{\alpha} (\alpha=0,05) = 1,36$						Test zgodności Kołmogorowa-Smirnowa {czy wyniki Leq_{15} zależą od miejsca pomiaru}		Test niezależności χ^2 {czy wyniki Leq_{15} zależą od miejsca pomiaru}	
Pomiary pięciominutowe wykonane przed szykaną			Pomiary pięciominutowe wykonane za szykaną						
Leq_1 i Leq_2	Leq_2 i Leq_3	Leq_1 i Leq_3	Leq_1 i Leq_2	Leq_2 i Leq_3	Leq_1 i Leq_3	Leq_{15}^{przed} i Leq_{15}^{za}			
λ	λ	λ	λ	λ	λ	$\lambda_{\alpha} (\alpha=0,05)$	χ^2		
Sławoborze 1									
9,72	12,52	4,29	11,00	14,18	3,18	24,6	1,36	2,06	3,84
Gleźnowko 1									
5,63	6,80	4,03	7,14	7,98	1,77	13,8	1,36	0,16	3,84
Sławoborze 2									
8,04	5,34	4,25	6,05	3,46	4,61	6,0	1,36	20,76	3,84
Gleźnowo 3									
3,38	1,05	2,34	9,02	6,29	5,53	10,9	1,36	4,51	3,84
Gleźnowo 1									
12,64	10,68	4,16	6,11	12,04	7,53	20,9	1,36	59,66	3,84
Gleźnowo 4									
2,38	12,32	9,94	3,27	10,25	6,98	17,8	1,36	6,35	3,84
Sucha Koszalińska 2									
4,97	2,36	5,23	6,79	2,88	3,92	5,0	1,36	15,76	3,84

W tab. Z.8.1 kolorem czerwonym oznaczono wyniki testów poświadczające, przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$, że nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy H_0 , czyli nie ma istotnej statystycznie różnicy między analizowanymi populacjami. A to oznacza w testach zgodności dotyczących hipotezy możliwości łączenia ze sobą wyników pomiarów pięciominutowych Leq_i , że można łączyć wyniki z obu rozważanych pomiarów. Natomiast w obu testach dotyczących analizy wyników równoważnego hałasu Leq_{15} , że uzyskane wyniki pomiaru piętnastominutowego nie zależą od miejsca wykonania tego pomiaru.

Tab. 6.1. Rezultaty standardowych testów statystycznych w odniesieniu do populacji prędkości w ruchu swobodnym, (odcinki badawcze wymienione są w kolejności Δv_{85})

Odcinki badawcze	Test Kolmogorowa λ $H_0: F(v) = F_0(v)$ $H_1: F(v) \neq F_0(v)$			Test dla dwóch średnich u $H_0: v_{s,przed} = v_{s,za}$ $H_1: v_{s,przed} \neq v_{s,za}$		Test dla dwóch średnich t $H_0: v_{s,przed} = v_{s,za}$ $H_1: v_{s,przed} > v_{s,za}$		Test wariancji F $H_0: s_{przed}^2 = s_{za}^2$ $H_1: s_{przed}^2 > s_{za}^2$	
	v_{przed}	v_{za}	$\lambda_{\alpha, \alpha=0,05}$	u	$u_{\alpha, \alpha=0,05}$	t	$t_{\alpha, \alpha=0,05}$	F	$F_{\alpha, \alpha=0,05}$
Poligon badawczy 1									
Brodniki 1	0,86	0,80	1,36	3,52	1,96	3,52	1,60	1,28	1,51
Brodniki 2	0,62	0,82	1,36	0,10	1,96	0,10	1,60	2,00	1,56
Poligon badawczy 2									
Gorzebądź 1	0,56	0,46	1,36	8,58	1,96	8,58	1,60	2,38	1,51
Trzebusz 1 (wyjazd)	0,34	0,48	1,36	9,71	1,96	9,71	1,60	1,39	1,55
Trzebusz 3	0,58	0,51	1,36	1,89	1,96	1,89	1,60	1,71	1,61
Poligon badawczy 3									
Sucha Koszalińska 2 (wyjazd)	0,42	0,36	1,36	10,31	1,96	10,31	1,60	1,54	1,43
Sucha Koszalińska 1	0,32	0,32	1,36	2,54	1,96	2,54	1,60	1,34	1,48
Gleźnowo 3 (wyjazd)	0,98	0,93	1,36	1,25	1,96	-1,25	1,60	1,11	1,54
Skibienko 2	0,81	0,44	1,36	3,19	1,96	-3,19	1,60	1,86	1,58

W tab. 6.1 kolorem czerwonym oznaczono wyniki testów poświadczające, przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$, że nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy H_0 , czyli nie ma istotnej statystycznie różnicy między analizowanymi populacjami.

Tab. 6.2. Rezultaty standardowych testów statystycznych w odniesieniu do populacji prędkości w potoku pojazdów, (odcinki badawcze wymienione są w kolejności Δv_{85})

Odcinki badawcze	Test Kolmogorowa λ $H_0: F(v) = F_0(v)$ $H_1: F(v) \neq F_0(v)$			Test dla dwóch średnich u $H_0: v_{s,przed pp} = v_{s,za pp}$ $H_1: v_{s,przed pp} \neq v_{s,za pp}$		Test dla dwóch średnich t $H_0: v_{s,przed pp} = v_{s,za pp}$ $H_1: v_{s,przed pp} > v_{s,za pp}$		Test wariancji F $H_0: s_{przed pp}^2 = s_{za pp}^2$ $H_1: s_{przed pp}^2 > s_{za pp}^2$	
	$v_{przed pp}$	$v_{za pp}$	$\lambda_{\alpha, \alpha=0,05}$	u	$u_{\alpha, \alpha=0,05}$	t	$t_{\alpha, \alpha=0,05}$	F	$F_{\alpha, \alpha=0,05}$
Poligon badawczy 1									
Brodniki 1	1,01	1,34	1,36	6,23	1,96	6,23	1,60	1,06	1,36
Brodniki 2	1,21	0,93	1,36	0,99	1,96	0,99	1,96	1,93	1,37
Poligon badawczy 2									
Gorzebądź 1	0,70	0,38	1,36	8,93	1,96	8,93	1,60	2,44	1,47
Trzebusz 1 (wyjazd)	0,34	0,48	1,36	9,71	1,96	9,71	1,60	1,39	1,55
Trzebusz 3	0,58	0,51	1,36	1,89	1,96	1,89	1,60	1,71	1,61
Poligon badawczy 3									
Sucha Koszalińska 2 (wyjazd)	0,59	0,56	1,36	10,78	1,96	10,78	1,60	1,52	1,40
Sucha Koszalińska 2	0,46	0,52	1,36	2,75	1,96	2,75	1,60	1,40	1,40
Gleźnowo 3 (wyjazd)	1,22	0,97	1,36	1,25	1,96	-1,25	1,60	1,30	1,46
Skibienko 2	0,36	0,59	1,36	3,68	1,96	-3,68	1,60	2,29	1,48

Oznaczenia jak w tab. 6.1.

Załącznik 6. Rezultaty testów statystycznych w odniesieniu do wyników prędkości na odcinkach wybranych do walidacji w poligonach badawczych

Tab. 6.3. Rezultaty standardowych testów statystycznych w odniesieniu do porównania populacji prędkości przed i za szykaną w ruchu swobodnym, (odcinki badawcze wymienione są w kolejności Δv_{85})

Odcinek badawczy	Δv_{85} , [km/h]	Test Kołmogorowa-Smirnowa $H_0: F(v^{przed}) = F(v^{za})$ $H_1: F(v^{przed}) \neq F(v^{za})$		Test niezależności $H_0: P\{X = v^{przed}_i, Y = v^{za}_i\} = P\{X = v^{przed}_i\} \cdot P\{Y = v^{za}_i\}$ $H_1: P\{X = v^{przed}_i, Y = v^{za}_i\} \neq P\{X = v^{przed}_i\} \cdot P\{Y = v^{za}_i\}$		Test mediany $H_0: F_1(x) = F_2(x)$ $H_1: F_1(x) \neq F_2(x)$	
		λ	λ_α	χ^2	χ^2_α	χ^2	χ^2_α
Poligon badawczy 1							
Brodniki 1	14,4	2,06	1,36	22,1	3,84	6,56	3,84
Brodniki 2	1,5	0,88	1,36	3,71	3,84	2,99	3,84
Poligon badawczy 2							
Goźbądź 1	11,7	3,31	1,36	17,25	3,84	26,37	3,84
Trzebusz 1 (wyjazd)	11,1	3,41	1,36	49,65	3,84	37,0	3,84
Trzebusz 3	6,7	0,79	1,36	0,30	3,84	4,42	3,84
Poligon badawczy 3							
Sucha Koszalińska 2 (wyjazd)	19,1	3,81	1,36	22,95	3,84	57,62	3,84
Sucha Koszalińska 2	6,3	1,14	1,36	2,09	3,84	3,60	3,84
Gleźnowo 3 (wyjazd)	-0,2	0,64	1,36	3,73	3,84	1,65	3,84
Skibienko 2	-8,5	1,12	1,36	2,62	3,84	4,77	3,84

Oznaczenia jak w tab. 6.1.

Tab. 6.4. Rezultaty standardowych testów statystycznych w odniesieniu do porównania populacji prędkości przed i za szykaną w potoku pojazdów, (odcinki badawcze wymienione są w kolejności Δv_{85})

Odcinek badawczy	Δv_{85}^{pp} , [km/h]	Test Kołmogorowa-Smirnowa $H_0: F(v^{przed pp}) = F(v^{za pp})$ $H_1: F(v^{przed pp}) \neq F(v^{za pp})$		Test niezależności $H_0: P\{X = v^{przed pp}_i, Y = v^{za pp}_i\} = P\{X = v^{przed pp}_i\} \cdot P\{Y = v^{za pp}_i\}$ $H_1: P\{X = v^{przed pp}_i, Y = v^{za pp}_i\} \neq P\{X = v^{przed pp}_i\} \cdot P\{Y = v^{za pp}_i\}$		Test mediany $H_0: F_1(x) = F_2(x)$ $H_1: F_1(x) \neq F_2(x)$	
		λ	λ_α	χ^2	χ^2_α	χ^2	χ^2_α
Poligon badawczy 1							
Brodniki 1	14,4	3,18	1,36	45,9	3,84	87,3	3,84
Brodniki 2	1,5	0,91	1,36	5,63	3,84	10,0	3,84
Poligon badawczy 2							
Goźbądź 1	11,7	3,43	1,36	18,89	3,84	31,0	3,84
Trzebusz 1 (wyjazd)	11,1	3,41	1,36	49,65	3,84	37,0	3,84
Trzebusz 3	6,7	0,79	1,36	0,30	3,84	4,42	3,84
Poligon badawczy 3							
Sucha Koszalińska 2 (wyjazd)	19,1	3,98	1,36	25,84	3,84	74,89	3,84
Sucha Koszalińska 2	6,3	1,13	1,36	3,78	3,84	3,60	3,84
Gleźnowo 3 (wyjazd)	-0,5	0,72	1,36	0,13	3,84	0,43	3,84
Skibienko 2	-8,5	1,16	1,36	3,56	3,84	3,39	3,84

Oznaczenia jak w tab. 6.1.