



**Regionalny Plan Transportowy
dla Województwa Śląskiego wraz z przeprowadzeniem
Strategicznej Oceny Oddziaływania na Środowisko
oraz wykonaniem analiz diagnostyczno-prognostycznych
w zakresie funkcjonowania regionalnego systemu
transportu**

Część I Studium analityczno-prognostyczne

Etap 6 – Model ruchu

Sierpień 2022



Autorzy opracowania:



autorzy wiodący

mgr Aneta Kostelecka

mgr inż. Jacek Thiem

mgr inż. Joanna Thiem

mgr inż. Beata Kempa

mgr inż. Robert Budny

dr inż. Szymon Fierek

współautorzy

mgr inż. Michał Mikołajczyk

Opracowanie wykonane na zlecenie Samorządu Województwa Śląskiego



Spis treści

Słownik pojęć.....	5
Wykaz skrótów	7
Wstęp	8
1. Metodyka budowy modelu	10
1.1. Model sieci transportowej.....	10
1.1.1. Rejony komunikacyjne	10
1.1.2. Model sieci transportu zbiorowego	18
1.1.3. Model sieci drogowej	25
1.1.4. Podwiązania rejonów do modelu sieci.....	33
1.2. Model przemieszczeń osób	33
1.2.1. Podział przestrzenny modelu	33
1.2.2. Motywacje podróży	37
1.2.3. Generacja ruchu	37
1.2.4. Rozkład przestrzenny.....	48
1.2.5. Podział zadań przewozowych.....	49
1.3. Rozkład ruchu na sieć	51
1.4. Model dla podróży związanych z MPL Katowice w Pyrzowicach	51
1.5. Model przemieszczeń towarów.....	51
1.6. Model ruchu zewnętrznego	52
2. Sprawdzenie poprawności modelu	53
2.1. Generacja i rozkład przestrzenny podróży	53
2.2. Podział zadań przewozowych.....	64
2.3. Rozkład ruchu na sieć	65
3. Wyniki badań modelowych	69
3.1. Generacja ruchu	69
3.2. Więźba ruchu.....	69
3.3. Podział zadań przewozowych.....	73
3.4. Parametry funkcjonalne transportu zbiorowego	75
3.5. Parametry funkcjonalne transportu indywidualnego	76
3.6. Parametry funkcjonalne transportu towarowego.....	77
3.7. Potoki pasażerskie	78
3.8. Potoki samochodowe	81



3.9. Emisje transportowe	84
3.10. Wskaźnik dostępności transportowej województwa śląskiego	85
Literatura	97
Spis załączników	97
Spis tabel	97
Spis rysunków	98

Słownik pojęć

motywacja podróży – przyczyna odbycia podróży łącząca parę rodzajów aktywności, to jest miejsca rozpoczynania podróży oraz miejsca jej zakończenia, np. dom-praca, dom-nauka. Wśród motywacji wyróżnia się podróże obligatoryjne (między domem a miejscem pracy lub miejscem nauki) oraz podróże nieobligatoryjne (wszystkie pozostałe podróże) zwane też fakultatywnymi

podróż – to każda zmiana miejsca pobytu, dokonana jednym lub kilkoma środkami transportu lub pieszo, na odległość nie mniejszą niż 500 metrów, dokonana w określonym celu. Przykłady podróży: jazda do pracy, szkoły, uczelni, do kina, teatru, udanie się po zakupy, do lekarza, fryzjera itp., wyjście podczas pracy w celu załatwienia spraw służbowych lub osobistych (np. wyjście na pocztę), wizyta u rodziny/ znajomych.

podróż niepiesza – podróż wykonana z wykorzystaniem środków transportu (np. samochodu, autobusu, roweru)

podróż piesza – podróż w całości wykonana pieszo

podróż wewnętrzna – podróż, której miejsce początkowe i docelowe znajduje się w województwie śląskim

podróż zewnętrzna – podróż zewnętrzna docelowa lub podróż zewnętrzna źródłowa por. def.

podróż zewnętrzna docelowa – podróż, która ma początek poza województwem śląskim, a koniec w województwie śląskim

podróż zewnętrzna źródłowa – podróż, która ma początek w województwie śląskim, koniec poza województwem śląskim

podróż tranzytowa – podróż, której miejsce początkowe i docelowe znajdują się poza województwem śląskim, ale podróż odbywa się przez obszar województwa

podział zadań przewozowych – struktura środków transportu wykorzystywanych w podróżach mieszkańców

przewozy międzygminne – przewozy pomiędzy gminami województwa bez rozróżnienia powiatów

ruch docelowy – przejazd samochodu, który ma początek poza województwem śląskim, a koniec w województwie śląskim

ruch źródłowy – przejazd samochodu, który ma początek w województwie śląskim, koniec poza województwem śląskim

ruch docelowo-źródłowy – suma ruchu docelowego i źródłowego

ruch tranzytowy – przejazd samochodu, którego miejsce początkowe i docelowe znajdują się poza województwem śląskim, ale przejazd odbywa się przez obszar województwa

wojewódzkie przewozy pasażerskie (przewozy o charakterze wojewódzkim, przewozy wojewódzkie) – definicja zgodna z ustawą o publicznym transporcie zbiorowym – przewozy międzypowiatowe w ramach województwa



wskaźnik ruchliwości (wskaźnik ruchliwości ogółem) – średnia liczba podróży wykonanych przez jedną osobę w ciągu doby;

wskaźnik ruchliwości niepieszej – średnia liczba podróży wykonanych z wykorzystaniem środków transportu przez jedną osobę w ciągu doby.

wskaźnik ruchliwości pieszej – średnia liczba podróży pieszych wykonanych przez jedną osobę w ciągu doby.

Wykaz skrótów

BPR2	funkcja oporu odcinka, nazwa od: Bureau of Public Roads
CUPT	Centrum Unijnych Projektów Transportowych
GPR	Generalny Pomiar Ruchu
GZM	Górnośląsko-Zagłębiowska Metropolia
MPL	Międzynarodowy Port Lotniczy
pash	pasażerogodzina (jednostka pracy przewozowej)
paskm	pasażerokilometr (jednostka pracy przewozowej)
poch	pociągohodzina (jednostka pracy transportowej)
pockm	pociągokilometr (jednostka pracy transportowej)
pojh	pojazdogodzina (jednostka pracy transportowej)
pojkm	pojazdokilometr (jednostka pracy transportowej)
PTZ	Publiczny transport zbiorowy
PUT-AUX	Public Transport – Auxiliary (środek wewnątrzgminnego transportu zbiorowego)
SDRR	Średni dobowy ruch roczny
UTK	Urząd Transportu Kolejowego
WDTWŚso	Wskaźnik Dostępności Transportowej Województwa Śląskiego dla ruchu samochodowego
WWDTWŚso	Wewnętrzny Wskaźnik Dostępności Transportowej Województwa Śląskiego dla ruchu samochodowego
ZWDTWŚso	Zewnętrzny Wskaźnik Dostępności Transportowej Województwa Śląskiego dla ruchu samochodowego
WDTWŚtz	Wskaźnik Dostępności Transportowej Województwa Śląskiego dla transportu zbiorowego
WWDTWŚtz	Wewnętrzny Wskaźnik Dostępności Transportowej Województwa Śląskiego dla transportu zbiorowego
ZWDTWŚtz	Zewnętrzny Wskaźnik Dostępności Transportowej Województwa Śląskiego dla transportu zbiorowego
WDTWŚtow	Wskaźnik Dostępności Transportowej Województwa Śląskiego dla transportu towarowego
WWDTWŚtow	Wewnętrzny Wskaźnik Dostępności Transportowej Województwa Śląskiego dla transportu towarowego
ZWDTWŚtow	Zewnętrzny Wskaźnik Dostępności Transportowej Województwa Śląskiego dla transportu towarowego
ZMR	Zintegrowany Model Ruchu
ZTM	Zarząd Transportu Metropolitalnego



Niniejszy dokument stanowi Etap 6 Studium analityczno-prognostycznego, które poprzedza opracowanie Regionalnego Planu Transportowego. W ramach Zamówienia dotychczas wykonane zostały następujące części:

- Część I Studium analityczno-prognostyczne Etap 1-5 - obejmuje uwarunkowania rozwoju systemu transportu w województwie śląskim, wyniki badań ankietowych mieszkańców, wyniki badań ankietowych w centrach handlowych, badania natężenia ruchu oraz analizę regionalnego systemu transportu.
- **Część I Studium analityczno-prognostyczne Etap 6 – w ramach tego etapu prac opracowano model ruchu stanu istniejącego.**

Kolejnym etapem prac będzie:

- Część I Studium analityczno-prognostyczne Etap 7 – obejmująca warianty planistyczne.

Powyższe dokumenty dostępne są na stronie internetowej Samorządu Województwa Śląskiego pod adresem: <https://slaskie.pl/content/regionalny-plan-transportowy>.

Wstęp

Niniejszy raport stanowi opis budowy modelu ruchu dla stanu istniejącego w ramach Regionalnego Planu Transportowego. W opracowaniu zawarto opis metodyki, opis weryfikacji modelu oraz podstawowe wyniki. Model ruchu dla stanu istniejącego stanowić będzie podstawę do wykonania prognoz wariantów rozwojowych.

Kontekst powstawania modelu ruchu dla województwa śląskiego był na tyle specyficzny, że wymaga kilku zdań wprowadzenia. W pierwszej kolejności okres w jakim wykonywane były badania i pomiary na potrzeby modelu ruchu, czyli wrzesień – październik 2021 roku. Okres, w którym pandemia COVID-19 była wyciszona, nie mniej trwała. Częściowo obostrzenia dalej funkcjonowały, a obawy społeczne miały przełożenie na zachowania transportowe. Budowa modelu wyłącznie na wynikach z jesieni 2021 r. powodowała znaczne zaniżenie ruchu pasażerskiego (w konsekwencji również samochodowego). Dlatego zdecydowano się na kalibrację modelu do wyników pomiarów GPR 2020/21. Wyniki te uwzględniały korektę, która eliminowała wpływ pandemii, można więc przyjąć, że ruch w modelu nie uwzględnia wpływu pandemii, jest to zgodne z wnioskami na etapie diagnostycznym, które wskazywały, że wpływ pandemii na transport będzie mały.

Szczegółowość odwzorowania modelu. Regionalny Plan Transportowy (RPT) jest dokumentem, który zgodnie z nazwą odnosi się głównie do ruchu o znaczeniu regionalnym i ponadregionalnym. Szczegółowość modelu należało więc dopasować do tego ruchu. Pytanie, co oznacza ruch regionalny? Zgodnie z ustawą o transporcie publicznym, przewozy wojewódzkie to przewozy odbywające się między powiatami. Odwzorowanie takiego ruchu byłoby zbyt dużym uproszczeniem, dlatego zdecydowano się skupić na odwzorowaniu ruchu międzygminnego. W tym celu dopasowano podział na rejony wprowadzając drobniejszy od gminnego podział w gminach o dużej liczbie mieszkańców lub specyficznych warunkach dostępu transportowego. W modelu liczony jest również ruch wewnątrzgminny w gminach, które zostały podzielone na drobniejsze rejony, lecz nie jest on kalibrowany. Do podziału na rejony dopasowano zakres sieci drogowej i transportu zbiorowego.

Multimodalność modelu. Opracowany model ruchu ma charakter multimodalny to znaczy, że obejmuje swoim zasięgiem zarówno transport indywidualny jak i zbiorowy wraz z podziałem na odpowiednie podsystemy. W ramach transportu zbiorowego zamodelowano takie środki jak kolej z podziałem na przewoźników, autobusy dalekobieżne publiczne i komercyjne, autobusy podmiejskie, tramwaje (GZM) oraz w uproszczony sposób pozostałą komunikację miejską i wewnątrzmiejską. Nie modelowano transportu lotniczego, ale nadano potencjał pasażerski Międzynarodowemu Portowi Lotniczemu Katowice. W zakresie transportu indywidualnego zamodelowano ruch samochodów osobowych. Nie modelowano ruchu rowerowego oraz pieszego (poza dojazdami do przystanków i w przesiadce). W zakresie ruchu towarowego zamodelowano ruch pojazdów ciężarowych, ciężarowych z przyczepą oraz dostawczych. Takie podejście pozwala badać różne kierunki rozwojowe systemu transportu w województwie śląskim co jest wymogiem RPT, a jednocześnie jest możliwe przy założonej szczegółowości odwzorowania.

Zróżnicowanie modelu. Obszar województwa charakteryzuje się dużym zróżnicowaniem zachowań komunikacyjnych mieszkańców poszczególnych obszarów funkcjonalnych województwa śląskiego, co wykazały przeprowadzone badania. Uznano więc, że jednolite podejście do obszaru województwa byłoby błędem. W związku z powyższym, model budowano w oparciu o poszczególne obszary funkcjonalne województwa śląskiego. Takie podejście komplikuje model, ale jest konieczne w celu lepszego odwzorowania zróżnicowanych zachowań komunikacyjnych.

Kompatybilność z innymi modelami. Model ruchu dla województwa śląskiego powstał w powiązaniu (z wykorzystaniem) z modelem krajowym udostępnionym przez CUPT oraz modelem subregionu centralnego zbudowanych w ramach Studium Transportowego Subregionu Centralnego Województwa Śląskiego. Z oboma modelami starano się zachować zgodność co do prowadzenia granic rejonów komunikacyjnych (szczegółowość podziału jest oczywiście inna). Jako że model województwa powstawał w oparciu o model krajowy jest z nim zgodny, nie tylko w aspekcie granic rejonów komunikacyjnych, ale także w aspekcie środków transportu, sieci transportowej, czy funkcji oporu odcinków. Model dla województwa został uszczegółowiony w odniesieniu do środków transportu oraz sieci transportowej. Ponadto model krajowy był podstawą do zbudowania więźb ruchu pojazdów ciężarowych i dostawczych, wykorzystano go również do więźb ruchu zewnętrznego tu jednak wprowadzono korekty na podstawie badań i pomiarów.

Reasumując, model powstał głównie z myślą o badaniach dla RPT, stąd też jest jego kształt i uwarunkowania, natomiast będzie mógł być wykorzystywany dla innych celów, jednak z uwzględnieniem ograniczeń jakie posiada.



1. Metodyka budowy modelu

1.1. Model sieci transportowej

1.1.1. Rejony komunikacyjne

Wykorzystanie istniejących podziałów

Przy wyznaczaniu granic rejonów komunikacyjnych wykorzystano:

- podział na rejony komunikacyjne zastosowany w Zintegrowanym Modelu Ruchu (ZMR), opracowanym przez CUPT. Podział w większości został oparty o granice administracyjne gmin. W przypadku dużych miast podział jest drobniejszy (od 2 do 10 rejonów komunikacyjnych w Katowicach czy Rybniku), oparty na zagregowanych granicach rejonów spisowych GUS. W modelu występują rejony zewnętrzne jako przejścia graniczne drogowe, kolejowe i o małym ruchu granicznym, dodatkowo lotniska, porty śródlądowe i terminale intermodalne.
- podział na rejony komunikacyjne zastosowany w modelu ruchu wykonanym w ramach Studium Transportowego Subregionu Centralnego Województwa Śląskiego [3]. Strefa 0 obejmująca Subregion Centralny podzielona została na 880 rejonów komunikacyjnych. Podział oparto na naturalnych i sztucznych przeszkodach komunikacyjnych, uwzględniono granice miast i gmin oraz historyczne podziały na rejony komunikacyjne.
- podział kraju na rejony spisowe stosowany przez GUS. Podział jest dość drobny – w założeniu liczba ludności w rejonie nie powinna przekraczać 2000 osób. Granice rejonów w większości nie są prowadzone w uzależnieniu od warunków komunikacyjnych, zachowują podziały administracyjne.

Zasady kształtowania rejonów komunikacyjnych

Z uwagi na fakt, że model ruchu budowany jest dla ruchu międzygminnego, podstawą podziału obszaru objętego modelem na rejony komunikacyjne jest podział administracyjny na gminy.

W przypadku 53 gmin zastosowano podział na rejony drobniejsze.

W pierwszej kolejności dotyczy to miast, które zostały podzielone w ramach ZMR, są to: Gliwice, Katowice, Rybnik, Bytom, Częstochowa, Sosnowiec, Bielsko-Biała, Chorzów, Dąbrowa Górnicza, Ruda Śląska, Tychy, Zabrze. Jako że część z tych miast obejmował model ruchu dla Subregionu Centralnego województwa śląskiego, podział na rejony wykonano przez agregację drobniejszych rejonów występujących w tym modelu. Obszar powyższych miast podzielono na rejony drobniejsze niż w przypadku ZMR starając się jednak zachować granice rejonów zastosowane w tym modelu. Z uwagi na fakt, iż w modelu ruchu dla Subregionu Centralnego województwa śląskiego granice rejonów kształtowały warunki komunikacyjne, a w przypadku ZMR podział na rejony spisowe, nie uzyskano dokładnego pokrycia granic.

W przypadku miast podzielonych w ZMR, a których nie obejmował model ruchu dla Subregionu Centralnego województwa śląskiego, dokonano podziału rejonów występujących w ZMR na drobniejsze z uwzględnieniem warunków komunikacyjnych i granic rejonów spisowych.

Część mniejszych gmin i miast województwa śląskiego została podzielona z uwzględnieniem warunków komunikacyjnych. Przyjęto założenia, że rejon komunikacyjny powinien być zamieszkały przynajmniej przez 10 tys. osób oraz wyróżniać się zdecydowanie różnymi warunkami komunikacyjnymi od sąsiednich. Dopuszczono nieliczne odstępstwa od powyższego założenia, zwłaszcza w odniesieniu do wymaganej liczby ludności. Podział odbył się poprzez agregacje rejonów spisowych w danej gminie.

114 rejonów obejmuje gminy w granicach administracyjnych.

Oprócz rejonów obszarowych w modelu zachowano rejon punktowy z modelu ZMR występujący na terenie województwa śląskiego. Dotyczą one portu lotniczego, portów śródlądowych oraz terminali intermodalnych.

W odniesieniu do rejonów zewnętrznych zastosowano inne podejście w stosunku do transportu indywidualnego drogowego i transportu zbiorowego. Rejony powstawały w wyniku „wycięcia” województwa śląskiego z modelu ZMR. W przypadku transportu indywidualnego rejony zewnętrzne powstały na wylotach drogowych z województwa. W przypadku transportu zbiorowego rejony powstały na pierwszym przystanku/stacji poza granicami województwa. Oznaczało to, że rejony zewnętrzne są zbudowane osobno dla transportu kolejowego, osobno dla autobusowego, co więcej połączenia dalekobieżne mogą mieć rejony oddalone od województwa śląskiego, np. w Warszawie.

Numeracja rejonów komunikacyjnych

Numeracja wewnętrznych rejonów komunikacyjnych jest powiązana z numeracją rejonów w modelu ruchu ZMR. W pięciocyfrowych numerach rejonów, pierwsze 4 cyfry stanowią odniesienie do odpowiedniego rejonu ZMR, natomiast ostatnia cyfra stanowi oznaczenie kolejnych rejonów powstałych przez podzielenie rejonów ZMR. Schemat nadawania numerów rejonom komunikacyjnym w zależności od ilości cyfr w numerach rejonów ZMR przedstawiono poniżej:

Nr rejonu ZMR	Nr rejonu w modelu
XX	10 XX Z
XXX	1 XXX Z
XXXX	XXXX Z

X – cyfry w numerze rejonu, Z – oznaczenie kolejnych rejonów powstałych przez podział rejonów ZMR

Charakterystyka podziału na rejony komunikacyjne

- 302 rejony komunikacyjne wewnętrzne w tym:
 - 114 rejonów obejmujących obszar całych gmin,
 - 174 rejony komunikacyjne w 53 gminach, które podzielono na drobniejsze rejony,
 - 4 rejony na terminalach intermodalnych,
 - 1 rejon w porcie lotniczym,
 - 9 rejonów w portach śródlądowych,
- 274 rejony zewnętrzne, w tym:
 - 120 rejonów zewnętrznych drogowych,



- 91 rejonów dla transportu autobusowego,
- 42 rejonów na liniach kolejowych, w tym 4 na przejściach granicznych,
- 21 rejonów na przejściach o małym ruchu granicznym.

Razem 576 rejonów komunikacyjnych.

Tabela 1. Rejonów komunikacyjnych w poszczególnych gminach województwa śląskiego.

Nazwa subregionu	Nazwa podregionu	Nazwa powiatu	Nazwa gminy	Liczba rejonów komunikacyjnych	Numery rejonów komunikacyjnych
Centralny	bytomski	m. Bytom	Bytom	5	11061 - 11082
		m. Piekary Śląskie	Piekary Śląskie	2	28841 - 28842
		lubliniecki	Boronów	1	27971
			Ciasna	1	27981
			Herby	1	27991
			Kochanowice	1	28001
			Koszęcin	1	28011
			Lubliniec	1	27961
			Pawonków	1	28021
			Woźniki	1	28031
		tarnogórski	Kalety	1	28331
			Krupski Młyn	1	28371
			Miasteczko Śląskie	1	28341
			Ożarówice	1	28381
			Radzionków	2	28351 - 28352
			Świerklaniec	1	28391
			Tarnowskie Góry	4	28361 - 28364
			Tworóg	1	28401
			Zbrosławice	1	28411
	gliwicki	m. Gliwice	Gliwice	8	10941 - 11003
		m. Zabrze	Zabrze	6	11021 - 11043
		gliwicki	Gierałtowice	2	27811 - 27812
			Knurów	1	27791
			Pilchowice	1	27821
			Pyskowice	2	27801 - 27802
			Rudziniec	1	27831
			Sośnicowice	1	27841
			Toszek	1	27851
			Wielowieś	1	27861
	katowicki	m. Chorzów	Chorzów	5	11171 - 11181
		m. Katowice	Katowice	10	11201 - 11262
		m. Mysłowice	Mysłowice	2	28831 - 28832
		m. Ruda Śląska	Ruda Śląska	6	11111 - 11143
		m. Siemianowice Śląskie	Siemianowice Śląskie	2	28851 - 28852
		m. Świętochłowice	Świętochłowice	3	28861 - 28863



Nazwa subregionu	Nazwa podregionu	Nazwa powiatu	Nazwa gminy	Liczba rejonów komunikacyjnych	Numery rejonów komunikacyjnych
Centralny	sosnowiecki	m. Dąbrowa Górnicza	Dąbrowa Górnicza	4	11441 - 11451
		m. Jaworzno	Jaworzno	4	28821 - 28824
		m. Sosnowiec	Sosnowiec	6	11801 - 11822
		będziński	Będzin	3	27331 - 27333
			Bobrowniki	1	27361
			Czeladź	2	27341 - 27342
			Mierzęcice	1	27371
			Psary	1	27381
			Siewierz	2	27391 - 27392
			Sławków	1	27401
			Wojkowice	1	27351
		zawierciański	Irządze	1	28581
			Kroczyce	1	28591
			Łazy	2	28601 - 28602
			Ogrodzieniec	1	28611
			Pilica	1	28621
			Poręba	1	28561
			Szczekociny	1	28631
			Włodowice	1	28641
			Zawiercie	3	28571 - 28573
			Żarnowiec	1	28651
	tyski	m. Tychy	Tychy	5	11471 - 11483
		bieruńsko-lędziński	Bieruń	2	28421 - 28422
			Bojszowy	1	28451
			Chełm Śląski	2	28461 - 28462
			Imielin	1	28431
			Lędziny	2	28441 - 28442
		mikołowski	Łaziska Górne	2	28041 - 28042
			Mikołów	5	28051 - 28055
			Ornontowice	1	28071
			Orzesze	2	28061 - 28062
			Wry	1	28081
		pszczyński	Goczałkowice-Zdrój	1	28141
			Kobiór	1	28151
			Miedźna	1	28161
			Pawłowice	2	28171 - 28172
			Pszczyna	2	28181 - 28182
			Suszec	1	28191
Południowy	bielski	m. Bielsko-Biała	Bielsko-Biała	6	11941 - 11972
		bielski	Bestwina	1	27421
			Buczkowice	1	27431



Nazwa subregionu	Nazwa podregionu	Nazwa powiatu	Nazwa gminy	Liczba rejonów komunikacyjnych	Numery rejonów komunikacyjnych
Południowy	bielski	bielski	Czechowice-Dziedzice	3	27441 - 27443
			Jasienica	2	27451 - 27452
			Jaworze	1	27461
			Kozy	2	27471 - 27472
			Porąbka	1	27481
			Szczyrk	1	27411
			Wilamowice	1	27491
			Wilkowice	1	27501
		cieszyński	Brenna	1	27541
			Chybie	1	27551
			Cieszyn	2	27511 - 27512
			Dębowiec	1	27561
			Goleszów	1	27571
			Hażlach	1	27581
			Istebna	1	27591
			Skoczów	1	27601
			Strumień	1	27611
			Ustroń	1	27521
			Wisła	1	27531
			Zebrzydowice	1	27621
		żywiecki	Czernichów	1	28671
			Gilowice	1	28681
			Jeleśnia	1	28691
			Koszarawa	1	28701
			Lipowa	1	28711
			Łękawica	1	28721
			Łodygowice	1	28731
			Milówka	1	28741
			Radziechowy-Wieprz	1	28751
			Rajcza	1	28761
			Ślemień	1	28771
			Świnna	1	28781
			Ujsoły	1	28791
			Węgierska Górka	1	28801
			Żywiec	2	28661 - 28662
Północny	częstochowski	m. Częstochowa	Częstochowa	9	10471 - 10513
		częstochowski	Blachownia	2	27631 - 27632
			Dąbrowa Zielona	1	27641
			Janów	1	27651
			Kamienica Polska	1	27661
			Kłomnice	1	27671



Nazwa subregionu	Nazwa podregionu	Nazwa powiatu	Nazwa gminy	Liczba rejonów komunikacyjnych	Numery rejonów komunikacyjnych
Północny	częstochowski	częstochowski	Koniecpol	1	27681
			Konopiska	1	27691
			Kruszyna	1	27701
			Lelów	1	27711
			Mstów	1	27721
			Mykanów	2	27731 - 27732
			Olsztyn	1	27741
			Poczesna	1	27751
			Przyrów	1	27761
			Rędziny	2	27771 - 27772
			Starcza	1	27781
		kłobucki	Kłobuck	2	27871 - 27872
			Krzepice	1	27881
			Lipie	1	27891
			Miedźno	1	27901
			Opatów	1	27911
			Panki	1	27921
			Popów	1	27931
			Przystajń	1	27941
			Wręczyca Wielka	2	27951 - 27952
		myszkowski	Koziegłowy	1	28101
			Myszków	2	28091 - 28092
			Niegowa	1	28111
			Poraj	1	28121
			Żarki	1	28131
Zachodni	rybnicki	m. Jastrzębie-Zdrój	Jastrzębie-Zdrój	2	28811 - 28812
		m. Rybnik	Rybnik	10	11511 - 11552
		m. Żory	Żory	3	28871 - 28873
		raciborski	Kornowac	1	28211
			Krzanowice	1	28221
			Krzyżanowice	1	28231
			Kuźnia Raciborska	2	28241 - 28242
			Nędza	1	28251
			Pietrowice Wielkie	1	28261
			Racibórz	2	28201 - 28202
			Rudnik	1	28271
		rybnicki	Czerwionka-Leszczyny	2	28281 - 28282
			Gaszowice	1	28291
			Jejkowice	1	28301
			Lyski	1	28311
			Świerklany	2	28321 - 28322

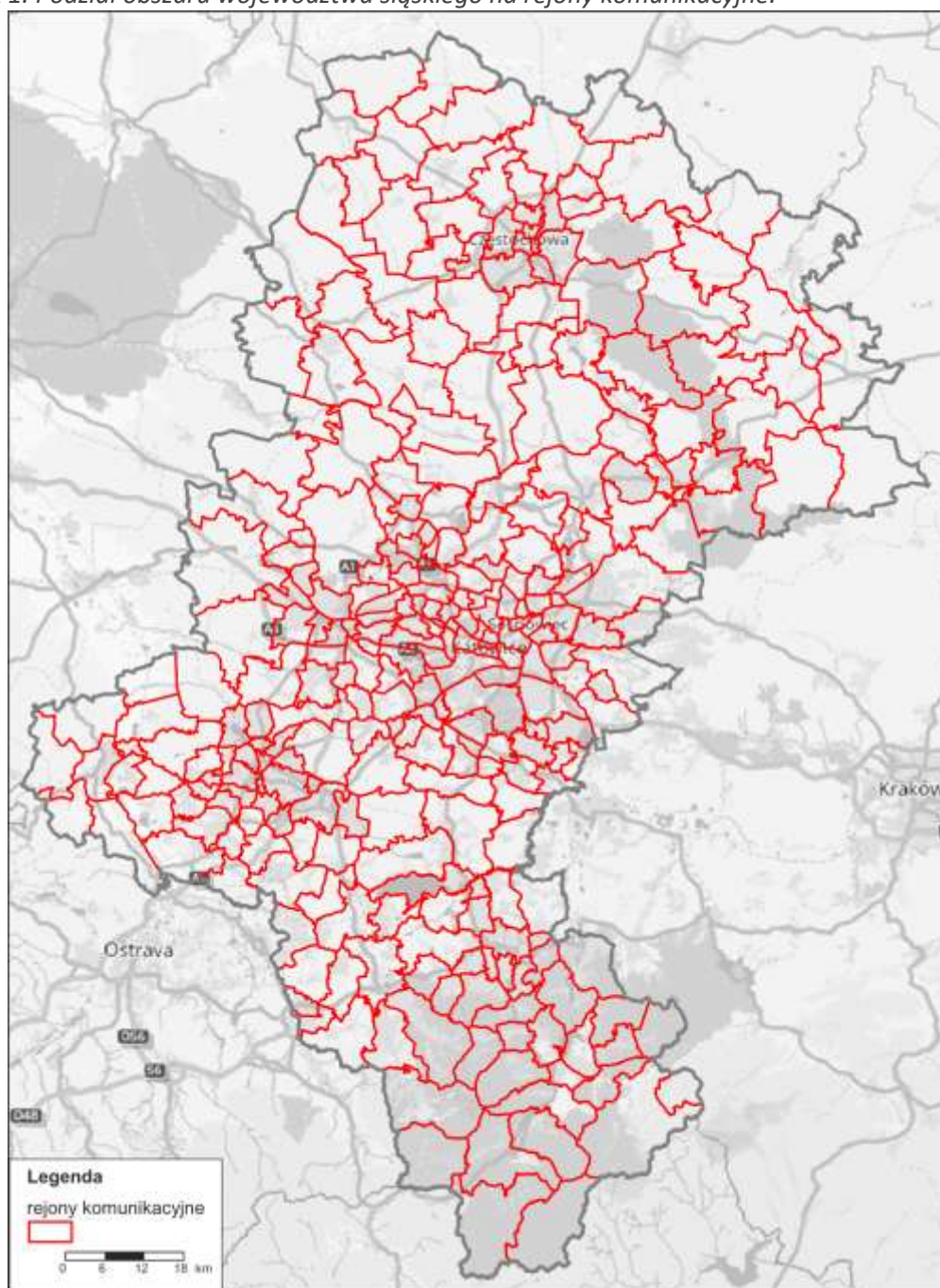


Nazwa subregionu	Nazwa podregionu	Nazwa powiatu	Nazwa gminy	Liczba rejonów komunikacyjnych	Numery rejonów komunikacyjnych
Zachodni	rybnicki	wodzisławski	Godów	1	28511
			Gorzyce	1	28521
			Lubomia	1	28531
			Markłowice	1	28541
			Mszana	1	28551
			Pszów	1	28471
			Radlin	1	28481
			Rydułtowy	2	28491 - 28492
			Wodzisław Śląski	2	28501 - 28502

Źródło: Opracowanie własne

Podział na rejon wewnętrzne zobrazowano również na rysunku 1.

Rysunek 1. Podział obszaru województwa śląskiego na rejony komunikacyjne.



Źródło: Opracowanie własne



1.1.2. Model sieci transportu zbiorowego

W celu odzwierciedlenia strony podaźowej modelu w zakresie transportu zbiorowego międzygminnego, zamodelowano zinwentaryzowaną uprzednio ofertę przewozową w zakresie linii publicznego transportu zbiorowego oraz linii przewozów komercyjnych. Inwentaryzację przeprowadzono wg stanu na koniec 2021 roku opierając się na następujących danych źródłowych:

- rozkłady jazdy udostępnione przez organizatorów,
- baza danych GTFS,
- strony internetowe poszczególnych organizatorów, operatorów i przewoźników.

Całość oferty została przypisana do odpowiednich (pod)systemów transportowych, tj.:

- Autobus (A) – połączenia autobusowe realizowane w ramach publicznego transportu zbiorowego,
- Autobus (A_PRV) – przewozy komercyjne,
- Autobus – przewozy komercyjne poza województwo śląskie (A_PRV_D) – w tym połączenia dalekobieżne,
- Tramwaj (T) – połączenia tramwajowe realizowane w ramach publicznego transportu zbiorowego,
- Koleje Śląskie (K_KŚ),
- Koleje POLREGIO (K_PR),
- Kolej Pasażerska Segment Premium (K_EIP) - pociągi segmentu Express InterCity/ Express InterCity PKP Intercity,
- Kolej Pasażerska Międzyregionalna (K_MR) – pociągi segmentu InterCity /TLK PKP Intercity.

Ponadto linie przypisano do organizatorów PTZ, operatorów i przewoźników, obejmujących łącznie 91 instytucji.

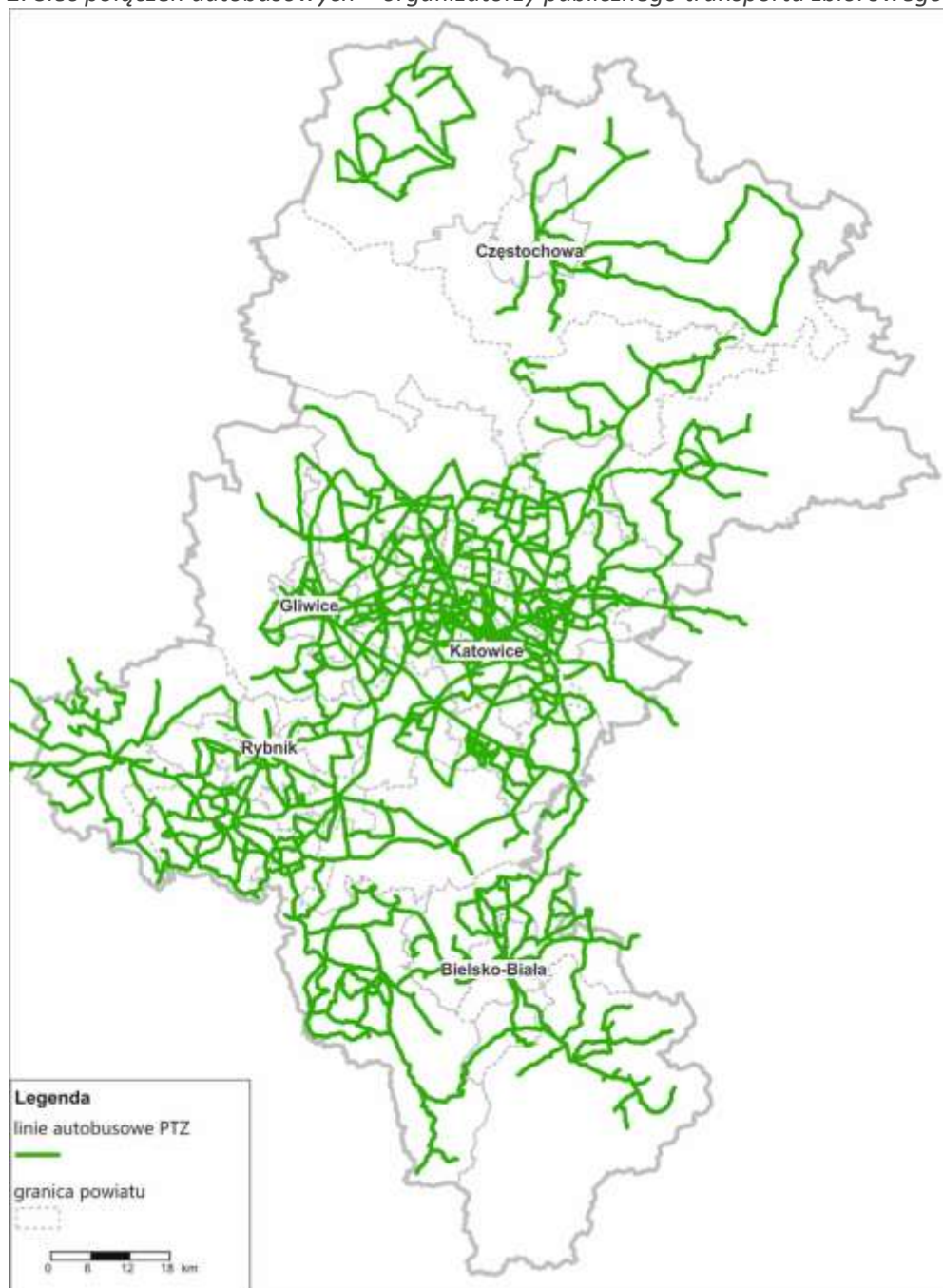
Trasy linii transportu zbiorowego odzwierciedlają możliwie wiernie ich przebieg, wynikający z dostępnych informacji źródłowych. Uproszczenia zawarte w modelu związane są z przyjętym podziałem obszaru na rejony komunikacyjne. Lokalizacje przystanków przyjęto zgodnie z modelem ZMR, uszczegóławiając o dodatkowe, niezbędne do prawidłowego zamodelowania wszystkich zinwentaryzowanych tras linii transportu zbiorowego.

W związku z przyjętym założeniem dotyczącym rozkładu ruchu na sieć, metodą opartą na interwałach czasowych (ang. Headway Based Assignment), zakodowaniu podlegał interwał czasu kursowania. Wyznaczono go na podstawie uśrednionej liczby kursów na poszczególnych liniach i przypisano do nowo utworzonego atrybutu użytkownika dla profilu czasowego powiązanego z określoną linią.

Przewozy kolejowe zostały zamodelowane na modelu sieci kolejowej zaimportowanym z modelu ZMR. W modelu ZMR odcinki linii kolejowych zostały podzielone z uwagi na ich zelektryfikowanie i szerokość toru. Zawierają m.in. informację o nr linii, kilometrażu, prędkości projektowej i eksploatacyjnej. Z uwagi na potrzeby związane z wariantami rozwojowymi dodano przynależność poszczególnych odcinków do linii magistralnych. Na sieci kolejowej zamodelowane są wszystkie funkcjonujące stacje i przystanki, które połączono z pozostałą siecią przejściami pieszymi.

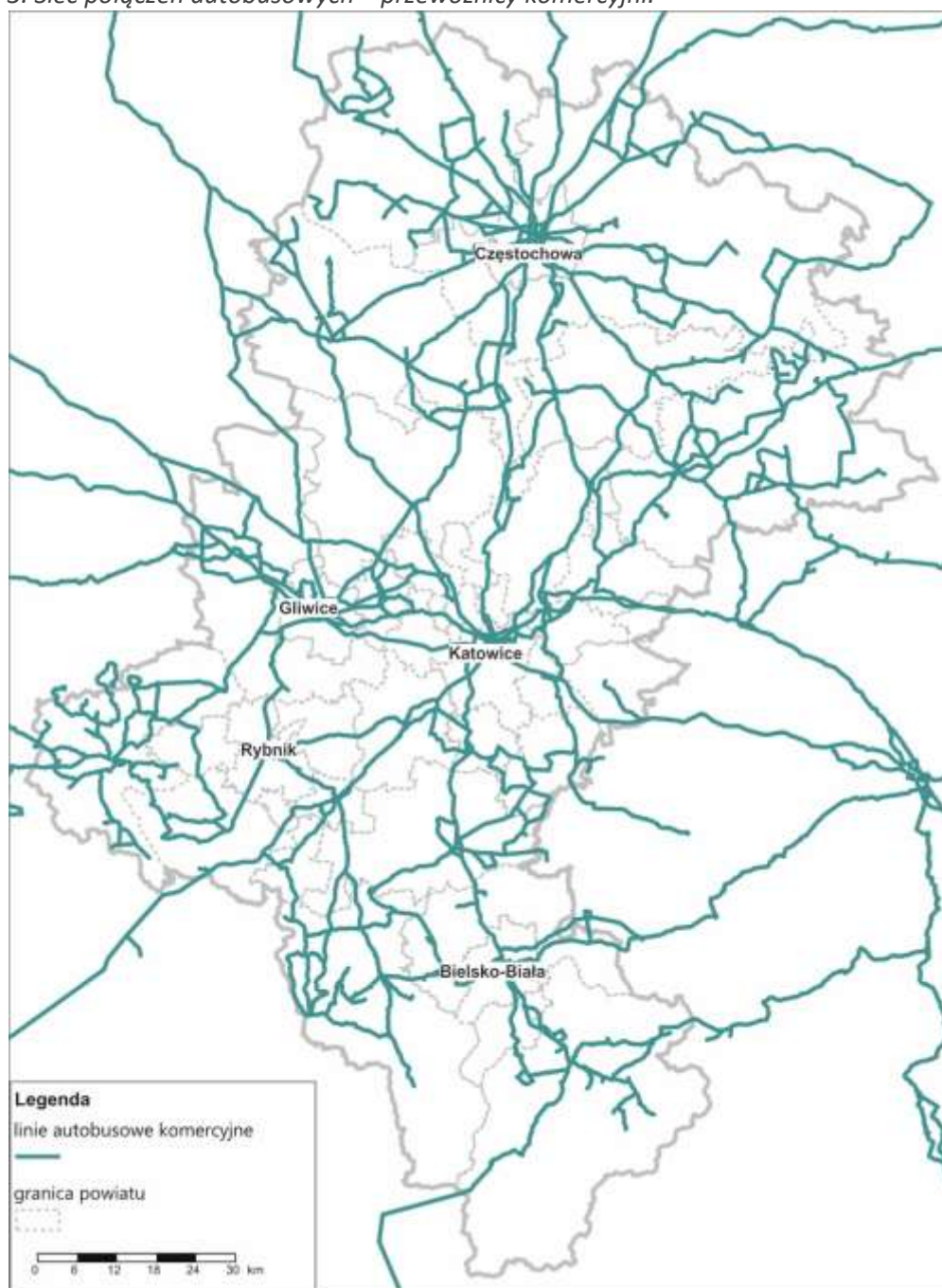
Z uwagi na to, że nie modelowano wewnątrzgminnego transportu publicznego, na obszarach gmin, które w modelu zostały podzielone na więcej niż jeden rejon komunikacyjny i na obszarze, na których funkcjonują linie transportu zbiorowego w obszarze gminy, zastosowano uproszczoną metodę odwzorowania transportu zbiorowego poprzez zamodelowanie środka transportu PUT-AUX, tj. wskazanie odcinków, na których dany środek transportu jest dopuszczony, bez odwzorowywania rozkładów jazdy i dokładnych tras linii komunikacyjnych.

Rysunek 2. Sieć połączeń autobusowych – organizatorzy publicznego transportu zbiorowego.



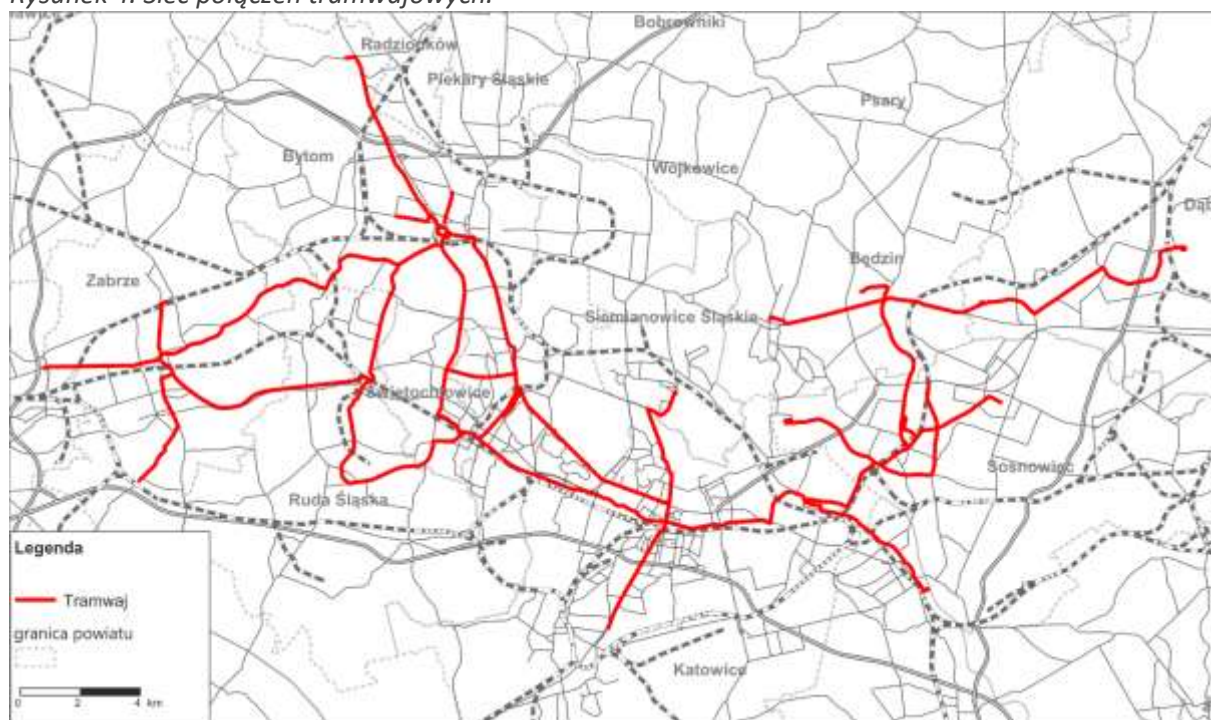
Źródło: Opracowanie własne

Rysunek 3. Sieć połączeń autobusowych – przewoźnicy komercyjni.



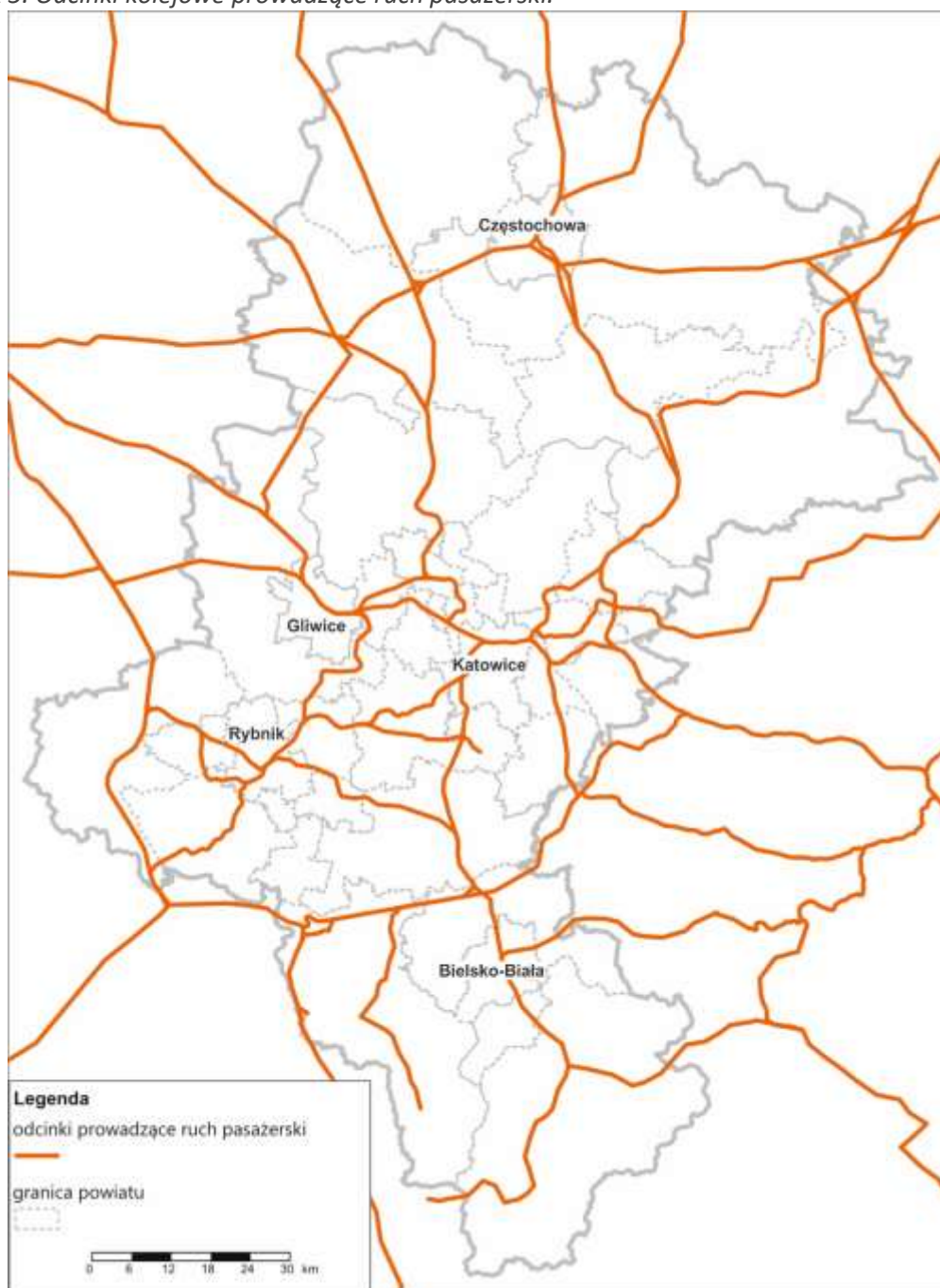
Źródło: Opracowanie własne

Rysunek 4. Sieć połączeń tramwajowych.



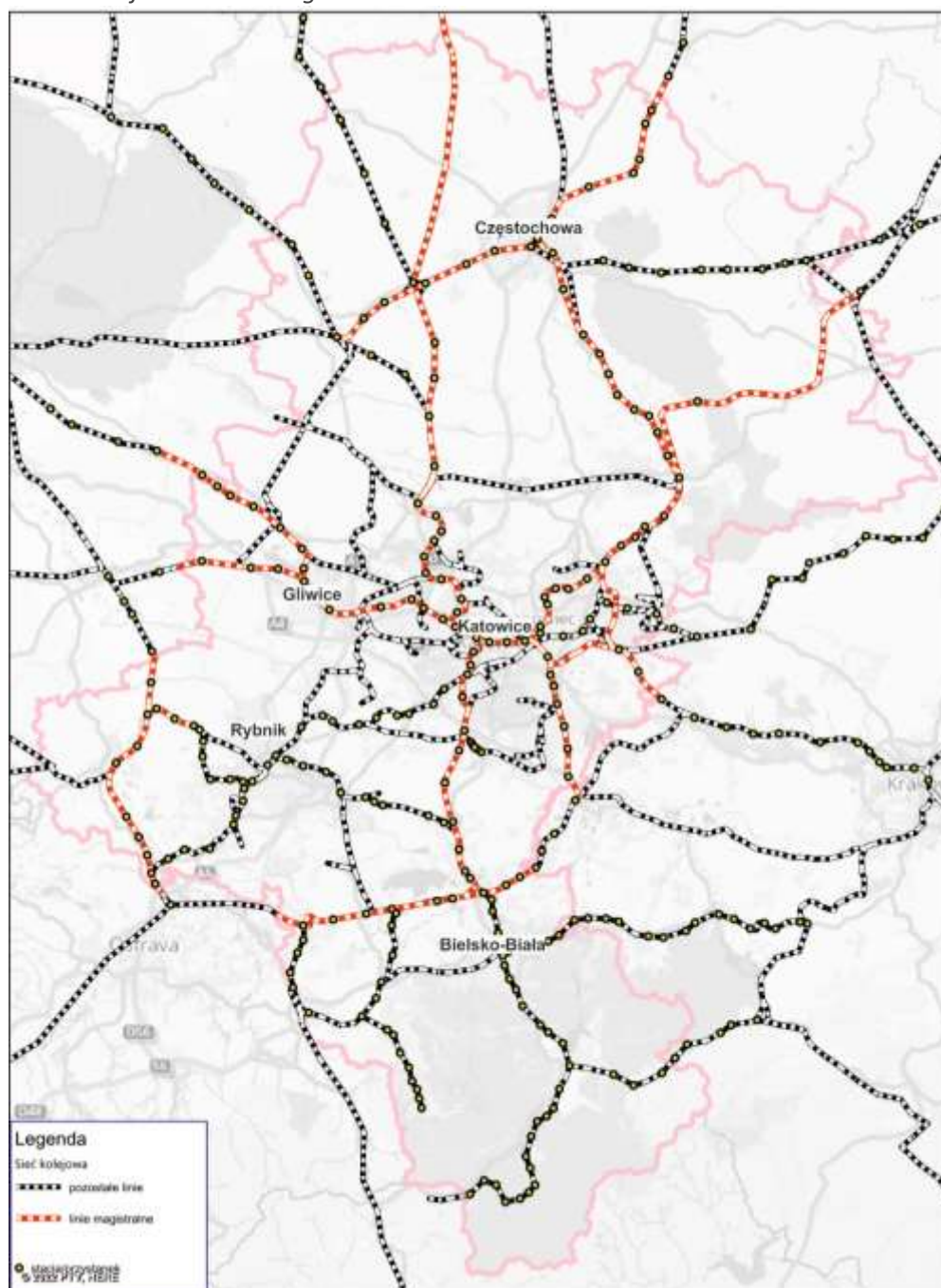
Źródło: Opracowanie własne

Rysunek 5. Odcinki kolejowe prowadzące ruch pasażerski.



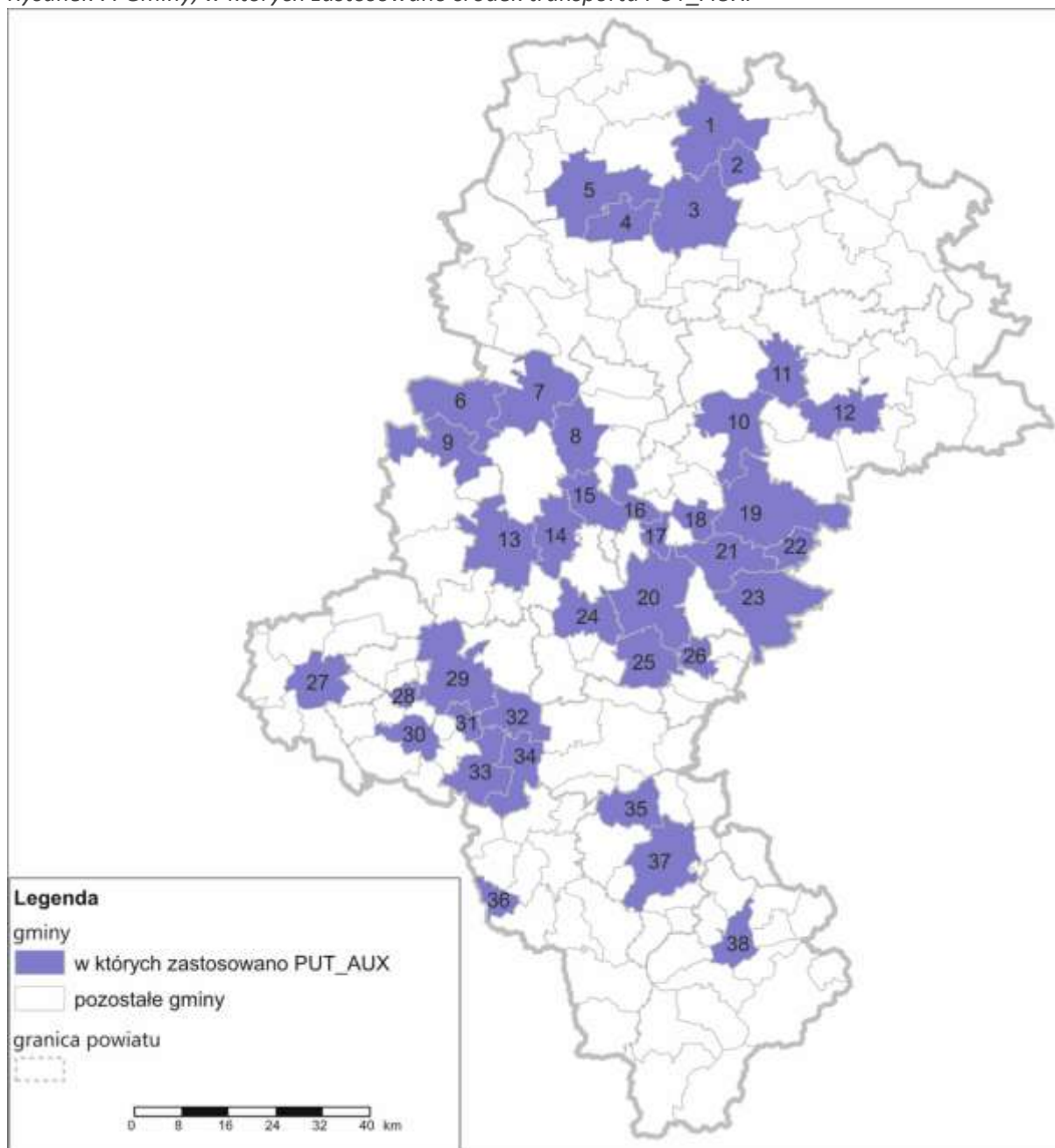
Źródło: Opracowanie własne

Rysunek 6. Sieć kolejowa – linie magistralne.



Źródło: Opracowanie własne

Rysunek 7. Gminy, w których zastosowano środek transportu PUT_AUX.



Nr porz.	Nazwa gminy	Nr porz.	Nazwa gminy	Nr porz.	Nazwa gminy
1	Mykanów	14	Zabrze	27	Racibórz
2	Rędziny	15	Bytom	28	Rydułtowy
3	Częstochowa	16	Piekary Śląskie	29	Rybnik
4	Blachownia	17	Siemianowice Śląskie	30	Wodzisław Śląski
5	Wręczyca Wielka	18	Będzin	31	Świerklany
6	Wielowieś	19	Dąbrowa Górnicza	32	Żory
7	Tworóg	20	Katowice	33	Jastrzębie-Zdrój
8	Tarnowskie Góry	21	Sosnowiec	34	Pawłowice
9	Toszek	22	Ślawków	35	Czechowice-Dziedzice
10	Siewierz	23	Jaworzno	36	Cieszyn
11	Myszków	24	Mikotów	37	Bielsko-Biała
12	Zawiercie	25	Tychy	38	Żywiec
13	Gliwice	26	Lędziny		

Źródło: Opracowanie własne

1.1.3. Model sieci drogowej

Podstawą modelu sieci drogowej jest sieć wycięta z modelu ZMR, którą zaktualizowano i uzupełniono adekwatnie do przyjętego podziału na rejony komunikacyjne. Sieć obejmuje:

- autostrady,
- drogi szybkiego ruchu,
- drogi krajowe,
- drogi wojewódzkie,
- drogi powiatowe,
- uszczegółowioną sieć miejską w wybranych miastach.

Dostęp do odcinków sieci został określony z podziałem na:

- poszczególne środki transportu zbiorowego,
- samochód osobowy,
- samochód dostawczy,
- samochód ciężarowy,
- ruch pieszcy.

Klasyfikacja odcinków w modelu oraz funkcje oporu odcinka

Klasyfikacja odcinków została przyjęta zgodnie z parametryzacją odcinków w modelu ZMR. Parametryzacja odcinków drogowych dotyczy takich aspektów, jak:

- kategoria drogi,
- parametry techniczne drogi,
- klasa techniczna drogi przebiegającej przez tereny miejskie.



Tabela 2. Klasyfikacja odcinków drogowych.

Numer	Nazwa	Opis	Prędkość [km/h]	Przepustowość [pojazdy/dobę]	Typ funkcji oporu	Rank
1	A 2x3 bezpłatna	Autostrada bezpłatna w przekroju 2x3	125	81 000	1	10
2	A 2x2 bezpłatna	Autostrada bezpłatna w przekroju 2x2	125	54 000	1	10
3	A 2x2 płatna	Autostrada płatna w przekroju 2x2	125	54 000	1	10
4	Am 2x3	Autostrada w przekroju 2x3 w obrębie miasta	97	70 000	3	10
5	Am 2x2	Autostrada w przekroju 2x2 w obrębie miasta	95	49 000	3	10
10	S 2x3	Droga ekspresowa w przekroju 2x3	125	67 000	2	20
11	S 2x2	Droga ekspresowa w przekroju 2x2	125	54 000	2	20
12	S 1x2	Droga ekspresowa w przekroju 1x2	106	18 400	2	20
13	Em 2x3	Droga ekspresowa w przekroju 2x3 w obrębie miasta	97	65 000	3	20
14	Em 2x2	Droga ekspresowa w przekroju 2x2 w obrębie miasta	95	49 000	3	20
15	Em 1x2	Droga ekspresowa w przekroju 1x2 w obrębie miasta	85	19 400	3	20
16	DTŚ 2x3	Drogowa Trasa Średnicowa w przekroju 2x3	78	65 000	3	20
17	DTŚ 2x2	Drogowa Trasa Średnicowa w przekroju 2x2	78	49 000	3	20
20	DK 2x2 9- 10,5m	Droga krajowa w przekroju 2x2 o szerokości 9-10,5m	90	40 000	4	30
21	DK 2x2 7- 9m	Droga krajowa w przekroju 2x2 o szerokości 7-9m	90	31 500	4	30
22	DK >12m	Droga krajowa o szerokości >12m	82	17 800	5	35
23	DK 10,5- 12m	Droga krajowa o szerokości 10,5-12m	82	17 400	5	35
24	DK 9- 10,5m	Droga krajowa o szerokości 9-10,5m	82	17 400	5	35
25	DK 7-9	Droga krajowa o szerokości 7-9m	82	15 100	5	35
26	DK 6-7	Droga krajowa o szerokości 6-7m	82	14 700	5	40
27	DK <6	Droga krajowa o szerokości <6m	76	12 000	5	45



Numer	Nazwa	Opis	Prędkość [km/h]	Przepustowość [pojazdy/dobę]	Typ funkcji oporu	Rank
29	DK 1x2 zab	Droga krajowa w przekroju 1x2 w obszarze zabudowanym	50	14 400	5	45
30	DW 2x2	Droga wojewódzka w przekroju 2x2	78	27 900	4	50
31	DW >12m	Droga woj. o szerokości >12m	78	14 200	5	55
32	DW 10,5-12m	Droga woj. o szerokości 10,5-12m	78	13 800	5	55
33	DW 9-10,5m	Droga woj. o szerokości 9-10,5m	78	13 800	5	55
34	DW 7-9	Droga woj. o szerokości 7-9m	75	11 500	5	60
35	DW 6-7	Droga woj. o szerokości 6-7m	74	11 100	5	60
36	DW 5-6	Droga woj. o szerokości 5-6m	74	8 400	5	60
37	DW <5	Droga woj. o szerokości <5m	65	5 700	5	60
40	DP zamiejska	Droga powiatowa zamiejska	54	4 500	7	70
41	DP miejska	Droga powiatowa miejska	54	5 700	7	80
50	GP2/3	Droga główna ruchu przyspieszonego o przekroju 2x3 w obrębie miast	65	45 000	6	33
51	GP2/2	Droga główna ruchu przyspieszonego o przekroju 2x2 w obrębie miast	60	31 500	6	34
52	GP1/2	Droga główna ruchu przyspieszonego o przekroju 1x2 w obrębie miast	60	15 300	6	38
54	GP_DK 2x2 9- 10,5m	Droga główna ruchu przyspieszonego krajowa o przekroju 2x2 o szerokości 9-10,5m w obrębie miast	60	31 500	6	32
55	GP_DK 2x2 7-9m	Droga główna ruchu przyspieszonego krajowa o przekroju 2x2 o szerokości 7-9m w obrębie miast	60	31 500	6	32
56	GP_DK >12m	Droga główna ruchu przyspieszonego krajowa o szerokości >12m w obrębie miast	60	15 300	6	37



Numer	Nazwa	Opis	Prędkość [km/h]	Przepustowość [pojazdy/dobę]	Typ funkcji oporu	Rank
57	GP_DK 10.5-12m	Droga główna ruchu przyspieszonego krajowa o szerokości 10,5-12m w obrębie miast	60	15 300	6	37
58	GP_DK 9- 10.5m	Droga główna ruchu przyspieszonego krajowa o szerokości 9- 10,5m w obrębie miast	60	15 300	6	37
59	GP_DK 7- 9	Droga główna ruchu przyspieszonego krajowa o szerokości 9-10,5m w obrębie miast	60	15 300	6	37
60	G2/3	Droga główna o przekroju 2x3 w obrębie miast	55	40 500	6	63
61	G2/2	Droga główna o przekroju 2x2 w obrębie miast	55	27 000	6	64
62	G1/4	Droga główna o przekroju 1x4 w obrębie miast	55	25 200	6	65
63	G1/2	Droga główna o przekroju 1x2 w obrębie miast	55	13 500	6	65
64	G_DK 6-7	Droga główna krajowa o szerokości 6-7m w obrębie miast	60	15 300	6	44
65	G_DK <6	Droga główna krajowa o szerokości <6m w obrębie miast	60	15 300	6	46
66	G_DK 1x2 zab	Droga główna krajowa o przekroju 1x2 w obrębie miast, w obszarze zabudowanym	60	15 300	6	46
67	G_DW 2x2	Droga główna wojewódzka o przekroju 2x2 w obrębie miast, w obszarze zabudowanym	60	15 300	6	53
68	G_DW >12m	Droga główna wojewódzka o szerokości >12m w obrębie miast	60	15 300	6	57
69	G_DW 9- 10.5m	Droga główna wojewódzka o szerokości >12m w obrębie miast	60	15 300	6	57
70	Z2/2	Droga zbiorcza o przekroju 2x2 w obrębie miast	37	21 600	7	66
71	Z1/4	Droga zbiorcza o przekroju 1x4 w obrębie miast	37	21 600	7	67
72	Z1/2	Droga zbiorcza o przekroju 1x2 w obrębie miast	37	10 800	7	68
73	Z_DW 7-9	Droga zbiorcza wojewódzka o szerokości 7-9m w obrębie miast	37	10 800	7	61

Numer	Nazwa	Opis	Prędkość [km/h]	Przepustowość [pojazdy/dobę]	Typ funkcji oporu	Rank
74	Z_DW 6-7	Droga zbiorcza wojewódzka o szerokości 6-7m w obrębie miast	37	10 800	7	61
75	Z_DW 5-6	Droga zbiorcza wojewódzka o szerokości 5-6m w obrębie miast	37	10 800	7	61
76	Z_DW <5	Droga zbiorcza wojewódzka o szer. <5m w obrębie miast	37	10 800	7	61

Źródło: Zintegrowany Model Ruchu Raport Techniczny [1]

Parametry funkcji oporu dla poszczególnych typów odcinków zostały przyjęte zgodnie z parametrami wyznaczonymi w modelu ZMR.

Funkcja oporu odcinka opisuje spadek prędkości potoku pojazdów wynikający ze wzrostu natężenia ruchu. Zależność ta jest niezwykle istotna z punktu widzenia budowy modelu symulacyjnego, ponieważ pozwala określić czas potrzebny do pokonania danego odcinka w obciążonej sieci ulicznej. Podczas iteracyjnego rozkładu ruchu na sieć wpływa to na wybór poszczególnych ścieżek podróży.

Jako funkcję oporu odcinka zastosowano funkcję o postaci:

$$t_{cur} = \begin{cases} t_0 \cdot (1 + a \cdot sat^b) & \text{gdy } sat \leq sat_{crit} \\ t_0 \cdot (1 + a \cdot sat^{b'}) & \text{gdy } sat > sat_{crit} \end{cases}$$

gdzie:

$$sat = \frac{q}{q_{max} \cdot c}$$

t_{cur} - czas w sieci obciążonej,

t_0 - czas w sieci nieobciążonej,

a, b, b', c - parametry funkcji

sat - stopień nasycenia,

sat_{crit} - graniczny stopień nasycenia (=1),

q - natężenie,

q_{max} - natężenie maksymalne

Parametr a określa spadek prędkości potoku ruchu ze względu na wykorzystanie przepustowości, jeżeli jest on równy 0, to prędkość niezależnie od natężenia drogi nie ulegnie zmianie, natomiast przy większej wartości tego parametru to przy mniejszym stopniu wykorzystania przepustowości, wystąpi zjawisko spadku prędkości potoku ruchu.

Parametr b odpowiada za kształt funkcji oporu. Im jest on wyższy, to spadek prędkości występuje później, ale jest on bardziej gwałtowny, natomiast gdy parametr ten ma mniejszą wartość, to spadek prędkości występuje przy mniejszym natężeniu.

Parametr b' określa podobne zależności z tą różnicą, że dotyczy on potoku ruchu, który powoduje stopień wykorzystania zdolności przepustowej większy niż krytyczny.

Parametr c koryguje poziom swobody ruchu.



W poniższej tabeli zestawiono parametry funkcji BPR2 dla poszczególnych typów funkcji oporu.

Tabela 3. Parametry funkcji BPR2 dla poszczególnych typów odcinków.

Typ funkcji oporu	Rodzaj drogi	a	b	b'	c
1	Autostrady	1,4	4,5	10	0,88
2	Drogi ekspresowe na terenach wiejskich	1	3,2	10	0,88
3	Drogi ekspresowe na terenach miejskich	1	5	10	0,85
4	Drogi krajowe i wojewódzkie o przekroju 2x2	0,95	2,7	10	0,85
5	Drogi krajowe i wojewódzkie	1,1	3,2	8	0,9
6	Drogi G i GP	1	4	10	0,65
7	Drogi powiatowe, zbiorcze	0,9	4,5	10	0,65

Źródło: Zintegrowany Model Ruchu Raport Techniczny [1]

Typy skrzyżowań

W modelu przyjęto typy skrzyżowań zgodnie z modelem ZMR.

Tabela 4. Typy skrzyżowań.

Numer typu węzła	Opis
0	Niesklasyfikowany
1	Skrzyżowanie miejskie bez sygnalizacji świetlnej
2	Skrzyżowanie poza terenem zabudowanym
3	Skrzyżowanie miejskie z sygnalizacją świetlną
4	Węzły na autostradach oraz drogach ekspresowych

Źródło: Zintegrowany Model Ruchu Raport Techniczny [1]

Klasyfikacja węzłów została wprowadzona w celu uproszczonego odwzorowania różnic na różnych typach skrzyżowań.

Parametry na relacjach skrętnych

Parametry na relacjach skrętnych przyjęto zgodnie z modelem ZMR. W węzłach typu 4, odwzorowujących węzły na autostradach oraz drogach ekspresowych, zrezygnowano z wprowadzenia oporów na relacjach skrętnych zakładając, że na węzłach bezkolizyjnych opory te są minimalne bądź nie występują.

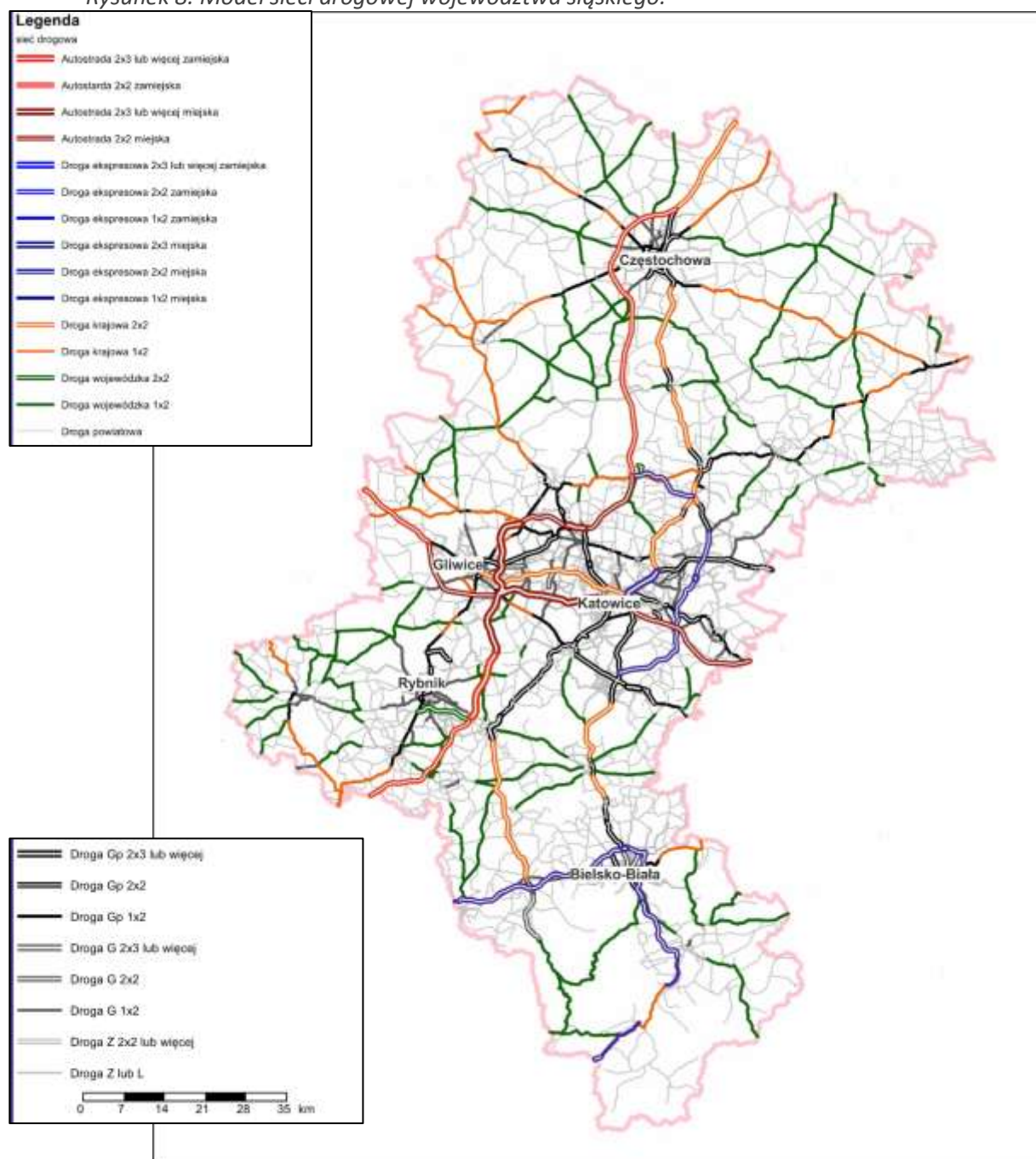
Tabela 5. Parametry na relacjach skrętnych.

Numer typu węzła	Rodzaj relacji	Czas w relacji skrętnej [s]			Przepustowość [pojazdy]		
		lewo	na wprost	prawo	lewo	na wprost	prawo
1	Priorytetowa (+?)	7	0	0	500	9999	500
1	Podporządkowana (-?)	11	11	10	500	9999	500
2	Priorytetowa (+?)	9	0	0	500	9999	500
2	Podporządkowana (-?)	10	10	9	500	9999	500
3	Priorytetowa (+?)	25	15	20	500	9999	500
3	Podporządkowana (-?)	35	25	30	500	9999	500

Źródło: Zintegrowany Model Ruchu Raport Techniczny [1]

Dodatkowo w modelu ZMR dla relacji zastosowano czasy zależne od wykorzystania przepustowości w oparciu o wzór BPR2 o następujących parametrach funkcji: $a=1$, $b=2$, $b'=2$, $c=13,5$.

Rysunek 8. Model sieci drogowej województwa śląskiego.



Źródło: Opracowanie własne

1.1.4. Podwiązania rejonów do modelu sieci

Z uwagi na występowanie w modelu dużych obszarowo rejonów, które nie są jednorodne pod względem obsługi transportowej, konieczne było zastosowanie odpowiedniego sposobu podwiązania rejonów do modelu sieci. Zdecydowano się na zastosowanie podwizań z procentowym przydziałem ruchu. W przypadku transportu indywidualnego zastosowano przydział ruchu osobno dla każdej relacji przestrzennej. Przydział wyrażony w procentach, dokonano metodą ekspercką, kierując się powierzchnią i intensywnością zabudowy oraz innymi względami, które mogą mieć wpływ na wielkość generowanego ruchu w sąsiedztwie podwiązania. Przydział ten był jednym z elementów kalibracji modelu, dlatego pierwotne założenia ulegały zmianom.

Takie podejście jest bezproblemowe w przypadku transportu indywidualnego, który ma zamodelowaną bogatą sieć. Sieci transportu zbiorowego są jednak znacznie uboższe i w związku z tym dostęp do tego transportu jest wewnątrz gmin znacznie zróżnicowany. Stosowanie podwizań tylko do przystanków oznaczałoby nieprawdziwe warunki dostępu dla dużej liczby mieszkańców gminy. Dlatego zdecydowano się na wykorzystanie tych samych podwizań, co w przypadku transportu indywidualnego oraz otwarcie sieci dla przejść pieszych. W takim przypadku korzystanie z transportu zbiorowego wiąże się z dojściem pieszym do przystanku. Dla mieszkańców obszarów oddalonych od przystanków transportu zbiorowego, czas podróży wydłuża się, co przekłada się na podział zadań przewozowych. W gminach, w których funkcjonuje wewnętrzna komunikacja publiczna, zamodelowana sieć została otwarta także dla transportu gminnego, co sprawia, że czasy dotarcia do transportu regionalnego maleją.

W przypadku przystanków i stacji kolejowych występuje również dojeżdżanie do nich transportem indywidualnym (samochód, rower, inne), tak zwane Park & Ride. Mimo, iż ogólnie skala tego ruchu jest niewielka (nie przekracza 1%), ma jednak znaczenie dla wielkości potoków pasażerskich w kolei. Ruch ten nie jest reprezentowany w opisanym powyżej podejściu do podłączenia rejonów do sieci. Dlatego zdecydowano się wprowadzić podłączenia rejonów do sąsiadujących przystanków/stacji kolejowych, dostępne tylko dla transportu zbiorowego i z przydzielonym udziałem 1% podróży odbywanych transportem zbiorowym.

1.2. Model przemieszczeń osób

1.2.1. Podział przestrzenny modelu

Wyniki badania ankietowego [2] dowodzą, że w przypadku województwa śląskiego nie możemy mówić o jednolitych zachowaniach komunikacyjnych mieszkańców (por. tab. 6). Zróżnicowane są zarówno generacja, jak i średnie długości podróży w zależności od obszaru zamieszkania. Inne, co jest oczywiste, są też parametry podróży z uwzględnieniem podróży wewnątrzgminnych oraz dla podróży międzygminnych.



Tabela 6. Zróżnicowanie zachowań komunikacyjnych mieszkańców obszarów województwa śląskiego na podstawie badania ankietowego.

Jednostka	Liczba ankiet	Wskaźnik ruchliwości niepieszej	Wskaźnik ruchliwości ogółem	Udział respondentów bez podróży	Średni czas podróży [min]
Aglomeracja Częstochowska	1 300	0,99	1,38	0,35	24,77
Bezpośrednie Otoczenie Aglomeracji Częstochowskiej	620	1,32	1,66	0,27	19,90
Aglomeracja Bielska	1 388	1,23	1,59	0,29	18,84
Bezpośrednie Otoczenie Aglomeracji Bielskiej	895	1,44	1,80	0,25	14,15
Aglomeracja Rybnicka	2 127	1,20	1,94	0,17	17,94
Bezpośrednie Otoczenie Aglomeracji Rybnickiej	597	1,14	1,49	0,30	17,81
Metropolia Górnośląska	1 167	1,14	1,73	0,20	20,73
Bezpośrednie Otoczenie Metropolii Górnośląskiej	229	1,25	1,67	0,26	18,95
Lokalne Ośrodki Rozwoju	1 112	1,25	1,58	0,29	17,75
Pozostałe gminy	3 165	1,20	1,54	0,28	20,46
województwo śląskie	12 600	1,18	1,68	0,24	19,94

Źródło: Opracowanie własne

Ogólne wnioski dla Górnośląsko – Zagłębiowskiej Metropolii (GZM) można interpolować z wyników obliczeń i analiz przeprowadzanych dla obszaru Metropolii Górnośląskiej i jej bezpośredniego otoczenia.

Model przemieszczeń osób zbudowano dla podróży niepieszych.

W modelu zróżnicowano funkcje dla podróży obejmujących zarówno ruch między jak i wewnątrzgminny, które zastosowano dla gmin podzielonych na rejony komunikacyjne oraz funkcje dla podróży obejmujących wyłącznie podróże międzygminne dla gmin odwzorowanych jako jeden rejon komunikacyjny. W obu przypadkach w modelu nie uwzględniono ruchu wewnątrzrejonowego. Takie podejście wynikało z faktu, iż w podzielonych gminach udział ruchu wewnątrzgminnego był stosunkowo duży i jego całkowite pominięcie mogłoby prowadzić do błędów przy obliczaniach czasów przejazdu na sieci wewnątrzmiejskiej.

Z kolei zróżnicowanie zachowań komunikacyjnych w zależności od obszaru zamieszkania odwzorowano poprzez zastosowanie osobnych wzorów generacji podróży dla przyjętego podziału na obszary funkcjonalne. Dotyczyło to wszystkich motywacji podróży (por. rozdz. 1.2.3), za wyjątkiem podróży niezwiązanych z domem oraz związanych z centrum handlowym. Osobne wzory zastosowano również w obliczeniach rozkładu przestrzennego podróży mieszkańców poszczególnych obszarów funkcjonalnych. Na tym etapie budowy modelu popytu wyjątkiem były podróże związane z uczelnią, dla których rozkład przestrzenny wyznaczono dla obszaru całego województwa.

Podział na obszary funkcjonalne obejmował:

- Aglomerację Częstochowską,
- Bezpośrednie Otoczenie Aglomeracji Częstochowskiej,
- Aglomerację Bielską,
- Bezpośrednie Otoczenie Aglomeracji Bielskiej,
- Aglomerację Rybnicką,

- Bezpośrednie Otoczenie Aglomeracji Rybnickiej,
- Metropolię Górnośląską,
- Bezpośrednie Otoczenie Metropolii Górnośląskiej,
- Lokalne Ośrodki Rozwoju (LORy),
- pozostałe gminy.

Zakres obszarów zróżnicowanych w modelu przedstawiono na rysunku 9.

W modelu popytu odwzorowano podróże, które są realizowane na obszarze województwa śląskiego w okresie doby dnia roboczego. Podróże zostały zamodelowane w następujących modelach popytu:

M11 – model podróży wewnętrznych mieszkańców Aglomeracji Częstochowskiej, który obejmuje podróże w motywacjach: Dom – Praca – Dom, Dom – Szkoła – Dom, Dom – Uczelnia – Dom i Dom – Inne – Dom,

M12 – model podróży wewnętrznych mieszkańców Bezpośredniego Otoczenia Aglomeracji Częstochowskiej, który obejmuje podróże w motywacjach: Dom – Praca – Dom, Dom – Szkoła – Dom, Dom – Uczelnia – Dom i Dom – Inne – Dom,

M13 – model podróży wewnętrznych mieszkańców Aglomeracji Bielskiej, który obejmuje podróże w motywacjach: Dom – Praca – Dom, Dom – Szkoła – Dom, Dom – Uczelnia – Dom i Dom – Inne – Dom,

M14 – model podróży wewnętrznych mieszkańców Bezpośredniego Otoczenia Aglomeracji Bielskiej, który obejmuje podróże w motywacjach: Dom – Praca – Dom, Dom – Szkoła – Dom, Dom – Uczelnia – Dom i Dom – Inne – Dom,

M15 – model podróży wewnętrznych mieszkańców Aglomeracji Rybnickiej, który obejmuje podróże w motywacjach: Dom – Praca – Dom, Dom – Szkoła – Dom, Dom – Uczelnia – Dom i Dom – Inne – Dom,

M16 – model podróży wewnętrznych mieszkańców Bezpośredniego Otoczenia Aglomeracji Rybnickiej, który obejmuje podróże w motywacjach: Dom – Praca – Dom, Dom – Szkoła – Dom, Dom – Uczelnia – Dom i Dom – Inne – Dom,

M17 – model podróży wewnętrznych mieszkańców Metropolii Górnośląskiej, który obejmuje podróże w motywacjach: Dom – Praca – Dom, Dom – Szkoła – Dom, Dom – Uczelnia – Dom i Dom – Inne – Dom,

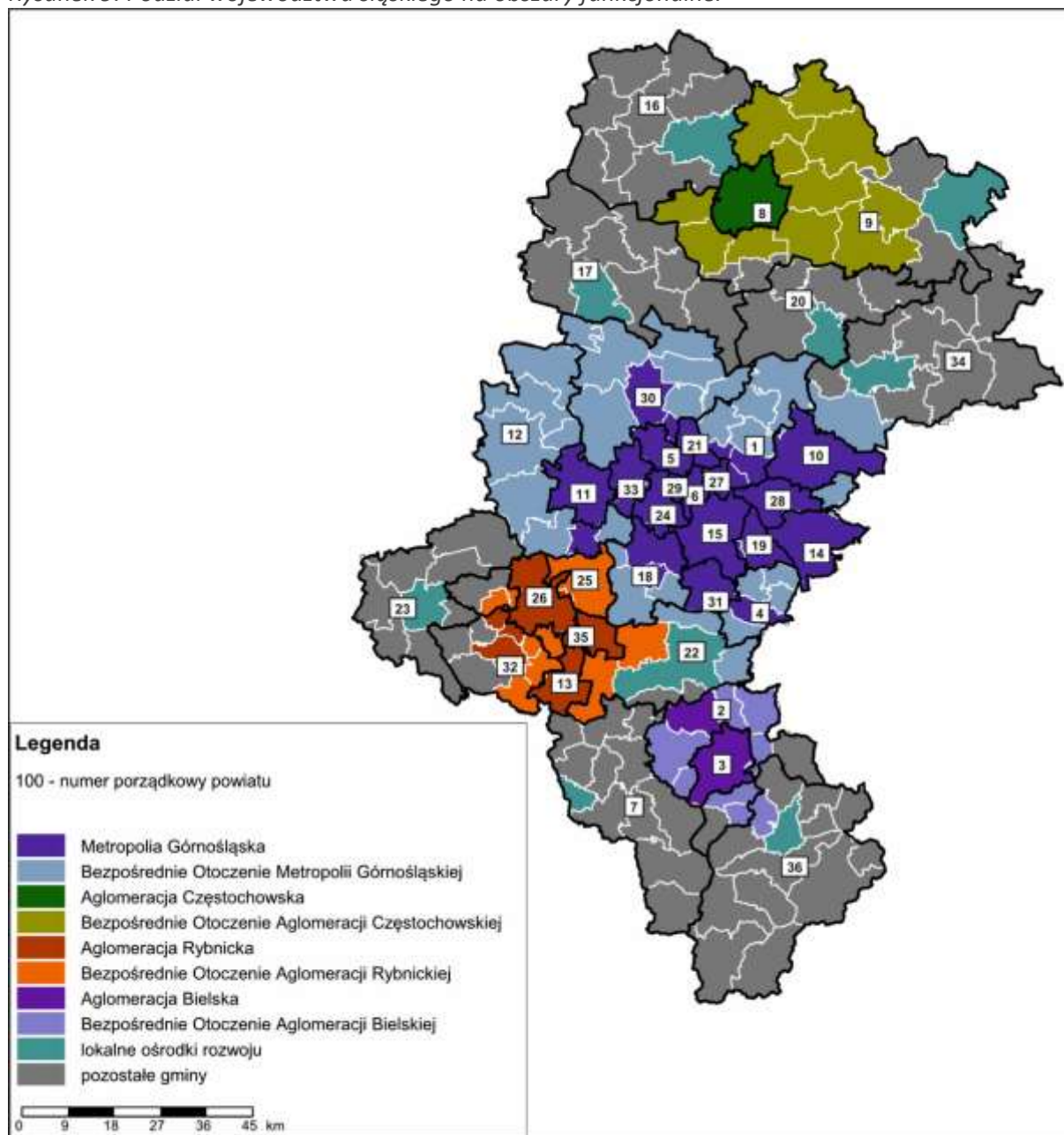
M18 – model podróży wewnętrznych mieszkańców Bezpośredniego Otoczenia Metropolii Górnośląskiej, który obejmuje podróże w motywacjach: Dom – Praca – Dom, Dom – Szkoła – Dom, Dom – Uczelnia – Dom i Dom – Inne – Dom,

M19 – model podróży wewnętrznych mieszkańców Lokalnych Ośrodków Rozwoju, który obejmuje podróże w motywacjach: Dom – Praca – Dom, Dom – Szkoła – Dom, Dom – Uczelnia – Dom i Dom – Inne – Dom,

M20 – model podróży wewnętrznych mieszkańców pozostałych gmin, który obejmuje podróże w motywacjach: Dom – Praca – Dom, Dom – Szkoła – Dom, Dom – Uczelnia – Dom i Dom – Inne – Dom,

M100 – model podróży wewnętrznych mieszkańców województwa śląskiego który obejmuje podróże w motywacjach: Dom – Centrum Handlowe – Dom oraz niezwiązane z domem.

Rysunek 9. Podział województwa śląskiego na obszary funkcjonalne.



Nr porz.	Nazwa powiatu	Nr porz.	Nazwa powiatu	Nr porz.	Nazwa powiatu	Nr porz.	Nazwa powiatu
1	będziński	10	m. Dąbrowa Górnicza	19	m. Mysłowice	28	m. Sosnowiec
2	bielski	11	m. Gliwice	20	myszkowski	29	m. Świętochłowice
3	m. Bielsko-Biała	12	gliwicki	21	m. Piekary Śląskie	30	tarnogórski
4	bieruńsko-lędziński	13	m. Jastrzębie-Zdrój	22	pszczyński	31	m. Tychy
5	m. Bytom	14	m. Jaworzno	23	raciborski	32	wodzisławski
6	m. Chorzów	15	m. Katowice	24	m. Ruda Śląska	33	m. Zabrze
7	cieszyński	16	kłobucki	25	rybnicki	34	zawierciański
8	m. Częstochowa	17	lubliniecki	26	m. Rybnik	35	m. Żory
9	częstochowski	18	mikołowski	27	m. Siemianowice Śląskie	36	żywiecki

Źródło: Opracowanie własne

1.2.2. Motywacje podróży

W badaniu ankietowym gospodarstw domowych, które było źródłem wiedzy o podróżach mieszkańców, jako cel i źródło podróży, respondenci mogli wskazać następujące miejsca:

- dom,
- praca,
- szkoła/uczelnia,
- miejsce zakupów, usług poza centrum handlowym,
- centrum handlowe,
- miejsce rozrywki, rekreacji, wypoczynku,
- miejsce wizyty, odwiedziny (np. u rodziny, znajomych),
- miejsce załatwiania spraw służbowych,
- miejsce podwożenia/odprowadzania (np. dziecka),
- urząd, sprawy administracyjne,
- przychodnia, szpital, wizyta u lekarza,
- inne miejsce.

Na potrzeby modelu popytu zostały one sprowadzone do 6 kategorii: dom, praca, szkoła, uczelnia, centrum handlowe oraz inne. W motywacji szkoła uwzględniono jedynie podróże do szkół ponadpodstawowych.

Modele podróży mieszkańców województwa śląskiego zostały zbudowane w podziale na 11 motywacji:

- dom - praca (D-P),
- praca - dom (P-D),
- dom - szkoła (D-S),
- szkoła - dom (S-D),
- dom - uczelnia (D-U),
- uczelnia - dom (U-D),
- dom – centrum handlowe (D – CH),
- centrum handlowe – dom (CH – D),
- dom - inne (D-I),
- inne - dom (I-D),
- niezwiązane z domem (NzD).

1.2.3. Generacja ruchu

Do budowy dobowych potencjałów ruchu rejonów komunikacyjnych wykorzystano następujące dane tzw. zmienne objaśniające:

- liczba mieszkańców w wieku 7+,
- liczba mieszkańców w wieku przedprodukcyjnym 7+,
- liczba mieszkańców w wieku produkcyjnym,
- liczba mieszkańców w wieku poprodukcyjnym,
- liczba imigrantów z zagranicy,



- liczba miejsc pracy,
- liczba miejsc pracy - usługi,
- liczba miejsc pracy - pozostałe,
- liczba miejsc nauki w szkołach ponadpodstawowych,
- liczba miejsc nauki na uczelniach,
- powierzchnia ogólna centrów handlowych.

Liczba mieszkańców

Liczba ludności w województwie śląskim została określona na podstawie danych Głównego Urzędu Statystycznego wg. stanu na 30 czerwca 2021 r. Dane te dotyczą stanu ludności w gminach. W przypadku, gdy obszar gminy podzielono na kilka rejonów komunikacyjnych, liczba ludności gminy została rozdzielona proporcjonalnie do powierzchni zabudowy mieszkaniowej na podstawie danych dostępnych w Państwowym Zasobie Geodezyjnym i Kartograficznym tj. Bazy Dany Obiektów Topograficznych.

Liczba imigrantów

Liczba imigrantów została oszacowana na podstawie danych o liczbie osób, deklarujących obywatelstwo inne niż polskie, ubezpieczonych (ubezpieczenie emerytalne i rentowe) w Zakładzie Ubezpieczeń Społecznych wg. stanu na 31.08.2021 r. Z uwagi na szacunki mówiące o trzykrotnie większej liczbie obcokrajowców niż oficjalnie ubezpieczonych, liczba imigrantów w województwie śląskim została odpowiednio zwiększona w stosunku do danych ZUS. Liczbę imigrantów rozdzielono pomiędzy Metropolię Górnośląską oraz Aglomeracje Częstochowską, Rybnicką i Bielską, uwzględniając powierzchnię zabudowy mieszkaniowej na podstawie danych dostępnych w Państwowym Zasobie Geodezyjnym i Kartograficznym tj. Bazy Dany Obiektów Topograficznych w poszczególnych rejonach komunikacyjnych. Nie rozmieszczano imigrantów na pozostałym obszarze województwa.

Liczba miejsc pracy

Liczba miejsc pracy w gminach została określona na podstawie danych Głównego Urzędu Statystycznego wg. stanu na koniec 2021 r., natomiast rozdzielenie miejsc pracy w rejonach komunikacyjnych zostało wykonane na podstawie danych dostępnych w Państwowym Zasobie Geodezyjnym i Kartograficznym tj. Bazy Dany Obiektów Topograficznych. Do rozdzielenia liczby miejsc pracy w usługach wykorzystano powierzchnię obiektów typu:

- budynki biurowe,
- budynki handlowo-usługowe,
- budynki hoteli,
- budynki łączności dworców i terminali,
- budynki szpitali i zakładów opieki medycznej,
- budynki zakwaterowania turystycznego i pozostałe.

Do rozdzielenia liczby pozostałych miejsc pracy wykorzystano powierzchnię obiektów typu:

- budynki gospodarstwa rolnego,

- budynki przemysłowe,
- zbiorniki, silosy i budynki magazynowe.

Liczba miejsc nauki w szkołach ponadpodstawowych

Dane dotyczące liczby uczniów w szkołach ponadpodstawowych uzyskano z Rejestru Szkół i Placówek Oświatowych wg stanu na wrzesień 2021 r.

Liczba miejsc nauki na uczelniach

Liczba miejsc nauki na uczelniach została określona w głównej mierze na podstawie danych otrzymanych bezpośrednio z uczelni. Z uwagi na fakt, że nie wszystkie uczelnie udzieliły informacji o liczbie studentów, posłużono się także danymi Głównego Urzędu Statystycznego.

Powierzchnia ogólna centrów handlowych

Powierzchnia ogólna centrów handlowych pochodzi z danych ogólnodostępnych na branżowych stronach internetowych oraz bezpośrednio od centrów handlowych.

Tabela 7. Zmienne objaśniające w stanie istniejącym – 2021 r.

Jednostka	Liczba mieszkańców			
	w wieku 7+	w wieku przedprodukcyjnym 7+	w wieku produkcyjnym	w wieku poprodukcyjnym
Aglomeracja Częstochowska	204 079	21 295	122 335	60 449
Bezpośrednie Otoczenie Aglomeracji Częstochowskiej	101 077	11 902	65 581	23 594
Aglomeracja Bielska	199 629	23 663	121 804	54 162
Bezpośrednie Otoczenie Aglomeracji Bielskiej	105 472	14 172	68 645	22 655
Aglomeracja Rybnicka	347 981	42 451	219 954	85 576
Bezpośrednie Otoczenie Aglomeracji Rybnickiej	116 091	16 078	76 356	23 657
Metropolia Górnośląska	1 974 522	215 394	1 227 646	531 482
Bezpośrednie Otoczenie Metropolii Górnośląskiej	284 190	35 556	184 419	64 215
Lokalne Ośrodki Rozwoju	283 850	32 414	178 325	73 111
pozostałe gminy	566 876	68 922	368 313	129 641
województwo śląskie	4 183 767	481 847	2 633 378	1 068 542



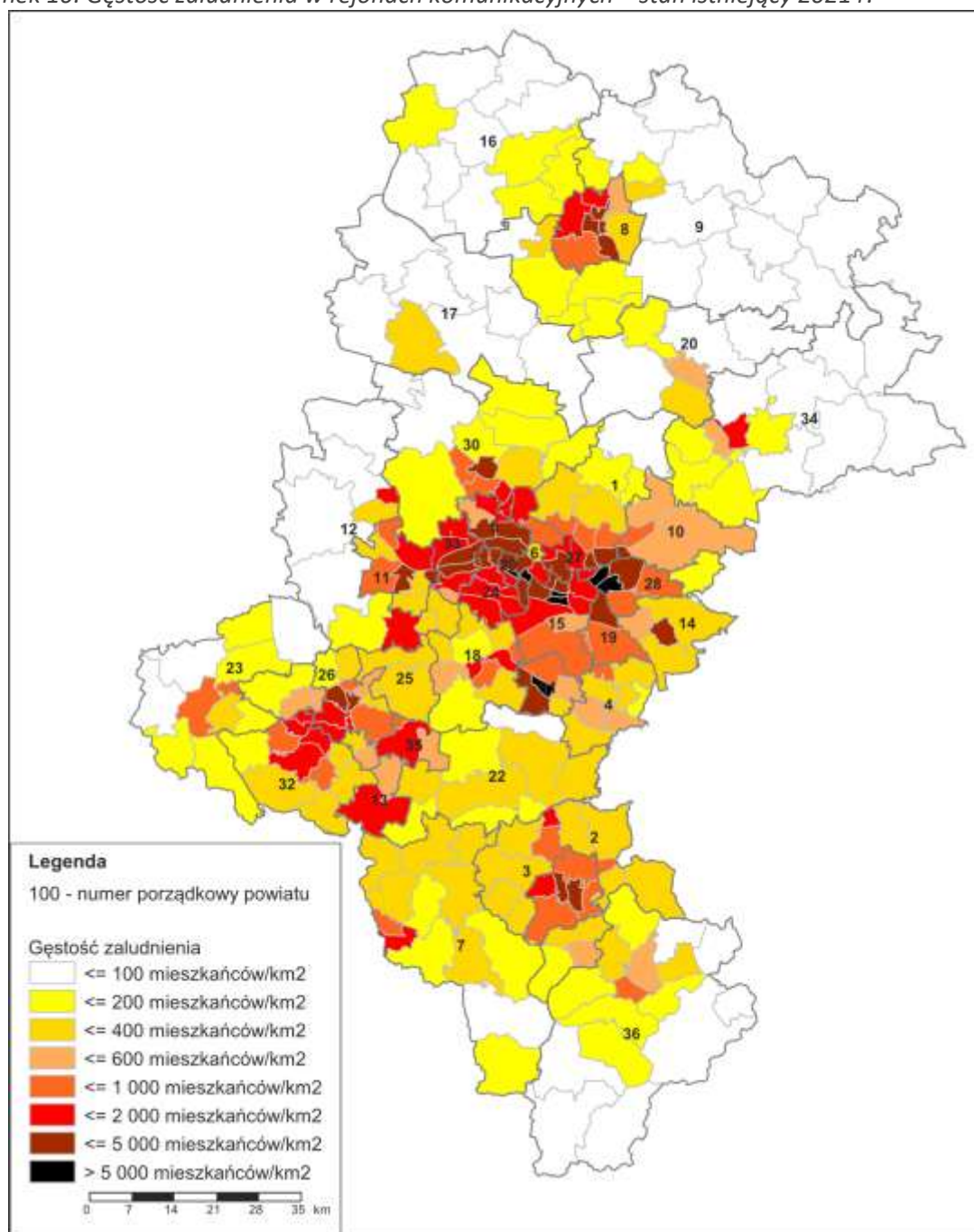
Jednostka	Liczba imigrantów	Liczba miejsc pracy		
		razem	usługi	pozostałe
Aglomeracja Częstochowska	39 936	107 661	43 688	63 973
Bezpośrednie Otoczenie Aglomeracji Częstochowskiej	-	26 182	10 069	16 113
Aglomeracja Bielska	32 739	134 111	59 961	74 150
Bezpośrednie Otoczenie Aglomeracji Bielskiej	-	33 580	11 890	21 690
Aglomeracja Rybnicka	37 662	143 522	59 875	83 646
Bezpośrednie Otoczenie Aglomeracji Rybnickiej	-	34 331	9 085	25 245
Metropolia Górnośląska	104 487	975 083	362 413	612 670
Bezpośrednie Otoczenie Metropolii Górnośląskiej	-	93 405	29 392	64 012
Lokalne Ośrodki Rozwoju	-	132 188	61 073	71 115
pozostałe gminy	-	165 937	67 325	98 612
województwo śląskie	214 824	1 846 000	714 772	1 131 228

Jednostka	Liczba miejsc nauki w szkołach ponadpodstawowych	Liczba miejsc nauki na uczelniach	Powierzchnia ogólna centrów handlowych [m²]
Aglomeracja Częstochowska	17 090	8 054	158 800
Bezpośrednie Otoczenie Aglomeracji Częstochowskiej	145	0	27 000
Aglomeracja Bielska	14 800	2 987	270 320
Bezpośrednie Otoczenie Aglomeracji Bielskiej	188	0	0
Aglomeracja Rybnicka	22 314	161	280 467
Bezpośrednie Otoczenie Aglomeracji Rybnickiej	1 501	0	2 800
Metropolia Górnośląska	95 366	57 255	1 103 192
Bezpośrednie Otoczenie Metropolii Górnośląskiej	2 956	0	0
Lokalne Ośrodki Rozwoju	28 234	2 824	43 100
pozostałe gminy	5 611	0	6 960
województwo śląskie	188 205	71 280	1 892 639

Źródło: Opracowanie własne

Poniższe rysunki prezentują gęstość zaludnienia w rejonach komunikacyjnych oraz liczbę miejsc pracy. Największą gęstość zarówno liczby mieszkańców, jak miejsc pracy obserwuje się w centralnej części województwa śląskiego oraz w aglomeracjach.

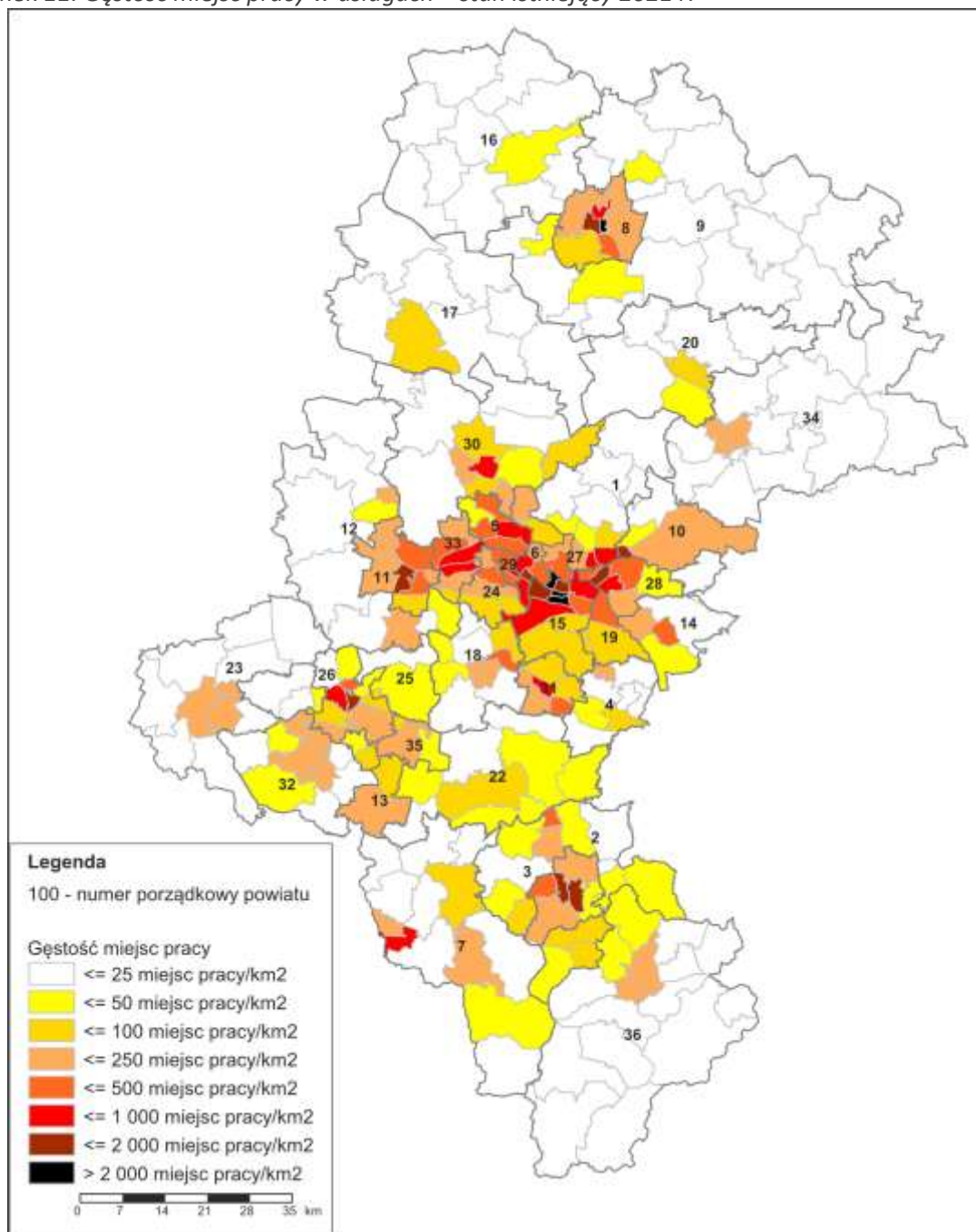
Rysunek 10. Gęstość zaludnienia w rejonach komunikacyjnych – stan istniejący 2021 r.



Nr porz.	Nazwa powiatu	Nr porz.	Nazwa powiatu	Nr porz.	Nazwa powiatu	Nr porz.	Nazwa powiatu
1	będziński	10	m. Dąbrowa Górnicza	19	m. Mysłowice	28	m. Sosnowiec
2	bielski	11	m. Gliwice	20	myszkowski	29	m. Świętochłowice
3	m. Bielsko-Biała	12	gliwicki	21	m. Piekary Śląskie	30	tarnogórski
4	bieruńsko-lędziński	13	m. Jastrzębie-Zdrój	22	pszczyński	31	m. Tychy
5	m. Bytom	14	m. Jaworzno	23	raciborski	32	wodzisławski
6	m. Chorzów	15	m. Katowice	24	m. Ruda Śląska	33	m. Zabrze
7	cieszyński	16	kłobucki	25	rybnicki	34	zawierciański
8	m. Częstochowa	17	lubliniecki	26	m. Rybnik	35	m. Żory
9	częstochowski	18	mikołowski	27	m. Siemianowice Śląskie	36	żywiecki

Źródło: Opracowanie własne

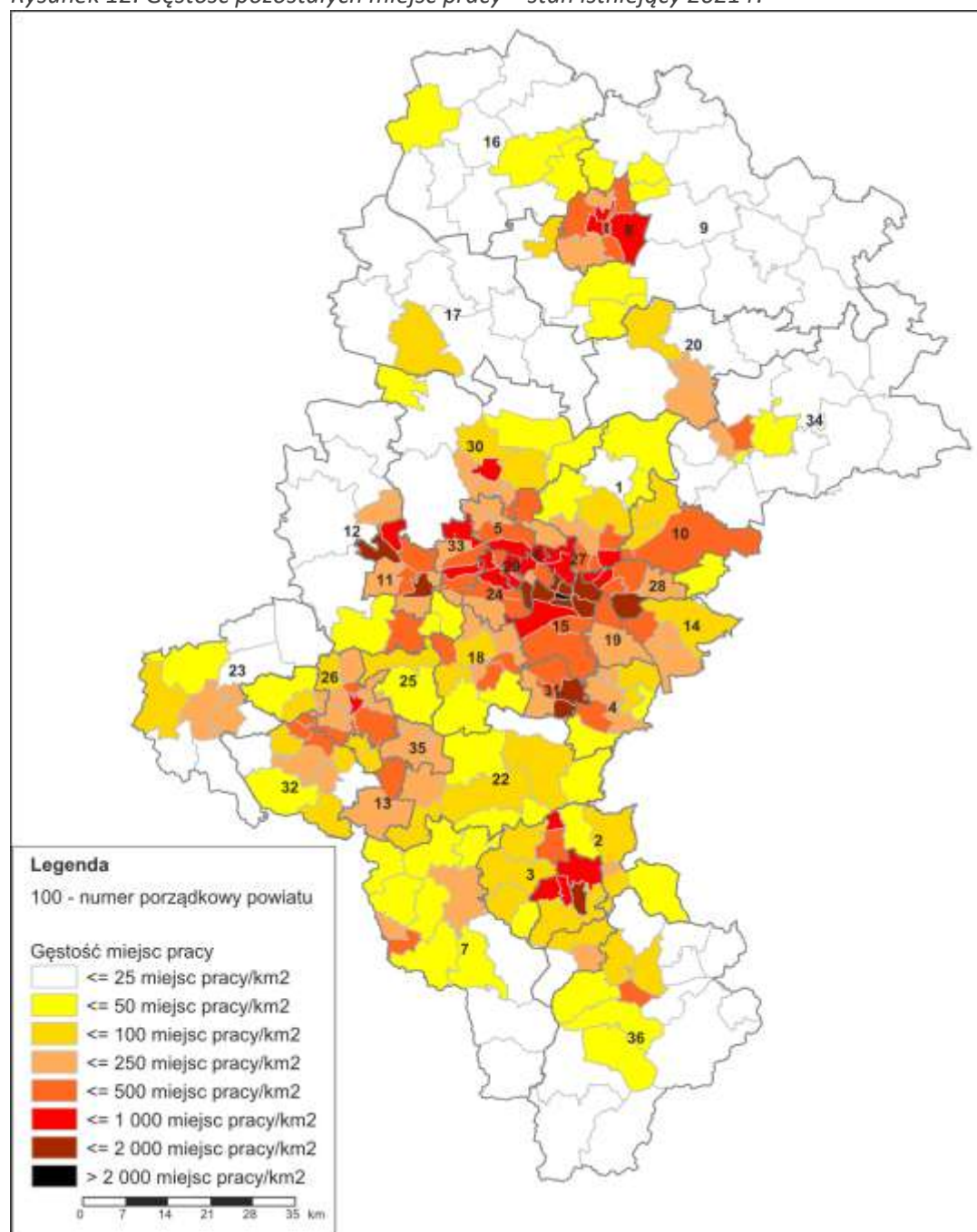
Rysunek 11. Gęstość miejsc pracy w usługach – stan istniejący 2021 r.



Nr porz.	Nazwa powiatu	Nr porz.	Nazwa powiatu	Nr porz.	Nazwa powiatu	Nr porz.	Nazwa powiatu
1	będziński	10	m. Dąbrowa Górnicza	19	m. Mysłowice	28	m. Sosnowiec
2	bielski	11	m. Gliwice	20	myszkowski	29	m. Świętochłowice
3	m. Bielsko-Biała	12	gliwicki	21	m. Piekary Śląskie	30	tarnogórski
4	bieruńsko-lędziński	13	m. Jastrzębie-Zdrój	22	pszczyński	31	m. Tychy
5	m. Bytom	14	m. Jaworzno	23	raciborski	32	wodzisławski
6	m. Chorzów	15	m. Katowice	24	m. Ruda Śląska	33	m. Zabrze
7	cieszyński	16	kłobucki	25	rybnicki	34	zawierciański
8	m. Częstochowa	17	lubliniecki	26	m. Rybnik	35	m. Żory
9	częstochowski	18	mikołowski	27	m. Siemianowice Śląskie	36	żywiecki

Źródło: Opracowanie własne

Rysunek 12. Gęstość pozostałych miejsc pracy – stan istniejący 2021 r.



Nr porz.	Nazwa powiatu	Nr porz.	Nazwa powiatu	Nr porz.	Nazwa powiatu	Nr porz.	Nazwa powiatu
1	będziński	10	m. Dąbrowa Górnicza	19	m. Mysłowice	28	m. Sosnowiec
2	bielski	11	m. Gliwice	20	myszkowski	29	m. Świętochłowice
3	m. Bielsko-Biała	12	gliwicki	21	m. Piekary Śląskie	30	tarnogórski
4	bieruńsko-lędziński	13	m. Jastrzębie-Zdrój	22	pszczyński	31	m. Tychy
5	m. Bytom	14	m. Jaworzno	23	raciborski	32	wodzisławski
6	m. Chorzów	15	m. Katowice	24	m. Ruda Śląska	33	m. Zabrze
7	cieszyński	16	kłobucki	25	rybnicki	34	zawierciański
8	m. Częstochowa	17	lubliniecki	26	m. Rybnik	35	m. Żory
9	częstochowski	18	mikołowski	27	m. Siemianowice Śląskie	36	żywiecki

Źródło: Opracowanie własne



Potencjały ruchotwórcze rejonów komunikacyjnych podróży niepieszych międzyrejonowych obliczono dla każdej z motywacji podróży.

Formuły generacji określające zależność pomiędzy liczbą generowanych podróży w rejonie (wielkością potencjału produkcji i atrakcji rejonu) a przypisaną każdej z motywacji podróży zmiennej objaśniającej dla motywacji Dom - Praca, Dom - Szkoła, Dom - Uczelnia i Dom - Inne opracowano osobno dla mieszkańców Aglomeracji Częstochowskiej, Bezpośredniego Otoczenia Aglomeracji Częstochowskiej, Aglomeracji Bielskiej, Bezpośredniego Otoczenia Aglomeracji Bielskiej, Aglomeracji Rybnickiej, Bezpośredniego Otoczenia Aglomeracji Rybnickiej, Metropolii Górnośląskiej, Bezpośredniego Otoczenia Metropolii Górnośląskiej, Lokalnych Ośrodków Rozwoju i pozostałych gmin oraz dla mieszkańców województwa śląskiego dla motywacji Dom - Centrum Handlowe i niezwiązane z domem.

W motywacjach podróży: Dom - Praca, Dom - Szkoła, Dom - Uczelnia i Dom - Inne, potencjały ruchotwórcze rejonów obliczano jako iloczyn liczby mieszkańców (ogółem lub odpowiedniej grupy wiekowej) i wskaźników ich ruchliwości, oddzielnie dla mieszkańców Aglomeracji Częstochowskiej, Bezpośredniego Otoczenia Aglomeracji Częstochowskiej, Aglomeracji Bielskiej, Bezpośredniego Otoczenia Aglomeracji Bielskiej, Aglomeracji Rybnickiej, Bezpośredniego Otoczenia Aglomeracji Rybnickiej, Metropolii Górnośląskiej, Bezpośredniego Otoczenia Metropolii Górnośląskiej, Lokalnych Ośrodków Rozwoju i pozostałych gmin.

W motywacji podróży Dom - Centrum Handlowe i niezwiązane z domem, potencjały rejonów obliczono jako iloczyn zmiennej objaśniającej przypisanej do motywacji i jednostkowej liczby podróży, jaką generuje zastosowana w równaniu zmienna, odpowiednio: jednostka powierzchni centrum handlowego oraz miejsce pracy w usługach.

W procedurze obliczania więźb przyjęto założenie, aby przy różnicy między sumą produkcji i atrakcji ruchu w danej motywacji należy przyjmować jako niezmienną liczbę podróży obliczoną na podstawie liczby mieszkańców (produkcja z domu lub atrakcja do domu).

Zestawienie formuł obliczeniowych generacji podróży w dobie odbywanych przez mieszkańców województwa śląskiego zastosowanych w modelu zamieszczono w tabeli 8.

W równaniach generacji podróży wykorzystano wskaźniki ruchliwości niepieszej międzyrejonowej Wr_{OF} oraz Wr mieszkańców poszczególnych obszarów funkcjonalnych, które zestawiono w tabelach 9 i 10 w poszczególnych motywacjach i grupach wiekowych.

Tabela 8. Zestawienie równań generacji podróży w dobie w podróżach wewnętrznych mieszkańców województwa śląskiego.

Motywacja podróży	Produkcja podróży		Atrakcja podróży		Kierunek sumowania
	współczynnik	zmienna objaśniająca	współczynnik	zmienna objaśniająca	
Dom - Praca (D-P)	Wr_OF	$I_{\text{imigranci}} + I_{\text{mk_prod}} + I_{\text{mk_poprod}}$	0,484	I_{mp}	produkcja
Praca - Dom (P-D)	0,446	I_{mp}	Wr_OF	$I_{\text{imigranci}} + I_{\text{mk_prod}} + I_{\text{mk_poprod}}$	atrakcja
Dom - Szkoła (D-S)	Wr_OF	$I_{\text{mk_przedprod}}$	0,448	$I_{\text{mn_szkoły_pp}}$	produkcja
Szkoła - Dom (S-D)	0,412	$I_{\text{mn_szkoły_pp}}$	Wr_OF	$I_{\text{mk_przedprod}}$	atrakcja
Dom - Uczelnia (D-U)	Wr_OF	$I_{\text{mk_prod}}$	0,481	$I_{\text{mn_uczelnie}}$	produkcja
Uczelnia - Dom (U-D)	0,387	$I_{\text{mn_uczelnie}}$	Wr_OF	$I_{\text{mk_prod}}$	atrakcja
Dom - Inne (D-I)	Wr_OF	$I_{\text{imigranci}} + I_{\text{mk_prod}} + I_{\text{mk_poprod}}$	0,017/0,442	$I_{\text{mk}} + I_{\text{mp_u}}$	produkcja
Inne - Dom (I-D)	0,033/0,433	$I_{\text{mk}} + I_{\text{mp_u}}$	Wr_OF	$I_{\text{imigranci}} + I_{\text{mk_prod}} + I_{\text{mk_poprod}}$	atrakcja
Dom - Centrum Handlowe (D-CH)	Wr	$I_{\text{imigranci}} + I_{\text{mk_prod}} + I_{\text{mk_poprod}}$	0,0345	pow_CH	atrakcja
Centrum Handlowe - Dom (CH-D)	0,0384	pow_CH	Wr	$I_{\text{imigranci}} + I_{\text{mk_prod}} + I_{\text{mk_poprod}}$	produkcja
Niezwiązane z Domem (NzD)	0,2474	$I_{\text{mp_u}}$	0,2474	$I_{\text{mp_u}}$	min

Wr_OF wskaźnik ruchliwości niepieszej międzyrejonowej mieszkańca obszaru funkcjonalnego – patrz tabela 9

Wr wskaźnik ruchliwości niepieszej międzyrejonowej mieszkańca województwa śląskiego – patrz tabela 10

I_mk liczba mieszkańców 7+

I_mk_przedprod liczba mieszkańców w wieku przedprodukcyjnym 7+

I_mk_prod liczba mieszkańców w wieku produkcyjnym

I_mk_poprod liczba mieszkańców w wieku poprodukcyjnym

I_imigranci liczba imigrantów

I_mn_szkoły_pp liczba miejsc nauki w szkołach ponadpodstawowych

I_mn_uczelnie liczba miejsc nauki w szkołach wyższych

I_mp liczba miejsc pracy

I_mp_u liczba miejsc pracy w usługach

pow_CH powierzchnia całkowita centrum handlowego

Źródło: Opracowanie własne



Tabela 9. Wskaźniki ruchliwości niepieszej międzyrejonowej mieszkańca obszaru funkcjonalnego.

Jednostka	Gminy dzielone na rejon komunikacyjny	Dom - Praca		Praca - Dom		Dom - Szkoła	Szkoła - Dom
		mieszkańcy w wieku produkcyjnym	mieszkańcy w wieku poprodukcyjnym	mieszkańcy w wieku produkcyjnym	mieszkańcy w wieku poprodukcyjnym	mieszkańcy w wieku przedprodukcyjnym 7+	mieszkańcy w wieku przedprodukcyjnym 7+
Aglomeracja Częstochowska		0,395	0,039	0,389	0,036	0,251	0,251
Bezpośrednie Otoczenie Aglomeracji Częstochowskiej	nie	0,429	0,023	0,344	0,007	0,275	0,252
	tak	0,381	0,011	0,307	0,011	0,234	0,139
Aglomeracja Bielska		0,349	0,027	0,301	0,027	0,153	0,169
Bezpośrednie Otoczenie Aglomeracji Bielskiej	nie	0,171	0,006	0,128	0,000	0,221	0,176
	tak	0,305	0,003	0,306	0,003	0,129	0,112
Aglomeracja Rybnicka		0,336	0,012	0,295	0,012	0,205	0,190
Bezpośrednie Otoczenie Aglomeracji Rybnickiej	nie	0,335	0,009	0,320	0,009	0,248	0,248
	tak	0,372	0,009	0,353	0,009	0,146	0,134
Metropolia Górnośląska		0,366	0,026	0,338	0,026	0,133	0,122
Bezpośrednie Otoczenie Metropolii Górnośląskiej	nie	0,244	0,010	0,240	0,009	0,248	0,248
	tak	0,338	0,010	0,329	0,009	0,146	0,134
Lokalne Ośrodki Rozwoju		0,235	0,010	0,182	0,009	0,154	0,116
pozostałe gminy	nie	0,291	0,015	0,283	0,015	0,194	0,193
	tak	0,348	0,015	0,348	0,015	0,160	0,160



Jednostka	Gminy dzielone na rejon komunikacyjny	Dom - Uczelnia	Uczelnia - Dom	Dom - Inne		Inne - Dom	
		mieszkańcy w wieku produkcyjnym	mieszkańcy w wieku produkcyjnym	mieszkańcy w wieku produkcyjnym	mieszkańcy w wieku poprodukcyjnym	mieszkańcy w wieku produkcyjnym	mieszkańcy w wieku poprodukcyjnym
Aglomeracja Częstochowska		0,022	0,019	0,066	0,111	0,075	0,115
Bezpośrednie Otoczenie Aglomeracji Częstochowskiej	nie	0,031	0,019	0,039	0,072	0,114	0,046
	tak	0,063	0,042	0,036	0,038	0,077	0,027
Aglomeracja Bielska		0,021	0,019	0,098	0,125	0,130	0,119
Bezpośrednie Otoczenie Aglomeracji Bielskiej	nie	0,016	0,019	0,089	0,034	0,133	0,040
	tak	0,018	0,018	0,037	0,050	0,044	0,050
Aglomeracja Rybnicka		0,008	0,008	0,079	0,179	0,092	0,171
Bezpośrednie Otoczenie Aglomeracji Rybnickiej	nie	0,009	0,009	0,088	0,191	0,093	0,191
	tak	0,009	0,009	0,029	0,051	0,042	0,073
Metropolia Górnośląska		0,013	0,011	0,090	0,163	0,113	0,165
Bezpośrednie Otoczenie Metropolii Górnośląskiej	nie	0,010	0,010	0,085	0,088	0,081	0,088
	tak	0,010	0,010	0,010	0,079	0,097	0,079
Lokalne Ośrodki Rozwoju		0,012	0,012	0,091	0,137	0,106	0,144
pozostałe gminy	nie	0,003	0,003	0,073	0,121	0,085	0,122
	tak	0,003	0,003	0,126	0,209	0,134	0,209

Źródło: Opracowanie własne

Tabela 10. Wskaźniki ruchliwości niepieszej międzyrejonowej mieszkańca województwa śląskiego.

Jednostka	Dom - Centrum Handlowe		Centrum Handlowe - Dom	
	mieszkańcy w wieku produkcyjnym	mieszkańcy w wieku poprodukcyjnym	mieszkańcy w wieku produkcyjnym	mieszkańcy w wieku poprodukcyjnym
Województwo śląskie	0,015	0,059	0,018	0,065

Źródło: Opracowanie własne

1.2.4. Rozkład przestrzenny

Do odwzorowania rozkładu przestrzennego podróży wewnętrznych po obszarze województwa śląskiego przyjęto model grawitacyjny z funkcją przestrzeni opisaną zależnością:

$$f(U) = a \cdot U^b \cdot e^{c \cdot U},$$

gdzie:

- U - odległość pomiędzy rejonami komunikacyjnymi mierzona po sieci[km],
a,b,c - parametry funkcji oporu, wyznaczone dla każdej z motywacji podróży.

Parametry funkcji estymowano za pomocą modułu Kalibri w programie VISUM w oparciu o rozkład długości podróży uzyskany z badań ankietowych gospodarstw domowych. Rozkład długości podróży mieszkańców Metropolii Górnośląskiej oraz Bezpośredniego Otoczenia Metropolii Górnośląskiej przyjęto zgodnie ze Studium Transportowym Subregionu Centralnego Województwa Śląskiego [3]. Rozkład długości podróży związanych z centrum handlowym zweryfikowany został rozkładem uzyskanym z ankiet przeprowadzonych w centrach handlowych. Parametry funkcji wyznaczono oddzielnie dla podróży mieszkańców obszarów funkcjonalnych dla motywacji Dom - Praca, Dom - Szkoła i Dom - Inne oraz bez podziału (łącznie dla mieszkańców województwa śląskiego) dla podróży w motywacjach Dom - Uczelnia, Dom - Centrum Handlowe oraz niezwiązanych z domem. Uzyskane parametry funkcji oporu przestrzeni przedstawiono w tabeli 11.

Tabela 11. Parametry funkcji oporu przestrzeni dla poszczególnych motywacji podróży wewnętrznych.

Jednostka	Motywacja	Parametry funkcji oporu			Współczynnik korelacji R
		a	b	c	
Aglomeracja Częstochowska	Dom - Praca - Dom	0,2920	0,1634	-0,1395	0,6986
	Dom - Szkoła – Dom*	1,0000	0,0000	-0,1000	-
	Dom - Inne - Dom	0,0000	0,0000	-0,0857	0,9288
Bezpośrednie Otoczenie Aglomeracji Częstochowskiej	Dom - Praca - Dom	1,2590	-0,6609	-0,0794	0,9122
	Dom - Szkoła – Dom*	1,0000	0,0000	-0,1500	-
	Dom - Inne - Dom	3,4500	-1,2981	-0,0627	0,9273
Aglomeracja Bielska	Dom - Praca - Dom	0,3221	0,8977	-0,2837	0,5701
	Dom - Szkoła - Dom	12,3306	20,4194	-8,3178	0,9689
	Dom - Inne - Dom	0,2881	1,1452	-0,2959	0,9281
Bezpośrednie Otoczenie Aglomeracji Bielskiej	Dom - Praca - Dom	77,5879	-3,5054	0,0098	0,9053
	Dom - Szkoła – Dom*	1,0000	0,0000	-0,4500	-
	Dom - Inne - Dom	0,0000	0,0000	-0,5405	0,9762
Aglomeracja Rybnicka	Dom - Praca - Dom	0,3644	-0,1172	-0,1472	0,7476
	Dom - Szkoła - Dom	0,6217	1,3385	-0,6236	0,9708
	Dom - Inne - Dom	0,4989	-0,4067	-0,1334	0,8801
Bezpośrednie Otoczenie Aglomeracji Rybnickiej	Dom - Praca - Dom	0,1330	0,5300	-0,1565	0,7799
	Dom - Szkoła - Dom	0,0009	5,5466	-0,6715	0,9863
	Dom - Inne - Dom	0,4358	0,6642	-0,2026	0,9064
Metropolia Górnośląska	Dom - Praca - Dom	0,6578	-0,5756	-0,1724	0,8835

Jednostka	Motywacja	Parametry funkcji oporu			Współczynnik korelacji R
		a	b	c	
	Dom - Szkoła - Dom	2,8162	1,5411	-1,3650	0,9914
	Dom - Inne - Dom	0,7592	-0,4738	-0,2383	0,8838
	Dom - Praca - Dom	0,6209	-0,2539	-0,1664	0,8842
Bezpośrednie Otoczenie Metropolii Górnośląskiej	Dom - Szkoła – Dom*	1,0000	0,0000	-0,1500	-
	Dom - Inne - Dom	1,1223	-0,6761	-0,1603	0,8576
	Dom - Praca - Dom	0,3348	0,6915	-0,2455	0,4551
Lokalne ośrodki rozwoju	Dom - Szkoła – Dom*	1,0000	0,0000	-0,3500	-
	Dom - Inne - Dom	0,4391	1,0319	-0,3231	0,7796
	Dom - Praca - Dom	0,9530	-0,7212	-0,0916	0,7440
pozostałe gminy	Dom - Szkoła - Dom	0,0927	1,4938	-0,3076	0,9079
	Dom - Inne - Dom	2,1613	-0,7845	-0,1187	0,8343
	Dom - Uczelnia - Dom	0,0000	0,0000	-0,0907	0,6333
województwo śląskie	Dom - Centrum Handlowe - Dom	0,3848	-0,0974	-0,1595	0,8501
	Niezwiązane z Domem	0,5129	-0,1233	-0,1687	0,5190

*ze względu na niską reprezentację podróży do szkoły w badaniach ankietowych, parametry funkcji oporu zastosowane w rozkładzie przestrzennym wyznaczono metodą ekspercką

Źródło: Opracowanie własne

1.2.5. Podział zadań przewozowych

Otrzymane w wyniku rozkładu przestrzennego macierze motywacyjne podróży mieszkańców poszczególnych obszarów funkcjonalnych zostały zsumowane w ramach każdej z motywacji podróży. W rezultacie, badanie podziału modalnego wykonano dla 11 macierzy motywacyjnych, opisujących podróże mieszkańców województwa śląskiego.

Macierze te obejmowały podróże odbywane samochodem i transportem zbiorowym. Jako że model przemieszczeń osób został zbudowany dla podróży pieszych, nie ma więc etapu wydzielenia podróży pieszych.

Do podziału zadań przewozowych wykorzystano moduł Mode Choice, w którym na podstawie określonej użyteczności poszczególnych środków transportu obliczane jest prawdopodobieństwo wyboru tych środków transportu dla każdej pary rejonów. Jako zmienne dla określenia użyteczności poszczególnych środków transportu zastosowano macierze czasów.

Prawdopodobieństwo wyboru środka obliczane jest w modelu logitowym:

$$p_{PrT} = \frac{e^{U_{PrT}}}{e^{U_{PrT}} + e^{U_{PuT}}},$$

$$p_{PuT} = \frac{e^{U_{PuT}}}{e^{U_{PrT}} + e^{U_{PuT}}},$$

$$U_{PrT} = -0,05 \cdot a \cdot TTC,$$

$$U_{PuT} = -0,05 \cdot JRT,$$

gdzie:

P_{PrT} – prawdopodobieństwo wyboru transportu indywidualnego (samochodu),

P_{PuT} – prawdopodobieństwo wyboru transportu zbiorowego,

U_{PrT} – użyteczność transportu indywidualnego (samochodu),

U_{PuT} – użyteczność transportu zbiorowego,

TTC – czas przejazdu samochodem w sieci obciążonej,

JRT – czas podróży transportem zbiorowym,

a – parametr skalujący wyznaczony dla każdej motywacji podróży (dla podróży związanych z nauką - 4; z uczelnią - 2; z centrum handlowym - 0,6; dla pozostałych motywacji - 1).

Do przeliczenia podróży wykonywanych samochodem osobowym na przejazdy, przyjęto na podstawie wyników badań ankietowych następujące średnie wskaźniki napełnienia w samochodach osobowych dla poszczególnych motywacji podróży.

Tabela 12. Wskaźnik napełnienia samochodu osobowego [osoba/pojazd].

Motywacja	Wskaźnik napełnienia
Dom - Praca	1,200
Praca - Dom	1,176
Dom - Szkoła	1,197
Szkoła - Dom	1,244
Dom - Uczelnia	1,207
Uczelnia - Dom	1,197
Dom - Inne	1,618
Inne - Dom	1,545
Dom - Centrum Handlowe	1,551
Centrum Handlowe - Dom	1,557
Niezwiązane z Domem	1,247

Źródło: Opracowanie własne

1.3. Rozkład ruchu na sieć

Do rozkładu ruchu na sieć transportu indywidualnego zastosowano procedurę równoważenia „Equilibrium assignment”. Jest to metoda iteracyjna, ostateczny rozkład ruchu związany jest z osiągnięciem równowagi sieci, a koszty podróży są optymalne w poszczególnych relacjach międzyrejonowych.

Dla podróży transportem zbiorowym zastosowano procedurę „headway based assignment”, opartą na wyborze ścieżek na podstawie przebiegu tras linii transportu zbiorowego oraz ich dobowej średniej częstotliwości kursowania.

1.4. Model dla podróży związanych z MPL Katowice w Pyrzowicach

W modelu ruchu został uwzględniony jako punktowy generator ruchu Międzynarodowy Port Lotniczy „Katowice” w Pyrzowicach. Generacja podróży związanych z lotniskiem została określona na podstawie liczby pasażerów odprawionych na lotnisku we wrześniu 2021r. Ze względu na pandemię COVID-19 i znaczne ograniczenia dla podróży lotniczych nie było zasadnym zastosowanie do obliczeń jako danej wejściowej, rocznej liczby odprawionych pasażerów w roku 2021.

Wielkość i strukturę przestrzenną podróży poza województwo śląskie przyjęto zgodnie z modelem ruchu ZMR. Dla podróży związanych z lotniskiem z obszaru województwa został zbudowany model popytu. Wielkość potencjału podróży portu lotniczego związanych z województwem określono jako różnicę potencjału całkowitego oraz potencjału w podróżach poza województwo.

Rozkład przestrzenny podróży po województwie związanych z lotniskiem został opracowany na podstawie danych Big Data. Udział podróży związanych z lotniskiem odbywanych transportem zbiorowym, wobec braku innych danych, przyjęto na podstawie modelu ruchu ZMR jako 20%.

1.5. Model przemieszczeń towarów

W modelu przemieszczeń towarów po województwie śląskim wykorzystano więźby ruchu pojazdów przewożących towary z modelu ZMR (wersja z 2021 r.). Macierze przejazdów pojazdów przewożących towary po województwie zostały zaimplementowane w podziale na:

- Samochody dostawcze,
- Samochody ciężarowe,
- Samochody ciężarowe z przyczepą.

Dostosowano je do podziału na rejony komunikacyjne na podstawie liczby miejsc pracy w usługach dla samochodów dostawczych oraz pozostałych miejsc pracy dla samochodów ciężarowych.



1.6. Model ruchu zewnętrznego

Wobec dostępnych wyników Generalnego Pomiaru Ruchu GPR 2020/21 zdecydowano się na ich wykorzystanie przy opracowaniu więźb ruchu zewnętrznego. Wyznaczono współczynniki korygujące natężenie SDRR wyznaczone na podstawie 12 godzinowego pomiaru natężenia ruchu w każdym z 45 punktów kordonu zewnętrznego województwa śląskiego do wielkości według GPR 2020/21 dla każdej z 4 kategorii samochodów: samochodów osobowych, dostawczych, ciężarowych i ciężarowych z przyczepą.

Macierze ruchu tranzytowego SDRR pomiędzy 45 wlotami dróg krajowych i wojewódzkich, zbudowane na podstawie przeprowadzonych badań numerów rejestracyjnych pojazdów na kordonie zewnętrznym województwa śląskiego w ramach poprzednich etapów zostały zmodyfikowane poprzez ich korektę SDRR do wielkości ruchu GPR 2020/21.

Macierze ruchu docelowego, ruchu źródłowego oraz ruchu tranzytowego odbywającego się w relacjach innych niż pomiędzy drogami krajowymi oraz wojewódzkimi zostały zaimplementowane z modelu ruchu ZMR. Wielkości potencjałów ruchu w rejonach zewnętrznych dla każdego z 3 powyższych typów ruchu również zostały przeskalowane ze względu na wyniki GPR 2020/21.

W procesie importu więźb ruchu docelowo-źródłowego do regionalnego modelu ruchu wykorzystane zostały dane Big Data, celem uszczegółowienia lokalizacji celów i źródeł podróży samochodem osobowym w gminach, w których w regionalnym modelu ruchu dokonano uszczegółowienia podziału na rejony komunikacyjne w stosunku do rejonizacji zastosowanej w modelu ruchu ZMR. Dla pojazdów przewożących towary, przekonwertowanie więźb z modelu ruchu ZMR wykonano w oparciu o rozmieszczenie miejsc pracy w usługach (dla samochodów dostawczych) oraz miejsc pracy poza usługami (dla samochodów ciężarowych). Było to możliwe dzięki zastosowaniu w modelu regionalnym struktury podziału na rejony komunikacyjne opartej na rejonizacji województwa śląskiego według modelu ZMR.

Więźba podróży zewnętrznych dla województwa śląskiego odbywanych transportem zbiorowym: kolejowym i autobusowym została zaczerpnięta z modelu ruchu ZMR. Podobnie jak w przypadku więźb ruchu samochodów osobowych, dostosowanie więźb do rejonizacji dla podróży zewnętrznych: źródłowych i docelowych wykonano na podstawie danych Big Data.

Tabela 13. Struktura przestrzenna podróży na kordonie zewnętrznym województwa śląskiego.

Rodzaj ruchu	Samochody osobowe	Samochody dostawcze	Samochody ciężarowe	Samochody ciężarowe ciężkie	Transport zbiorowy
Źródłowy	126 010	16 470	3 786	19 512	32 700
Docelowy	126 010	16 470	3 786	19 512	32 701
Tranzytowy	26 389	3 382	1 082	9 255	13 710
Tranzytowy [%]	9,48%	9,31%	12,51%	19,17%	17,33%
Razem	278 409	36 322	8 654	48 279	79 111

Źródło: Opracowanie własne

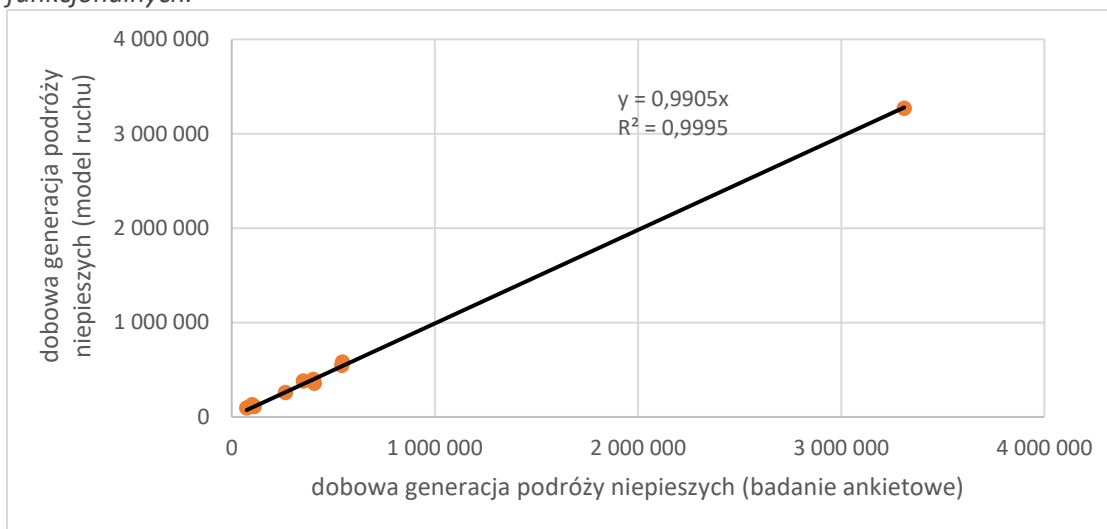
2. Sprawdzenie poprawności modelu

Sprawdzenie poprawności budowanego modelu wiąże się z kontrolą poprawności jego kolejnych etapów poprzez porównanie ich wyników z wynikami badań ankietowych, a także pomiarów ruchu wykonanych na sieci.

2.1. Generacja i rozkład przestrzenny podróży

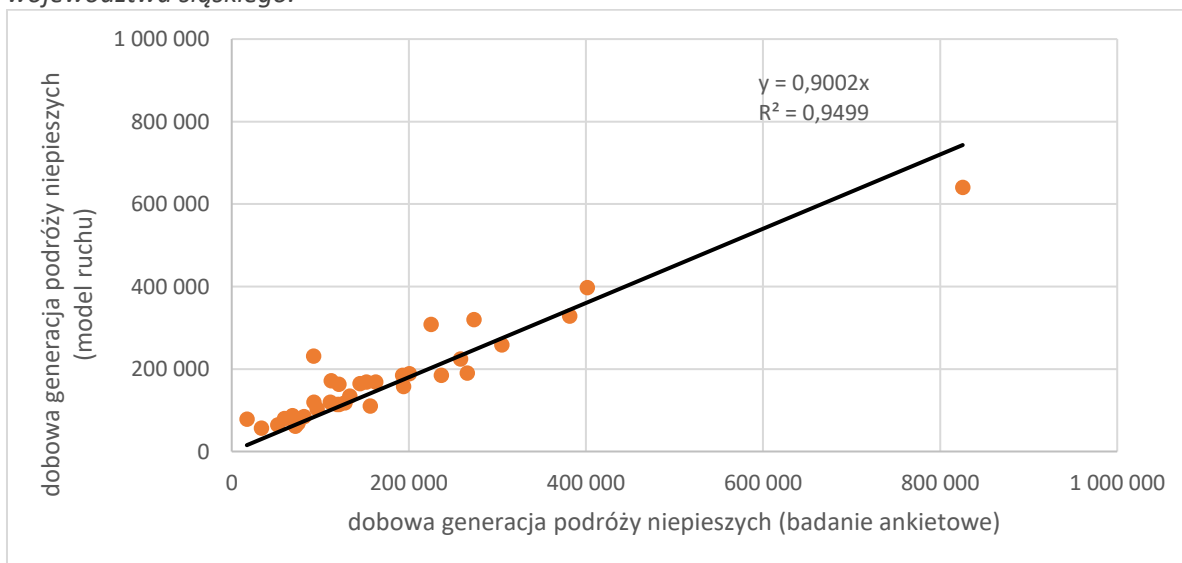
Na rysunkach poniżej przedstawiono porównanie liczby podróży pieszych generowanych w dobie uzyskanych na podstawie badania ankietowego i modelu ruchu w agregacji do obszarów funkcjonalnych, powiatów oraz gmin województwa śląskiego.

Rysunek 13. Porównanie liczby podróży pieszych generowanych w dobie w agregacji do obszarów funkcjonalnych.



Źródło: Opracowanie własne

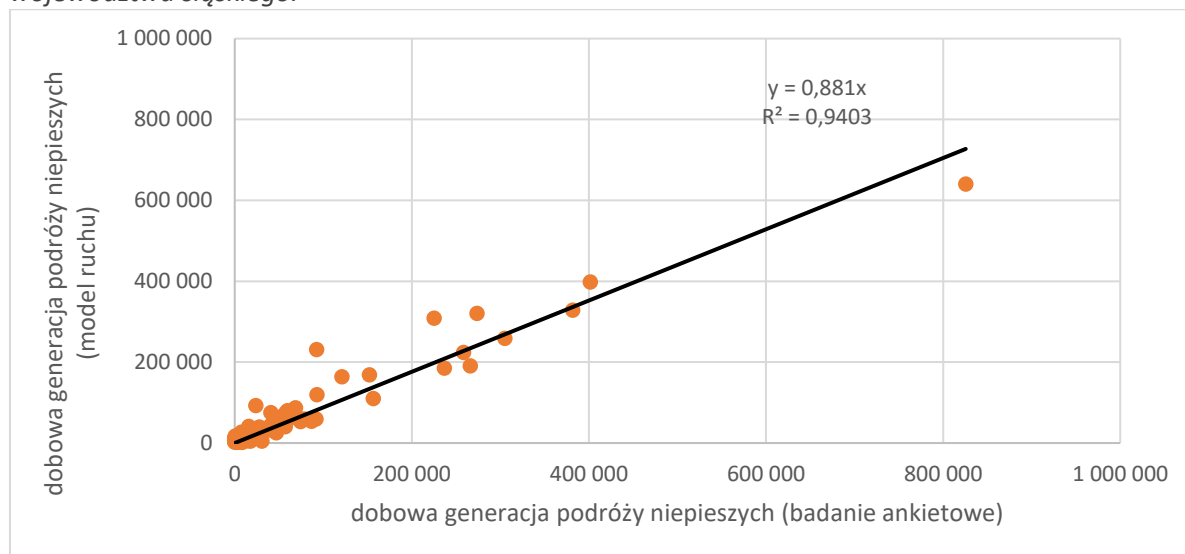
Rysunek 14. Porównanie liczby podróży pieszych generowanych w dobie w agregacji do powiatów województwa śląskiego.



Źródło: Opracowanie własne



Rysunek 15. Porównanie liczby podróży pieszych generowanych w dobie w agregacji do gmin województwa śląskiego.



Źródło: Opracowanie własne

Uzyskane współczynniki korelacji są wysokie i wskazują na dobre dopasowanie modelu na etapie generacji i rozkładu przestrzennego do wyników ankiet.

W tabeli poniżej przedstawiono porównanie liczby podróży wewnętrznych wyznaczonej na podstawie równań generacji podróży z wartościami wynikającymi z badań ankietowych gospodarstw domowych.

Tabela 14. Porównanie liczby podróży wewnętrznych mieszkańców Aglomeracji Częstochowskiej i Bezpośredniego Otoczenia Aglomeracji Częstochowskiej.

Motywacja	Aglomeracja Częstochowska			Bezpośrednie Otoczenie Aglomeracji Częstochowskiej		
	Ankieta	Model	Różnica	Ankieta	Model	Różnica
Dom - Praca	48 181	50 679	5,19%	24 162	27 457	13,64%
Praca - Dom	47 172	49 764	5,49%	19 248	21 922	13,89%
Dom - Szkoła	5 955	5 345	-10,25%	2 850	3 098	8,70%
Szkoła - Dom	5 955	5 345	-10,25%	2 378	2 519	5,91%
Dom - Inne	14 981	14 783	-1,32%	3 972	3 901	-1,77%
Inne - Dom	16 396	16 126	-1,65%	7 007	7 552	7,77%

Źródło: Opracowanie własne

Tabela 15. Porównanie liczby podróży wewnętrznych mieszkańców Aglomeracji Bielskiej i Bezpośredniego Otoczenia Aglomeracji Bielskiej.

Motywacja	Aglomeracja Bielska			Bezpośrednie Otoczenie Aglomeracji Bielskiej		
	Ankieta	Model	Różnica	Ankieta	Model	Różnica
Dom - Praca	45 517	43 971	-3,39%	12 980	14 867	14,53%
Praca - Dom	39 469	38 125	-3,41%	11 118	12 815	15,26%
Dom - Szkoła	3 585	3 620	0,99%	3 015	2 671	-11,40%
Szkoła - Dom	3 931	3 620	-7,91%	2 473	2 174	-12,10%
Dom - Inne	19 866	18 706	-5,84%	5 416	5 826	7,57%
Inne - Dom	23 573	22 279	-5,49%	7 498	8 106	8,11%

Źródło: Opracowanie własne

Tabela 16. Porównanie liczby podróży wewnętrznych mieszkańców Aglomeracji Rybnickiej i Bezpośredniego Otoczenia Aglomeracji Rybnickiej.

Motywacja	Aglomeracja Rybnicka			Bezpośrednie Otoczenie Aglomeracji Rybnickiej		
	Ankieta	Model	Różnica	Ankieta	Model	Różnica
Dom - Praca	75 138	74 930	-0,28%	22 966	27 420	19,39%
Praca - Dom	66 122	65 912	-0,32%	21 849	26 098	19,45%
Dom - Szkoła	8 309	8 702	4,73%	4 396	3 061	-30,36%
Szkoła - Dom	7 707	8 065	4,64%	4 077	2 952	-27,59%
Dom - Inne	33 658	32 693	-2,86%	6 136	6 715	9,44%
Inne - Dom	35 693	34 868	-2,31%	6 995	7 752	10,82%

Źródło: Opracowanie własne

Tabela 17. Porównanie liczby podróży wewnętrznych mieszkańców Metropolii Górnośląskiej i Bezpośredniego Otoczenia Metropolii Górnośląskiej.

Motywacja	Metropolia Górnośląska			Bezpośrednie Otoczenie Metropolii Górnośląskiej		
	Ankieta	Model	Różnica	Ankieta	Model	Różnica
Dom - Praca	463 530	463 132	-0,09%	50 002	51 435	2,87%
Praca - Dom	428 168	428 757	0,14%	48 980	50 325	2,75%
Dom - Szkoła	31 389	28 647	-8,74%	11 397	7 598	-33,33%
Szkoła - Dom	28 649	26 277	-8,28%	9 774	7 455	-23,72%
Dom - Inne	193 205	197 115	2,02%	21 819	19 766	-9,41%
Inne - Dom	222 554	226 414	1,73%	22 352	21 371	-4,39%

Źródło: Opracowanie własne

Tabela 18. Porównanie liczby podróży wewnętrznych mieszkańców Lokalnych Ośrodków Rozwoju i pozostałych gmin.

Motywacja	Lokalne Ośrodki Rozwoju			pozostałe gminy		
	Ankieta	Model	Różnica	Ankieta	Model	Różnica
Dom - Praca	39 687	42 637	7,43%	111 997	110 164	-1,64%
Praca - Dom	31 362	33 112	5,58%	109 317	107 364	-1,79%
Dom - Szkoła	5 042	4 991	-1,01%	14 662	13 263	-9,54%
Szkoła - Dom	3 677	3 760	2,25%	14 585	13 197	-9,52%
Dom - Inne	22 621	26 243	16,01%	45 983	44 087	-4,12%
Inne - Dom	25 389	29 430	15,91%	50 780	48 556	-4,38%

Źródło: Opracowanie własne

Tabela 19. Porównanie liczby podróży wewnętrznych mieszkańców województwa śląskiego.

Motywacja	Ankieta	Model	Różnica
Dom - Praca	894 159	906 692	1,40%
Praca - Dom	822 804	834 195	1,38%
Dom - Szkoła	90 600	80 997	-10,60%
Szkoła - Dom	83 207	75 364	-9,43%
Dom - Uczelnia	31 425	32 600	3,74%
Uczelnia - Dom	27 553	28 616	3,86%
Dom - Inne	367 655	369 836	0,59%
Inne - Dom	418 237	422 455	1,01%
Dom - Centrum Handlowe	65 253	65 296	0,07%
Centrum Handlowe - Dom	72 711	72 677	-0,05%
Niezwiązane z Domem	176 801	176 834	0,02%
Razem	3 050 405	3 065 562	0,50%

Źródło: Opracowanie własne

Ogólnie wartości modelowe wykazują dużą zgodność z wynikami badań ankietowych, jedynie większe różnice, ale mieszczące się w granicach 10% błędu dotyczą podróży związanych z uczelnią i szkołą.

W związku z wykorzystaniem do oceny poprawności modelu pomiarów GPR 2020/21, które zgodnie z publikowanymi założeniami ich przeprowadzenia nie uwzględniają wpływu pandemii COVID-19 na wielkość ruchu samochodowego, zdecydowano się na dokonanie korekt wskaźników ruchliwości mieszkańców województwa śląskiego w taki sposób, aby odzwierciedlały one zachowania komunikacyjne mieszkańców również bez wpływu pandemii. Wpływ pandemii widoczny jest w uzyskanych wynikach badań ankietowych mieszkańców, według których średni wskaźnik ruchliwości mieszkańca Metropolii Górnośląskiej wynosi 1,7 podróży, podczas gdy wynikający z badań ankietowych przeprowadzonych w ramach Studium Transportowego Subregionu Centralnego Województwa Śląskiego [3] wynosił blisko 2 podróże na dobę. Po dokonaniu szczegółowej analizy porównawczej wyników ww. badań ankietowych gospodarstw domowych w zakresie ruchliwości osób zdecydowano o dokonaniu korekty: we wskaźnikach ruchliwości osób w wieku poprodukcyjnym, poprzez wprowadzenie mnożnika dla wskaźników ruchliwości tej grupy osób równego 1,47 oraz w podróżach niezwiązanych z domem, których liczbę powiększono o 31,7%.

W podróżach w odbywanych między gminami, zgodnie z wynikami badań ankietowych, dominują krótkie podróże. Średnia długość podróży niepieszej międzygminnej wykonywanej przez mieszkańca województwa wynosi 13,6 km. Zgodnie z modelem ruchu ZMR, średnia długość podróży tego typu na obszarze województwa śląskiego wynosi 24,4 km. W związku z powyższym, zdecydowano o wprowadzeniu dodatkowo do modelu popytu grupy podróży niezwiązanych z domem odbywanych w relacjach dalekich (w relacjach między subregionami). Zgodnie z przyjętym założeniem, że opór przestrzeni jest dla tej grupy podróży nieistotny, rozłożono je proporcjonalnie między rejonami. Potencjały ruchotwórcze rejonów komunikacyjnych w tej grupie motywacyjnej podróży obliczono analogicznie, jak dla podróży niezwiązanych z domem, tzn. jako zmienną objaśniającą wykorzystano liczbę miejsc pracy w usługach w rejonie. Uzupełnienie modelu popytu o dodatkowe podróże międzysubregionalne w motywacji podróży niezwiązane z domem powiększyło grupę podróży niepieszych w tej grupie motywacyjnej o 26%.

Nowe, uzyskane wielkości macierzy motywacyjnych podróży nie pieszych, po uwzględnieniu w modelu ruchu populacji imigrantów z zagranicy i ich podróży oraz opisanej powyżej korekty wskaźników ruchliwości oraz dalekich podróży niezwiązanych z domem, przedstawiono w tabeli poniżej.

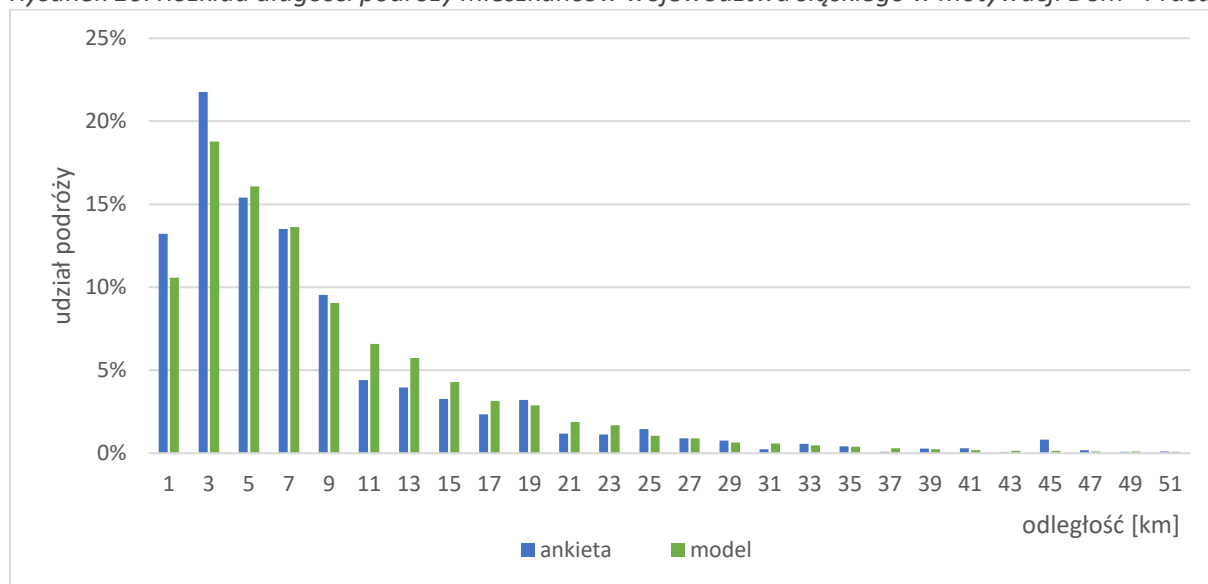
Tabela 20. Liczba podróży wewnętrznych niepieszych po uwzględnieniu korekty.

Motywacja	Model
Dom - Praca	995 489
Praca - Dom	916 420
Dom - Szkoła	81 002
Szkoła - Dom	75 369
Dom - Uczelnia	32 600
Uczelnia - Dom	28 616
Dom - Inne	459 523
Inne - Dom	516 835
Dom - Centrum Handlowe	65 296
Centrum Handlowe - Dom	72 677
Niezwiązane z Domem	232 890
Niezwiązane z Domem dalekie	83 433
Razem	3 560 150

Źródło: Opracowanie własne

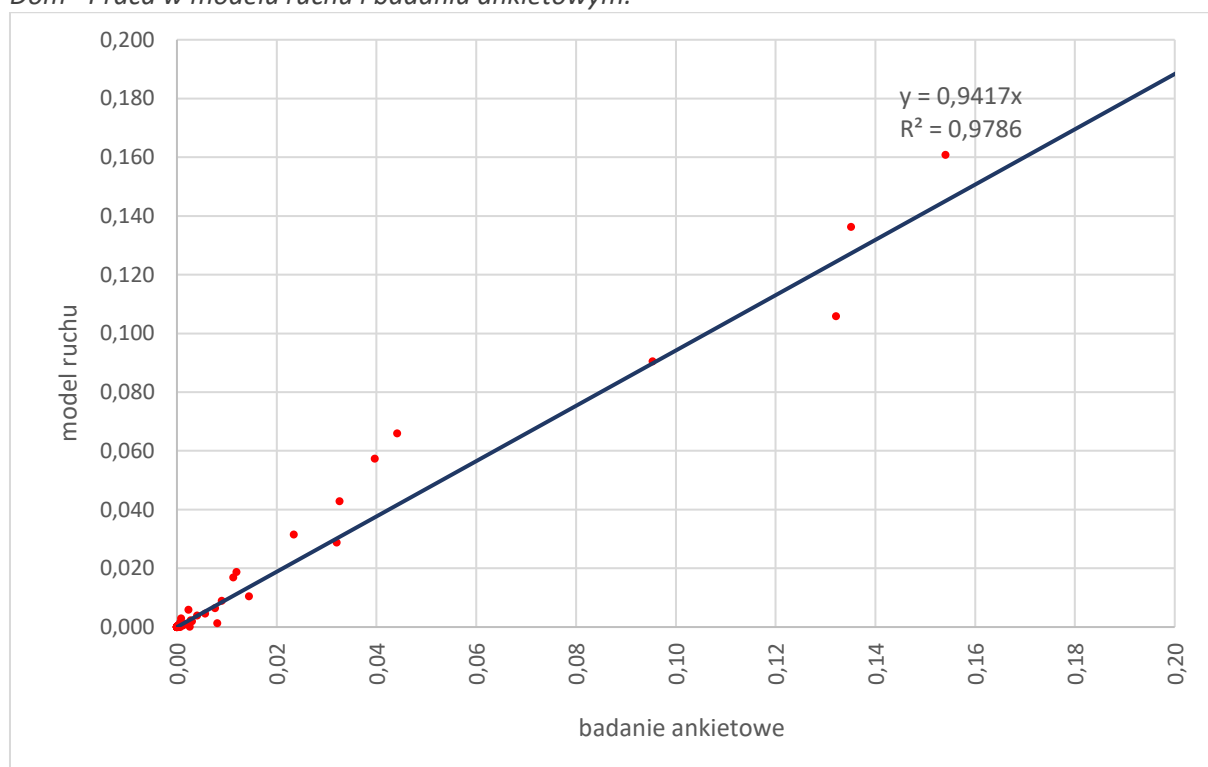
Porównanie rozkładu empirycznego (z badań ankietowych) i modelowego (wyznaczonego na podstawie estymowanych parametrów funkcji oporu) długości podróży mieszkańców województwa śląskiego w poszczególnych motywacjach przedstawiono na rysunkach poniżej.

Rysunek 16. Rozkład długości podróży mieszkańców województwa śląskiego w motywacji Dom - Praca.



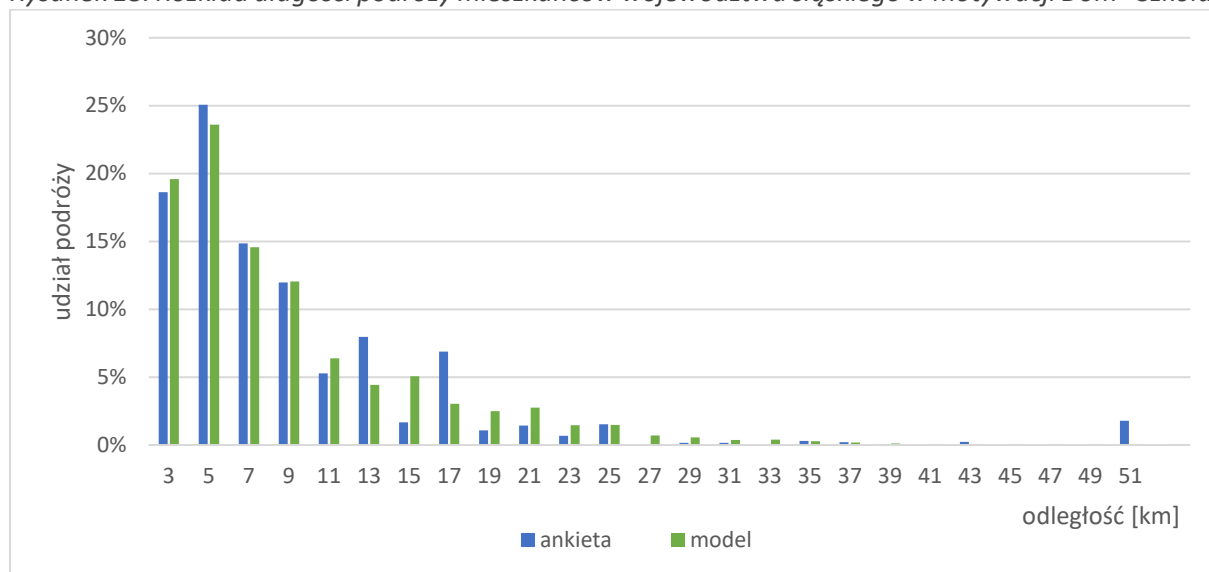
Źródło: Opracowanie własne

Rysunek 17. Korelacja rozkładu długości podróży mieszkańców województwa śląskiego w motywacji Dom - Praca w modelu ruchu i badaniu ankietowym.



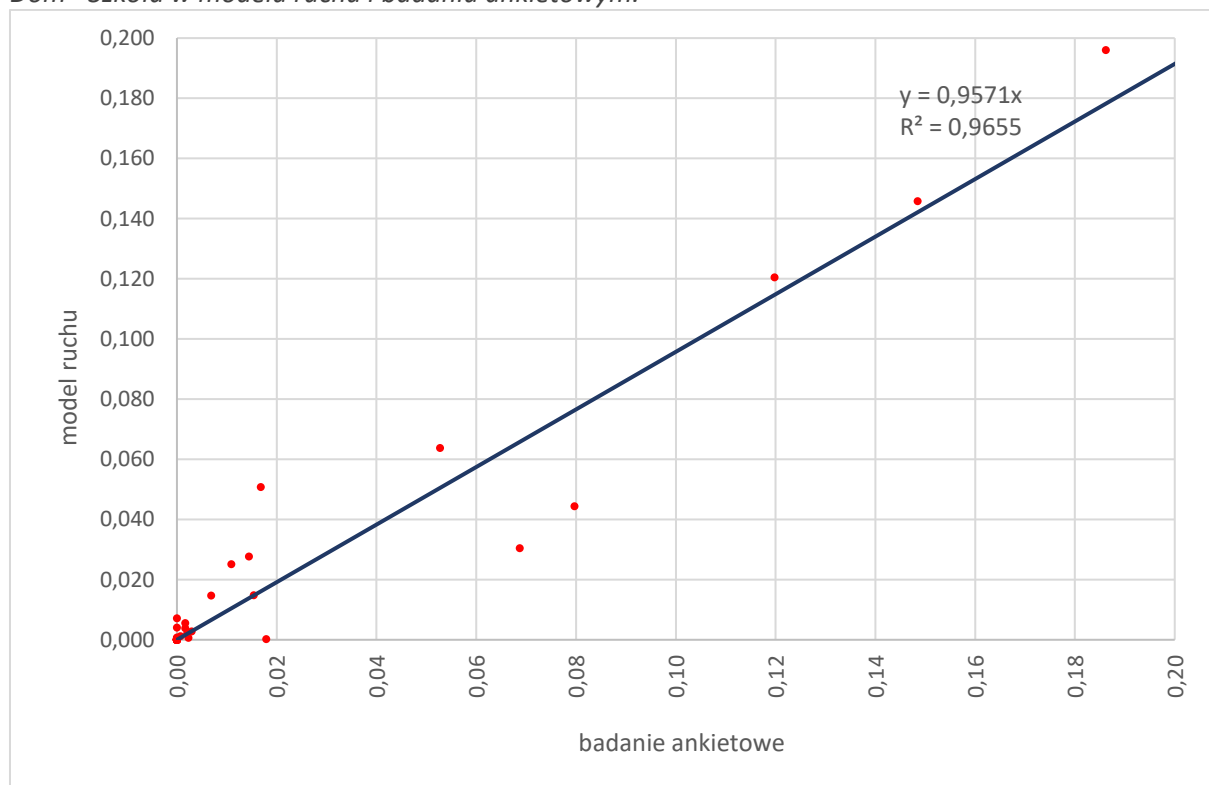
Źródło: Opracowanie własne

Rysunek 18. Rozkład długości podróży mieszkańców województwa śląskiego w motywacji Dom - Szkoła.



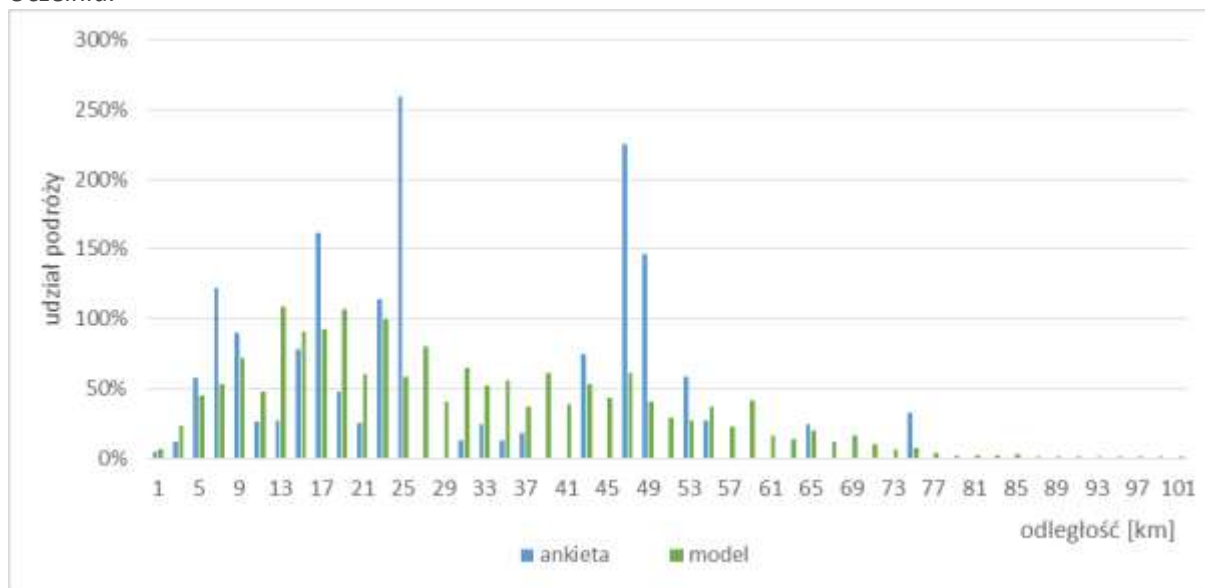
Źródło: Opracowanie własne

Rysunek 19. Korelacja rozkładu długości podróży mieszkańców województwa śląskiego w motywacji Dom - Szkoła w modelu ruchu i badaniu ankietowym.



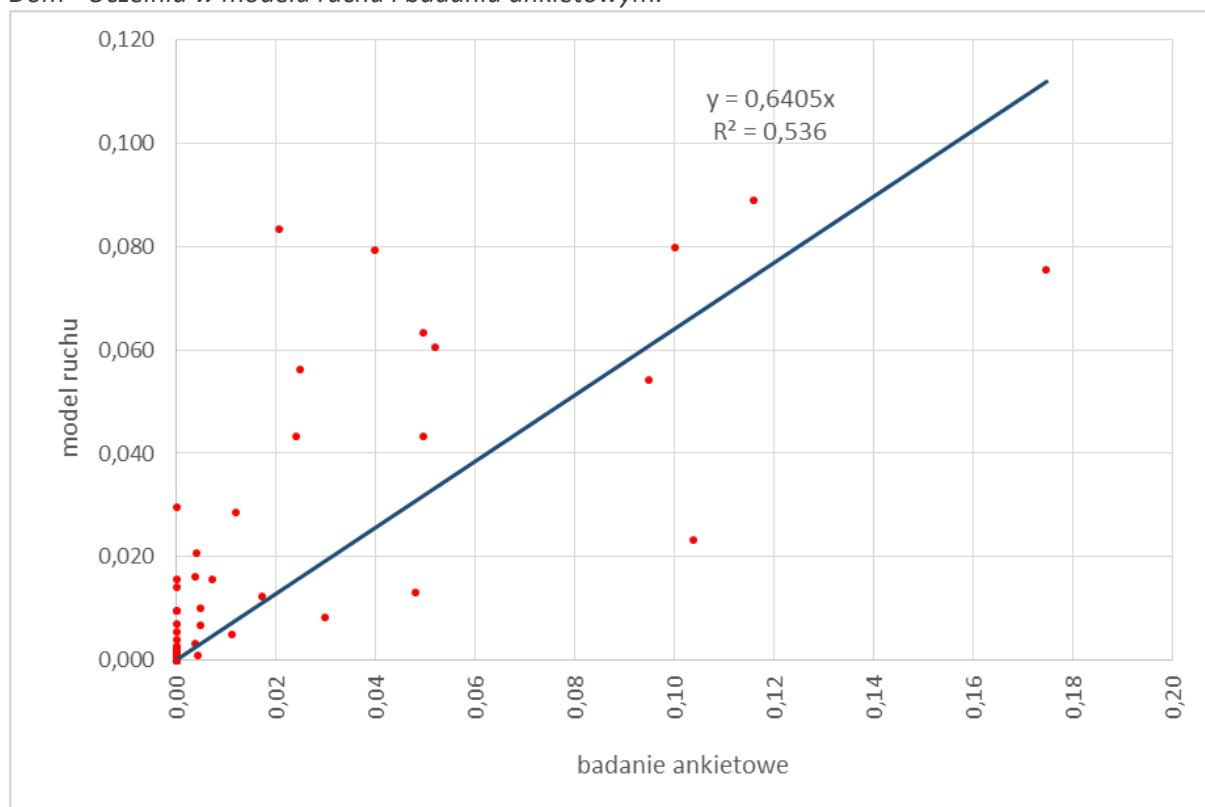
Źródło: Opracowanie własne

Rysunek 20. Rozkład długości podróży mieszkańców województwa śląskiego w motywacji Dom - Uczelnia.



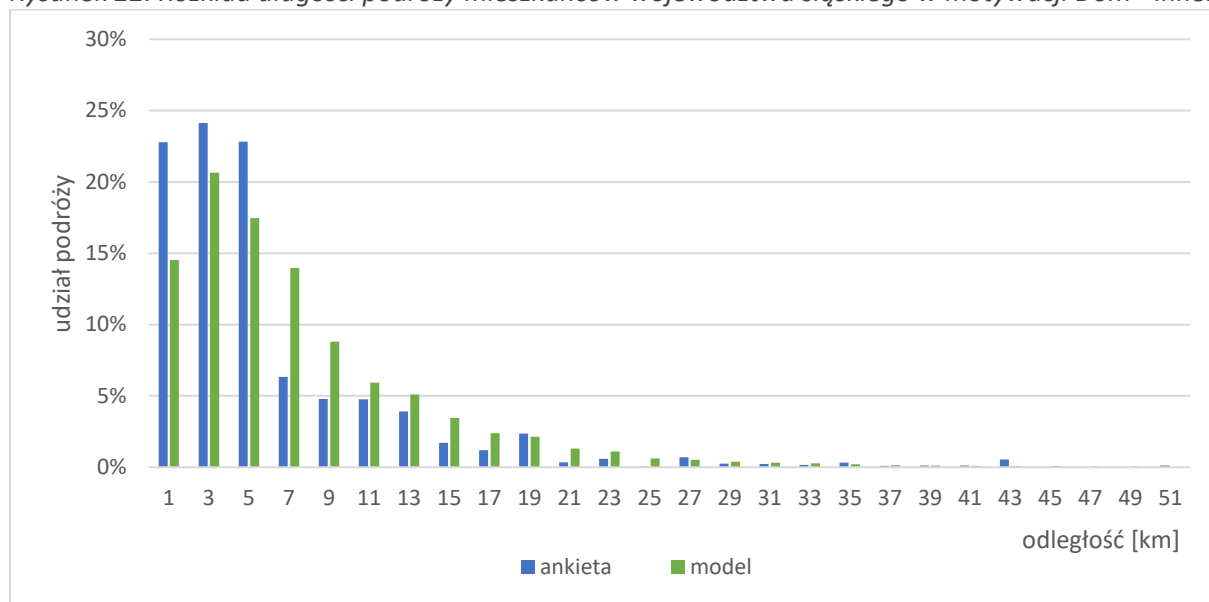
Źródło: Opracowanie własne

Rysunek 21. Korelacja rozkładu długości podróży mieszkańców województwa śląskiego w motywacji Dom - Uczelnia w modelu ruchu i badaniu ankietowym.



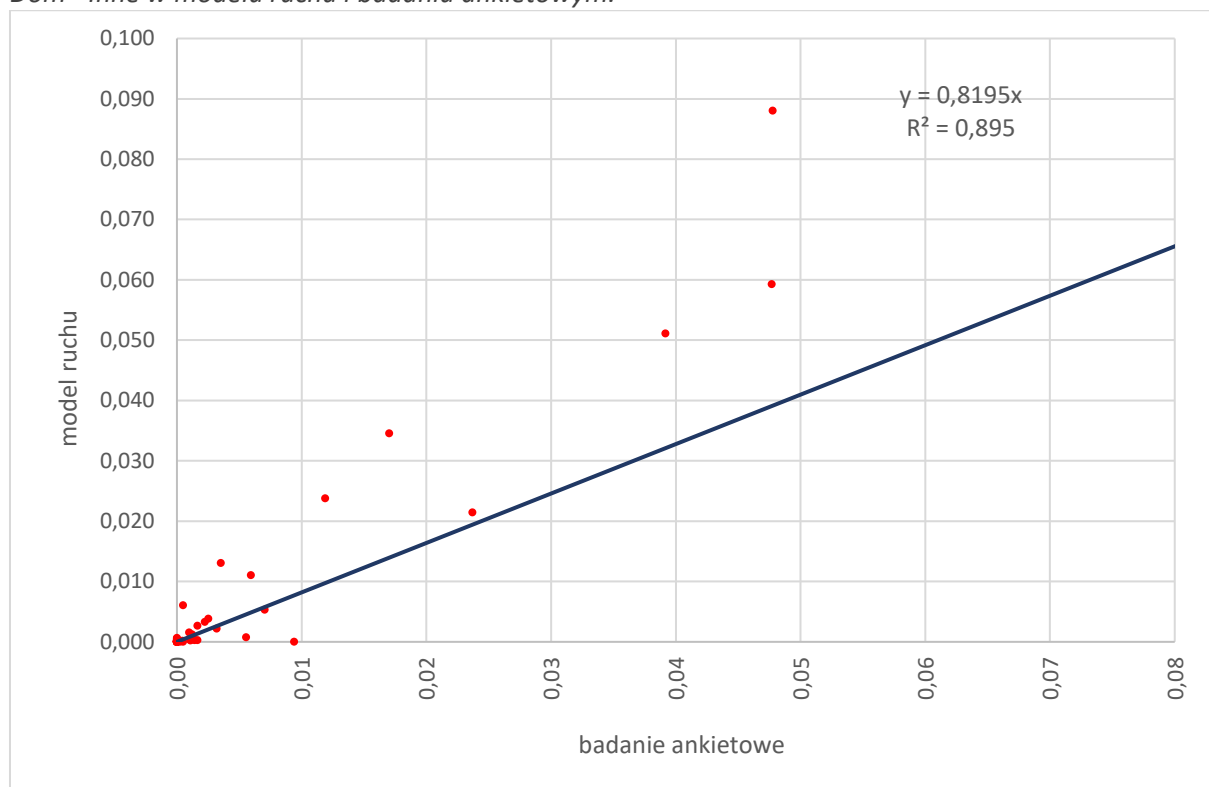
Źródło: Opracowanie własne

Rysunek 22. Rozkład długości podróży mieszkańców województwa śląskiego w motywacji Dom - Inne.



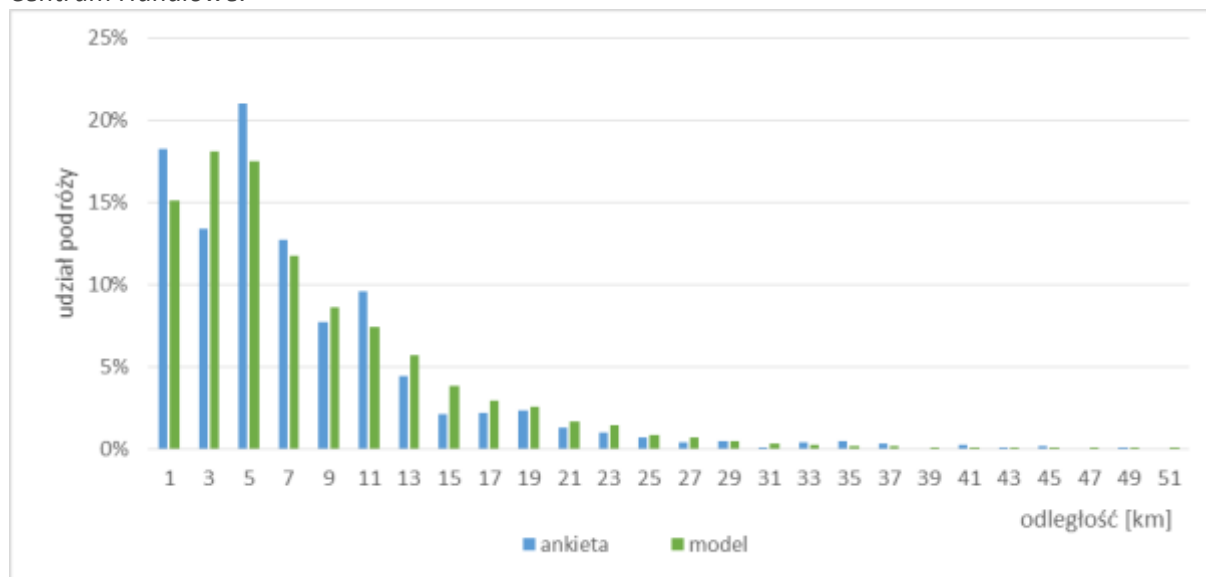
Źródło: Opracowanie własne

Rysunek 23. Korelacja rozkładu długości podróży mieszkańców województwa śląskiego w motywacji Dom - Inne w modelu ruchu i badaniu ankietowym.



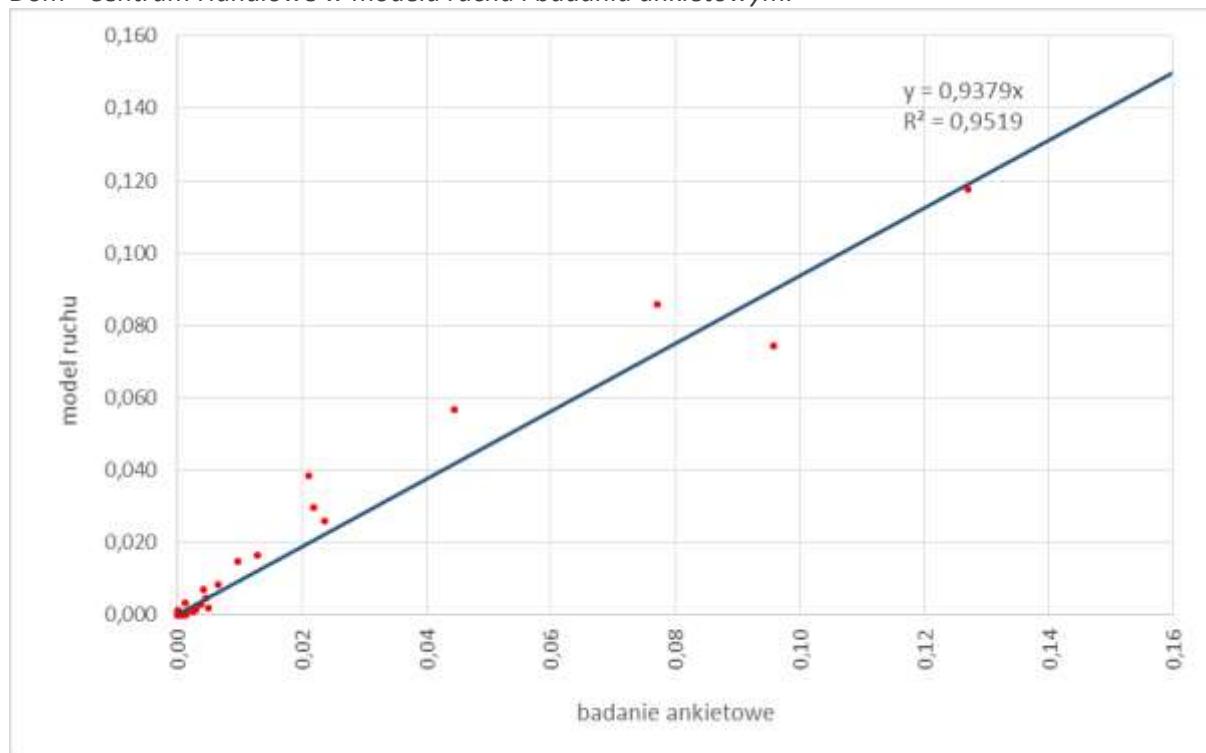
Źródło: Opracowanie własne

Rysunek 24. Rozkład długości podróży mieszkańców województwa śląskiego w motywacji Dom – Centrum Handlowe.



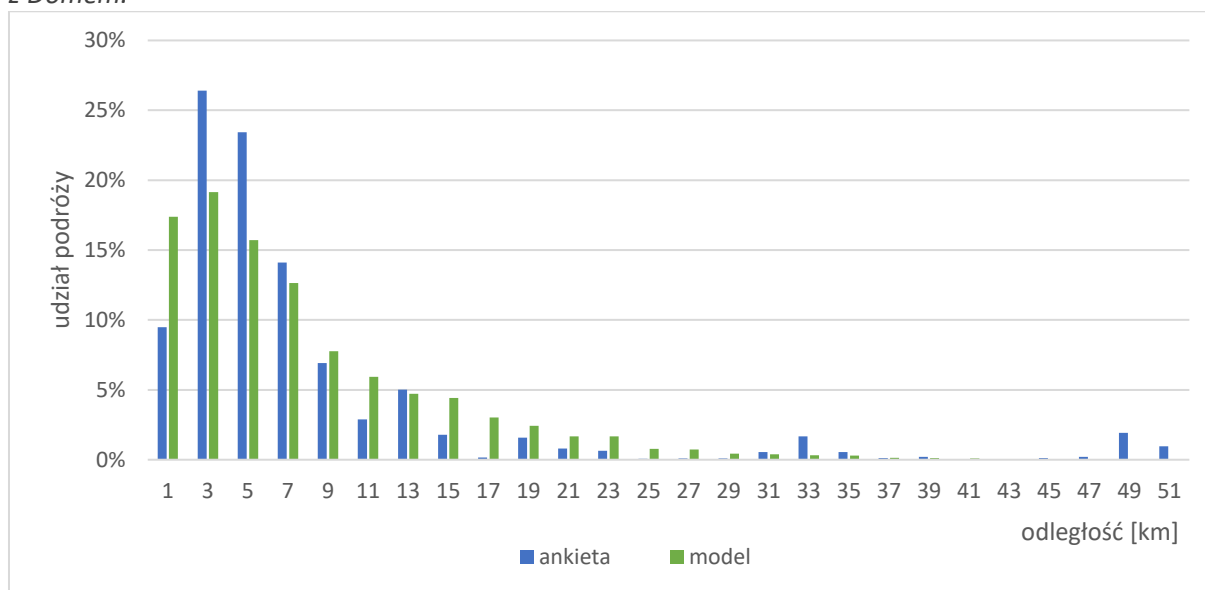
Źródło: Opracowanie własne

Rysunek 25. Korelacja rozkładu długości podróży mieszkańców województwa śląskiego w motywacji Dom - Centrum Handlowe w modelu ruchu i badaniu ankietowym.



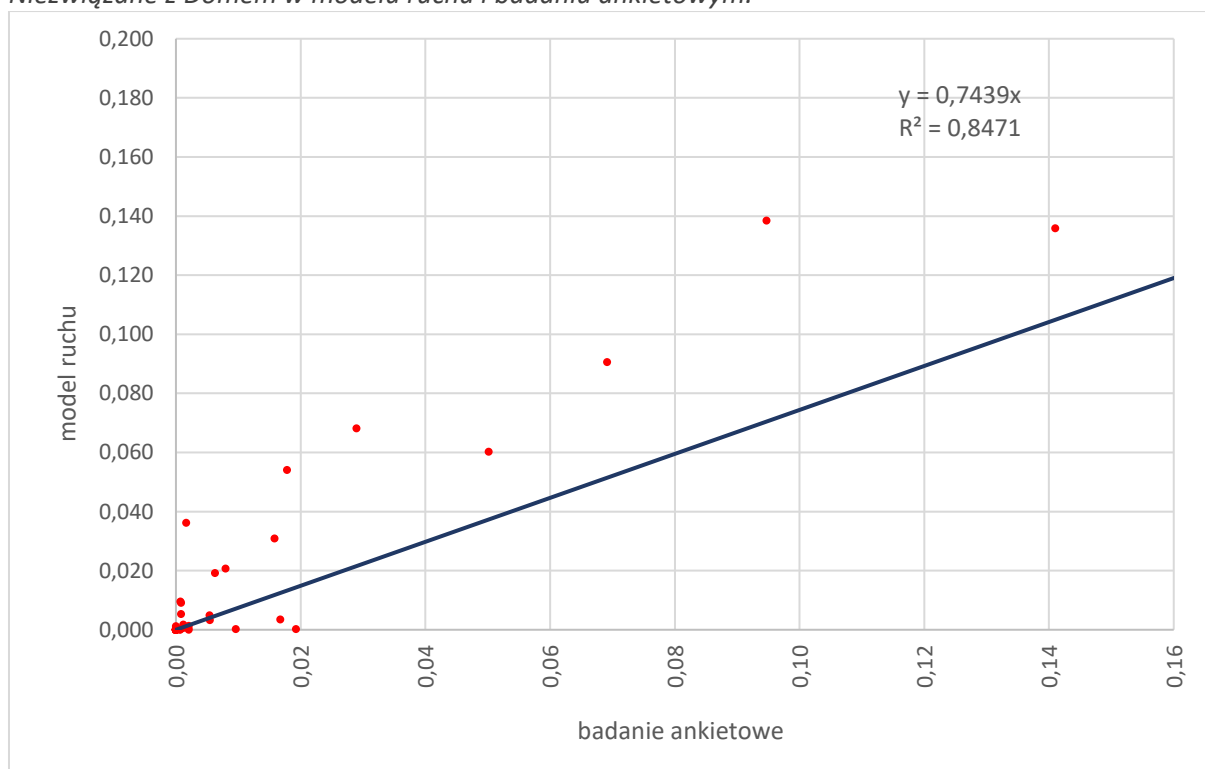
Źródło: Opracowanie własne

Rysunek 26. Rozkład długości podróży mieszkańców województwa śląskiego w motywacji Niezwiązane z Domem.



Źródło: Opracowanie własne

Rysunek 27. Korelacja rozkładu długości podróży mieszkańców województwa śląskiego w motywacji Niezwiązane z Domem w modelu ruchu i badaniu ankietowym.



Źródło: Opracowanie własne

Porównanie uzyskanych z modelu gravitacyjnego średnich długości podróży międzyrejonowych oraz międzygminnych w zagregowanych motywacjach podróży wewnętrznych osób z wynikami badań ankietowych zestawiono w tabelach poniżej.

Tabela 21. Porównanie średnich długości podróży międzyrejonowych mieszkańców województwa śląskiego.

Motywacja	Średnia długość podróży [km]		
	Ankieta	Model	Różnica
Dom - Praca - Dom	9,1	9,0	-1,4%
Dom - Szkoła - Dom	7,0	7,3	4,4%
Dom - Uczelnia - Dom	16,2	17,8	10,0%
Dom - Inne - Dom	7,5	7,6	1,5%
Dom - Centrum Handlowe - Dom	6,1	7,9	28,7%
Niezwiązane z Domem	8,4	8,8	5,1%
Razem	8,5	8,6	1,1%

Źródło: Opracowanie własne

Tabela 22. Porównanie średnich długości podróży międzygminnych mieszkańców województwa śląskiego.

Motywacja	Średnia długość podróży [km]		
	Ankieta	Model	Różnica
Dom - Praca - Dom	13,6	11, 7	-6,7%
Dom - Szkoła - Dom	11,2	10,6	-5,6%
Dom - Uczelnia - Dom	21,1	21,8	3,4%
Dom - Inne - Dom	13,2	10, 1	-23,4%
Dom - Centrum Handlowe - Dom	12,6	11,5	-9,2%
Niezwiązane z Domem	15,3	11,8	-23,0%
Razem	13,6	11,4	-16,2%

Źródło: Opracowanie własne

Struktura przestrzenna podróży uzyskana w modelu w dobry sposób odwzorowuje strukturę przestrzenną uzyskaną z badań ankietowych. Wyjątek może stanowić brak odwzorowania dłuższych podróży, dla których opór przestrzeni jest mniej istotny. Korekta tej grupy podróży została wprowadzona i opisana powyżej.

2.2. Podział zadań przewozowych

Udziały podróży wykonywanych transportem zbiorowym dla podróży wewnętrznych (źródło i cel znajdują się w województwie śląskim) uzyskano z wykorzystaniem logitowego iteracyjnego modelu podziału zadań przewozowych. Podział zadań przewozowych uzyskany w modelu jest zgodny z danymi uzyskanymi w ankiecie. Jedynie w motywacji związanej z uczelnią widoczna jest rozbieżność. Ankiety wykonywane były w specyficznym okresie, w którym na uczelniach występował wpływ pandemii COVID-19, a liczba ankiet dla tej motywacji nie była duża. Udziały podróży wykonywanych transportem zbiorowym w poszczególnych motywacjach przedstawiono w tabeli poniżej.

Tabela 23. Porównanie udziałów podróży transportem zbiorowym w podróżach pieszych mieszkańców województwa śląskiego.

Motywacja	Udział transportu zbiorowego w podróżach pieszych	
	Ankieta	Model
Dom - Praca - Dom	21%	20%
Dom - Szkoła - Dom	77%	69%
Dom - Uczelnia - Dom	35%	48%
Dom - Inne - Dom	24%	21%
Dom - Centrum Handlowe - Dom	18%	17%
Niezwiązane z Domem	19%	18%
Razem	24%	23%

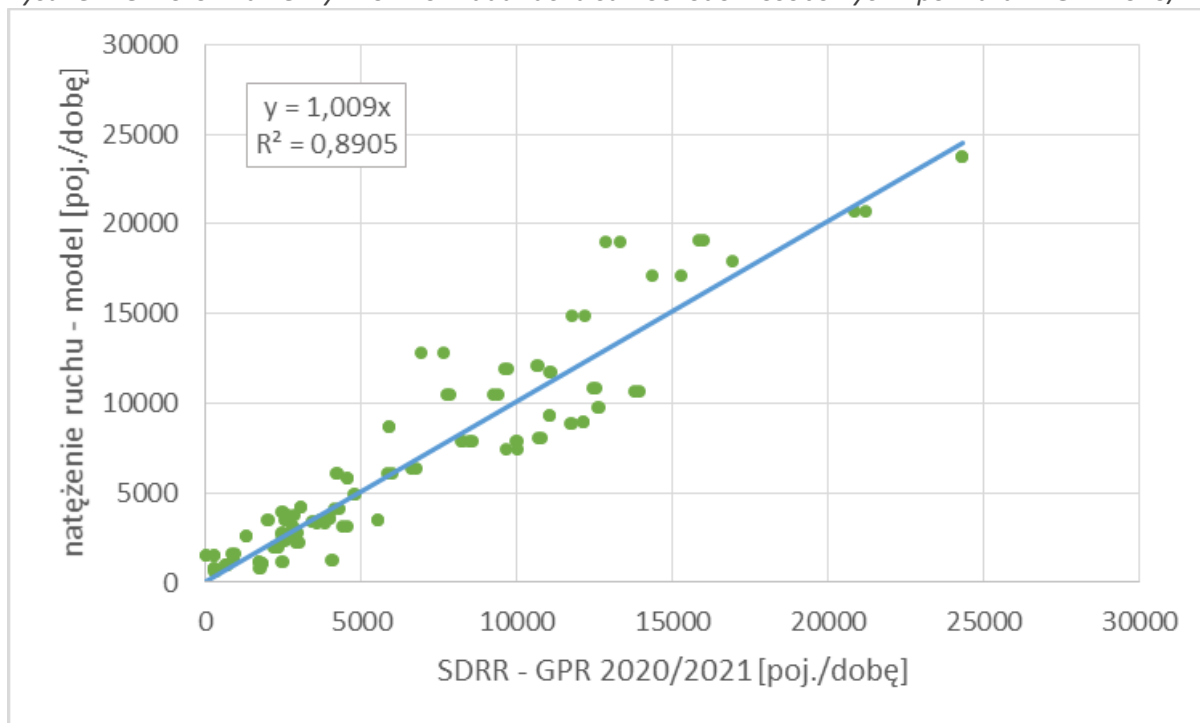
Źródło: Opracowanie własne

2.3. Rozkład ruchu na sieć

Poprawności rozkładu ruchu samochodowego na sieć dokonano za pomocą współczynnika R^2 , którego wartość wskazuje stopień dopasowania modelu do pomiarów ruchu.

Porównanie wyników rozkładu ruchu samochodów osobowych, dostawczych ciężarowych oraz ciężarowych ciężkich z wynikami Generalnego Pomiaru Ruchu 2020/2021 [4] w punktach pomiarowych zlokalizowanych na granicach powiatów przedstawiono poniżej.

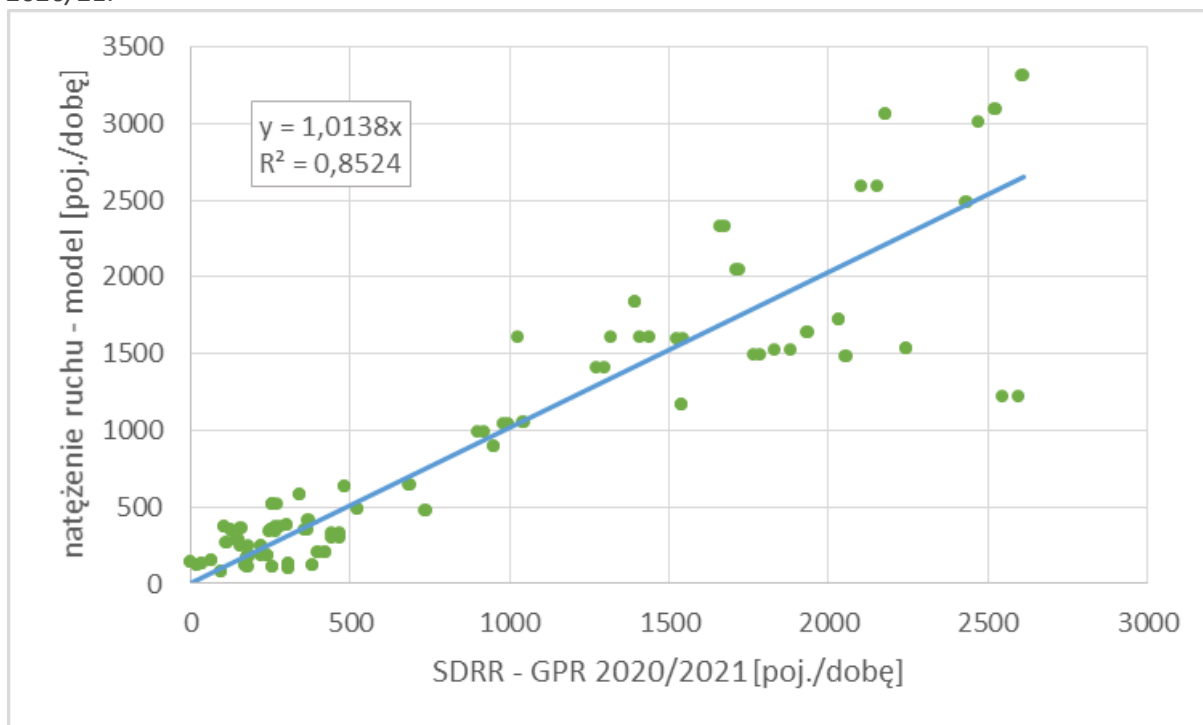
Rysunek 28. Porównanie wyników rozkładu ruchu samochodów osobowych z pomiarami GPR 2020/21.



Źródło: Opracowanie własne



Rysunek 29. Porównanie wyników rozkładu ruchu samochodów dostawczych z pomiarami GPR 2020/21.



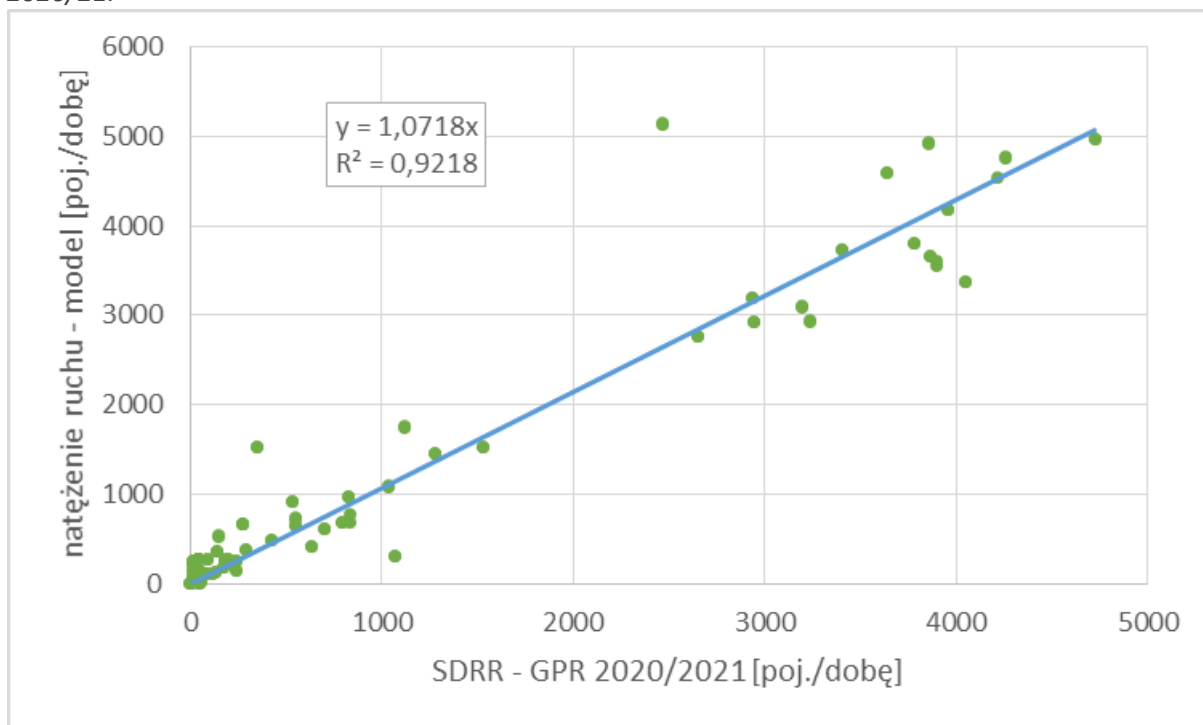
Źródło: Opracowanie własne

Rysunek 30. Porównanie wyników rozkładu ruchu samochodów ciężarowych z pomiarami GPR 2020/21.



Źródło: Opracowanie własne

Rysunek 31. Porównanie wyników rozkładu ruchu samochodów ciężarowych ciężkich z pomiarami GPR 2020/21.

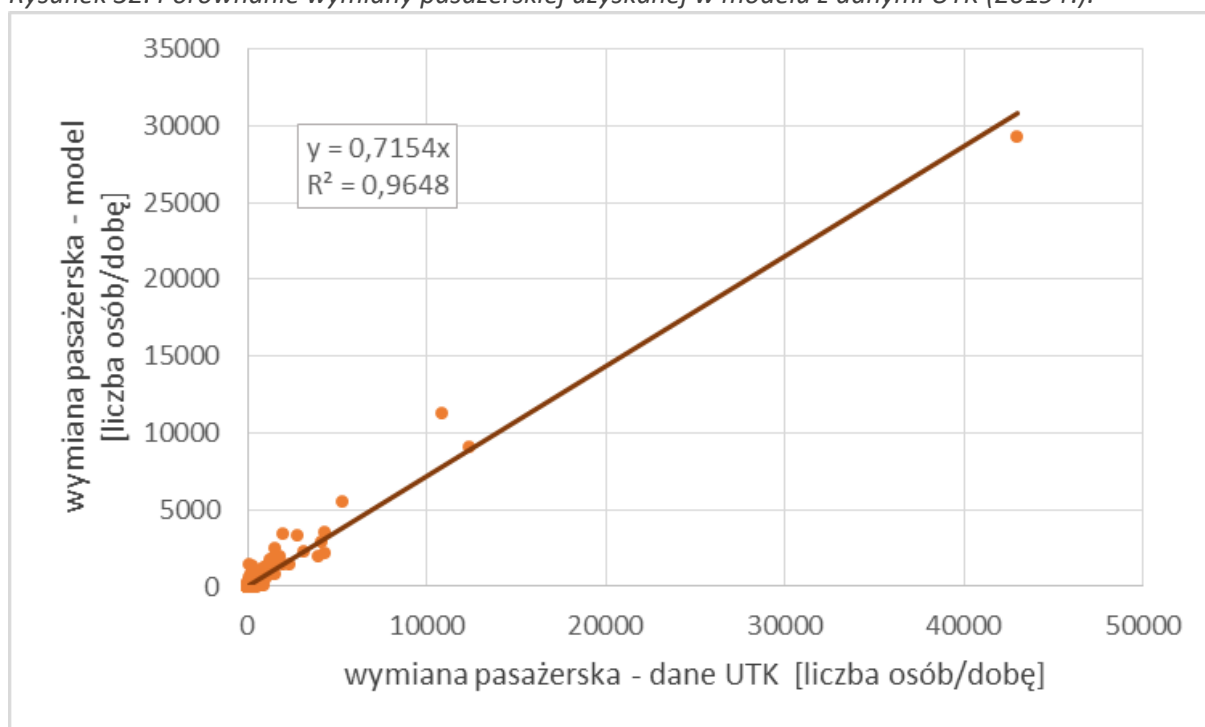


Źródło: Opracowanie własne

Współczynniki korelacji i nachylenie funkcji regresji wskazują na dobre dopasowanie potoków modelowych z potokami pomiarowymi.

Poniżej przedstawiono porównanie wielkości wymiany pasażerskiej na stacjach kolejowych uzyskanej w modelu z danymi Urzędu Transportu Kolejowego za 2019 r. Wielkość współczynnika korelacji R^2 , którego wartość wynosi 0,9648 wskazuje na dobre dopasowanie wielkości uzyskanej w modelu do wielkości prezentowanych przez UTK.

Rysunek 32. Porównanie wymiany pasażerskiej uzyskanej w modelu z danymi UTK (2019 r.).



Źródło: Opracowanie własne

3. Wyniki badań modelowych

3.1. Generacja ruchu

W ruchu wewnętrznym generowanych jest ponad 3,5 mln podróży w dobie, z czego 91,1% związanych jest z domem. Z pracą związanych jest 53,7% podróży, ze szkołą 4,4% podróży, z uczelnią 1,7%, stanowią one grupę podróży obligatoryjnych. Spośród podróży fakultatywnych największa grupa podróży związana jest z motywacją Inne – 27,4% podróży w dobie.

Tabela 24. Liczba podróży międzyrejonowych niepieszych.

Motywacja	Liczba podróży	Udział
Dom - Praca	995 489	28,0%
Praca - Dom	916 420	25,7%
Dom - Szkoła	81 002	2,3%
Szkoła - Dom	75 369	2,1%
Dom - Uczelnia	32 600	0,9%
Uczelnia - Dom	28 616	0,8%
Dom - Inne	459 523	12,9%
Inne - Dom	516 835	14,5%
Dom - Centrum Handlowe	65 296	1,8%
Centrum Handlowe - Dom	72 677	2,0%
Niezwiązane z Domem	232 890	5,6%
Niezwiązane z Domem dalekie	83 433	2,3%
Razem	3 560 150	100,0%

Źródło: Opracowanie własne

3.2. Więźba ruchu

Zdecydowana większość podróży międzyrejonowych odbywa się w ramach subregionów, przy czym największa liczba podróży niepieszych, ponad 2mln w dobie ma miejsce w obszarze Subregionu Centralnego. Najwięcej podróży w relacjach między subregionami odbywa się pomiędzy subregionami Centralnym i Zachodnim, w drugiej kolejności pomiędzy subregionami Centralnym i Północnym. Podróże wykonywane w relacjach pomiędzy subregionami, ale niezwiązane z Subregionem Centralnym stanowią nieco ponad 13% podróży międzyregionalnych.



Tabela 25. Dobowa liczba podróży pieszych wykonywanych pomiędzy subregionami.

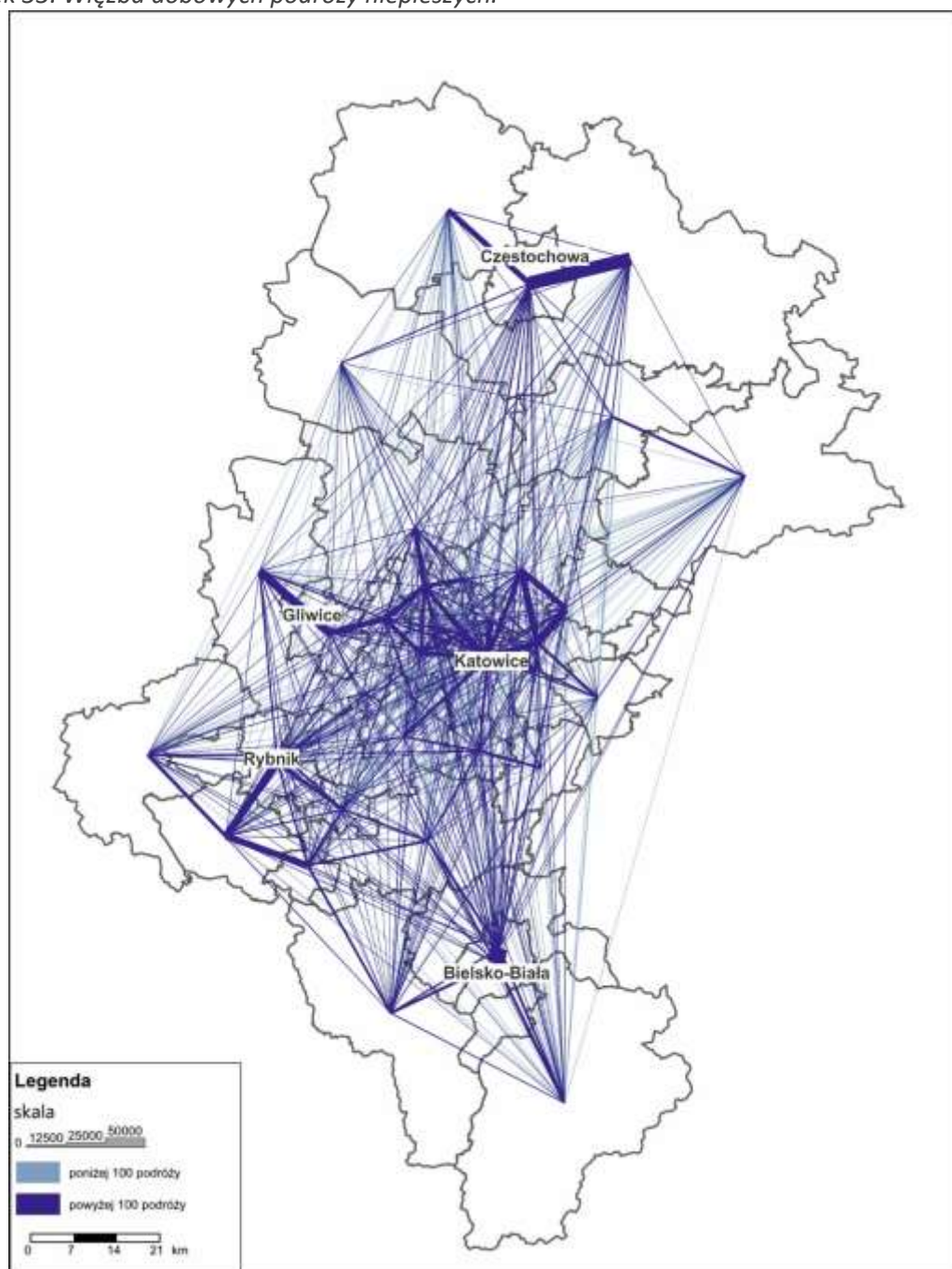
			cel podróży			
			Subregion Północny	Subregion Centralny	Subregion Zachodni	Subregion Południowy
suma:			412 393	2 183 087	471 478	493 192
źródło podróży	Subregion Północny	412 951	373 714	34 970	1 656	2 611
	Subregion Centralny	2 180 755	34 411	2 055 059	58 073	33 212
	Subregion Zachodni	473 446	1 657	59 894	397 120	14 775
	Subregion Południowy	492 999	2 612	33 164	14 629	442 594

Źródło: Opracowanie własne

Na rysunku 33 przedstawiono więźbę dobowych podróży pieszych, gdzie wyraźnie widoczna jest koncentracja ruchu pomiędzy powiatami Subregionu Centralnego. Poza Subregionem Centralnym największą liczbę podróży obserwuje się w relacjach pomiędzy miastami na prawach powiatu a ich otoczeniem, w szczególności pomiędzy Częstochową a powiatem częstochowskim, miastem Bielsko-Białą oraz powiatem bielskim, natomiast w Subregionie Zachodnim pomiędzy powiatem wodzisławskim i miastem Rybnik oraz miastem Jastrzębie-Zdrój.

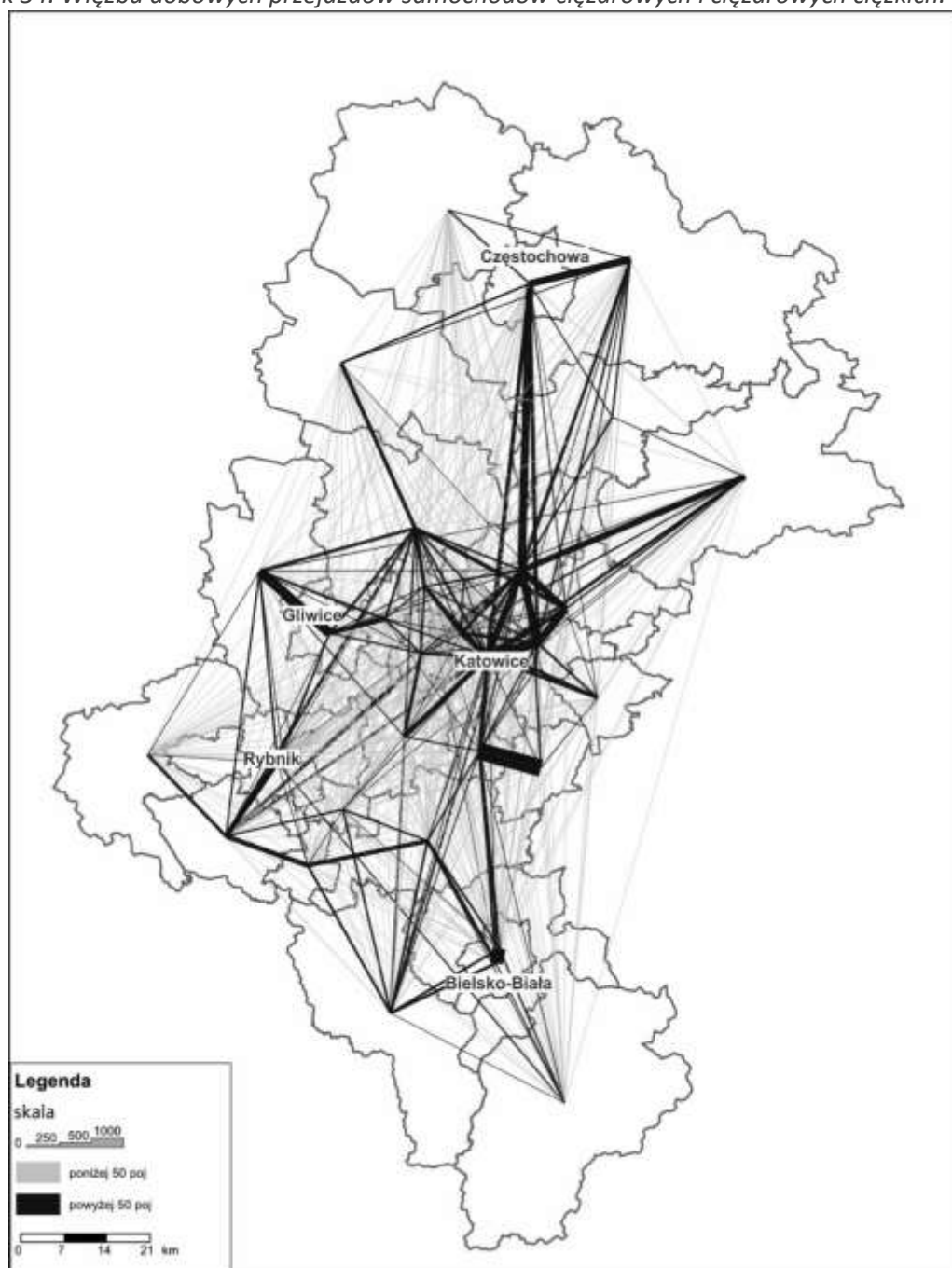
Rysunek 34 prezentuje więźbę dobowych przejazdów samochodów ciężarowych i ciężarowych ciężkich. W tym przypadku także widoczna jest koncentracja ruchu pomiędzy powiatami Subregionu Centralnego, w tym w szczególności pomiędzy powiatem bieruńsko-lędzińskim a miastem Tychy, który jest największy wśród relacji pomiędzy powiatami województwa śląskiego. Porównując więźbę przejazdów samochodów ciężarowych z więźbą podróży pieszych można stwierdzić, że ruch pojazdów ciężarowych charakteryzuje się większą entropią.

Rysunek 33. Więźba dobowych podróży pieszych.



Źródło: Opracowanie własne

Rysunek 34. Więzba dobowych przejazdów samochodów ciężarowych i ciężarowych ciężkich.



Źródło: Opracowanie własne

3.3. Podział zadań przewozowych

Udział transportu zbiorowego w podróżach niepieszych mieszkańców województwa śląskiego wynosi 23%. Największy udział transportu zbiorowego dotyczy podróży związanych ze szkołą (69%) oraz z uczelnią (48%). Najniższy udział transportu zbiorowego dotyczy podróży związanych z centrum handlowym (17%) oraz z pracą (20%). Grupa uczniów jest najmniej zmotoryzowana, a centra handlowe nastawione są na klienta zmotoryzowanego.

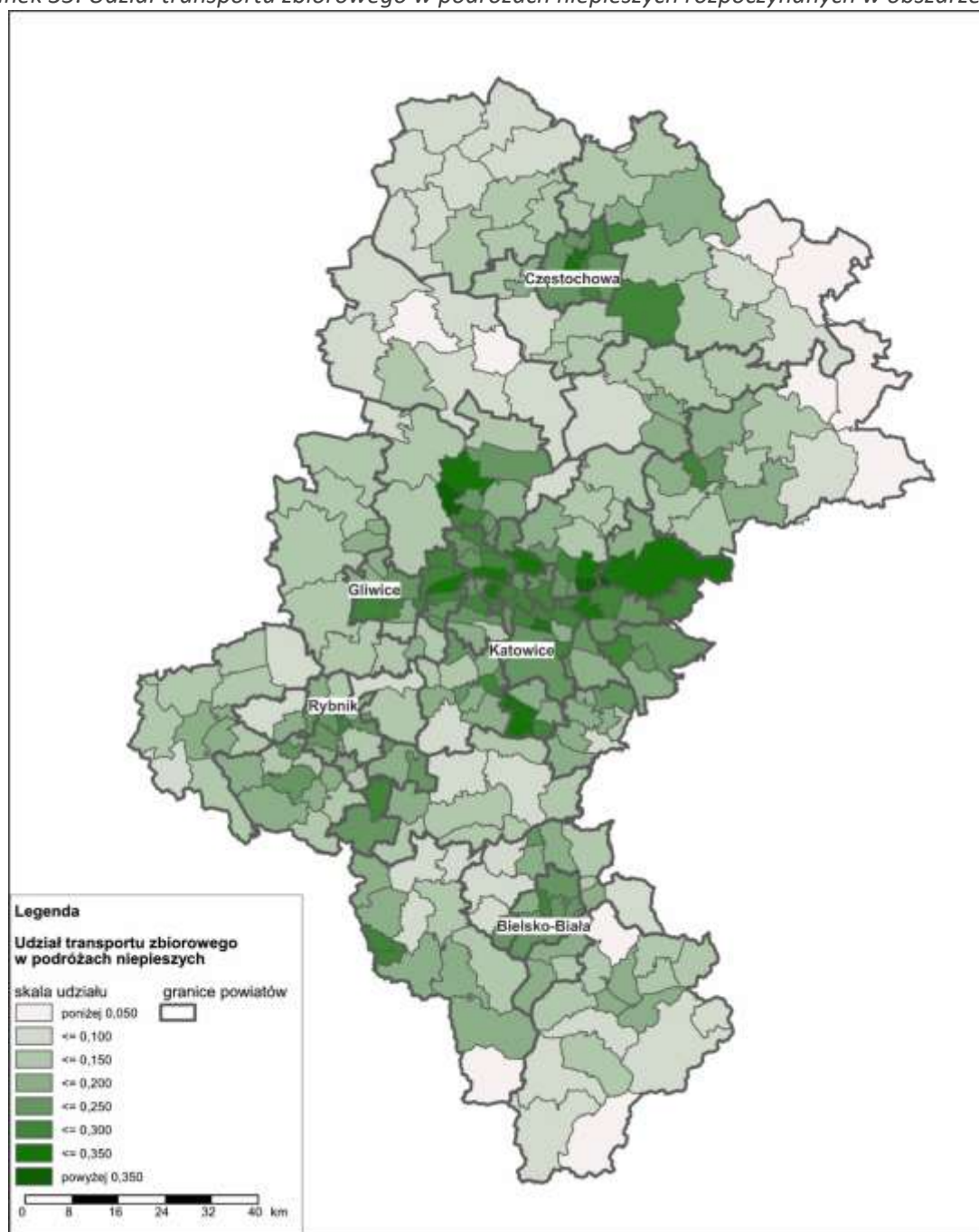
Tabela 26. Udział podróży transportem zbiorowym w podróżach niepieszych mieszkańców województwa śląskiego w motywacjach.

Motywacja	Udział
Dom - Praca - Dom	20%
Dom - Szkoła - Dom	69%
Dom - Uczelnia - Dom	48%
Dom - Inne - Dom	21%
Dom - Centrum Handlowe - Dom	17%
Niezwiązane z Domem	18%
Razem	23%

Źródło: Opracowanie własne

Największy udział transportu zbiorowego obserwowany jest w centralnym obszarze województwa śląskiego oraz w aglomeracjach i ich otoczeniu. Poza tymi obszarami wysoki udział transportu zbiorowego występuje w Cieszynie oraz w Zawierciu. Jest to związane z funkcjonowaniem komunikacji gminnej.

Rysunek 35. Udział transportu zbiorowego w podróżach pieszych rozpoczynanych w obszarze.



Źródło: Opracowanie własne

3.4. Parametry funkcjonalne transportu zbiorowego

Średni czas podróży międzygminnych transportem zbiorowym wynosi ponad 56 minut, z czego blisko 20 minut to czas jazdy w pojeździe. Podróże bezpośrednie stanowią ponad 44% podróży, niewielki jest udział z więcej niż dwoma przesiadkami. Prędkość podróży w transporcie zbiorowym jest dużo niższa niż w transporcie indywidualnym (por. tabela 29), choć prędkość przejazdu jest porównywalna. Po uwzględnieniu podróży wewnątrzgminnych odbywanych pomiędzy rejonami komunikacyjnymi średni czas podróży transportem zbiorowym po województwie śląskim maleje do blisko 42 minut.

Tabela 27. Parametry ogólne transportu zbiorowego w dobie dla podróży międzygminnych.

Średni czas podróży	56min 9s
Średni czas jazdy w pojeździe	19min 51s
Średni czas oczekiwania na przesiadkę	10min 15s
Średni czas przejścia w przesiadce	8min 18s
Średnia długość podróży	17,164km
Średnia prędkość podróży	18km/h
Średnia prędkość jazdy	41km/h
Łączna praca czasowa podróży [pash]	418 186h 2min 14s
Łączna praca transportowa podróży [paskm]	7 669 638,567km
Średnia liczba przesiadek	0,726
Liczba przesiadek	324 290
Przejazdy	770 014
Podróże ogółem	446 842
Podróże bez przesiadki	199 369
Podróże z 1 przesiadką	177 205
Podróże z 2 przesiadkami	61 108
Podróże z >2 przesiadkami	8 042

Źródło: Opracowanie własne

Liczba pasażerów w transporcie zbiorowym wynosi blisko 1,1 mln. Największy udział w liczbie pasażerów ma komunikacja PUT AUX – 43,5%. Z autobusów korzysta blisko 37% pasażerów, z czego 8,5% korzysta z autobusów przewoźników komercyjnych. Liczba pasażerów w tramwajach wynosi 8,1% ogólnej ich liczby, przy czym linie tramwajowe zamodelowano na obszarze funkcjonowania ZTM. Z przewozów koleją korzysta 11,7% pasażerów. Zastanawiające jest niskie średnie napętnienie tramwajów wynoszące około 15 pasażerów. Może to być przyczyną nieuwzględnienia w modelu podróży wewnątrzrejonowych, z których część z pewnością wykonywana jest również komunikacją tramwajową. Największym napętnieniem charakteryzuje się kolej segmentu premium – 152 pasażerów/pociąg.



Tabela 28. Wybrane parametry dla podsystemów transportu zbiorowego w dobie.

Podsystem transportu zbiorowego	Praca eksploatacyjna/ transportowa		Praca przewozowa		Liczba pasażerów
	[pockm] [pojkm]	[poch] [pojh]	[paskm]	[pash]	
Tramwaj	32 279	1 160	442 249	15 871	86 896
Autobus	304 863	9 512	3 328 057	97 108	333 085
Transport zbiorowy wewnątrzgminny PUT AUX	-	-	-	-	505 269
Autobus – przewozy komercyjne	49 508	1 020	1 785 482	34 690	99 669
Autobus – przewozy komercyjne poza województwo	18 801	379	1 076 795	20 691	42 943
Koleje Śląskie	22 022	485	527 111	10 858	30 220
Koleje PolRegio	5 903	111	334 229	5 931	14 995
Kolej Pasażerska Segment Premium	4 803	58	724 127	8 013	12 464
Kolej Pasażerska Międzyregionalna	16 128	231	1 668 125	22 541	34 884
Razem	454 306	12 956	9 886 176	215 703	1 160 425

Źródło: Opracowanie własne

3.5. Parametry funkcjonalne transportu indywidualnego

Praca transportowa w pojkm w przejazdach wewnętrznych stanowi około ¼ całkowitej pracy transportowej w województwie, natomiast w pojh to około 80% całości pracy transportowej. Większy udział pracy transportowej w pojh jest wynikiem mniejszej średniej prędkości ruchu w przypadku ruchu wewnętrznego w stosunku do ruchu docelowo-źródłowego oraz tranzytowego. Wysoka średnia prędkość w ruchu tranzytowym wiąże się z wykorzystywaniem przez ten ruch głównie autostrad. Wysokie średnie prędkości są też efektem uwzględnienia w zestawieniach danych dla ruchu dobowego. Na parametry ruchu dla obszaru województwa najbardziej wpływa ruch wewnętrzny.

Tabela 29. Wybrane parametry funkcjonalne transportu indywidualnego w dobie.

Rodzaj ruchu	Praca transportowa		Średnia prędkość	Średnia długość jazdy	Średni czas jazdy
	[pojkm]	[pojh]	[km/h]	[km]	[min]
wewnętrzny	30 564 131	686 196	44,54	11,10	15
docelowo-źródłowy	8 679 991	155 582	55,79	34,44	37
tranzytowy	1 828 017	24 918	73,36	69,27	57
Razem	41 072 138	866 696	47,39	13,54	17

Źródło: Opracowanie własne

3.6. Parametry funkcjonalne transportu towarowego

Analizując parametry dystansowej pracy transportowej w poj.km samochody dostawcze stanowią 37% ruchu towarowego w województwie, ciężarowe 11%, a najwięcej ciężarowe ciężkie (tiry) 52%. Jednak w stosunku do poszczególnych rodzajów ruchu podział ten mocno się różni. W przypadku ruchu wewnętrznego samochody dostawcze stanowią 37% ruchu, natomiast udział ciężarowych rośnie do 16%, a ciężarowych ciężkich maleje do 47%. W ruchu docelowo-źródłowym udział samochodów dostawczych jeszcze wzrasta do 41%, spada udział ciężarowych do 8%, natomiast ciężarowych ciężkich rośnie do 51%. W przypadku ruchu tranzytowego mocno spada udział ruchu samochodów dostawczych do 23%, spada również udział pojazdów ciężarowych do 7%, natomiast mocno rośnie udział ruchu pojazdów ciężarowych ciężkich do 70%. Zróżnicowanie takie jest logiczne, zaskakujący może być wysoki udział pojazdów dostawczych w ruchu docelowo-źródłowym. Wielkość dystansowej pracy transportowej samochodów dostawczych jest prawie taka sama w przypadku ruchu wewnętrznego jak i docelowo-źródłowego, wyraźnie spada dopiero w przypadku ruchu tranzytowego.

Największymi średnimi prędkościami pomimo ograniczeń dotyczących tej grupy pojazdów charakteryzują się samochody ciężarowe ciężkie. Jest to wynikiem koncentracji ruchu tych pojazdów na autostradach i drogach szybkiego ruchu. Z tej samej przyczyny w ruchu wewnętrznym prędkość samochodów towarowych jest niższa niż w ruchu tranzytowym.

Tabela 30. Wybrane parametry funkcjonalne transportu towarowego w dobie.

Typ pojazdu	Rodzaj ruchu	Praca transportowa		Średnia prędkość [km/h]	Średnia długość jazdy [km]	Średni czas jazdy [min]
		[pojkm]	[pojh]			
Samochody dostawcze	wewnętrzny	1 566 265	37 643	41,61	31,16	45
	docelowo-źródłowy	1 542 674	30 012	51,40	46,83	55
	tranzytowy	308 191	4 563	67,55	91,13	81
	razem	3 417 130	72 217	47,32	39,46	50
Samochody ciężarowe	wewnętrzny	667 504	18 724	35,65	16,40	28
	docelowo-źródłowy	310 347	6 913	44,89	40,99	55
	tranzytowy	91 273	1 615	56,51	84,36	90
	razem	1 069 125	27 253	39,23	21,66	33
Samochody ciężarowe ciężkie	wewnętrzny	1 944 383	47 284	41,12	31,99	47
	docelowo-źródłowy	1 954 337	39 407	49,59	50,08	61
	tranzytowy	952 379	15 447	61,65	102,90	100
	razem	4 851 099	102 138	47,50	44,48	56
Razem	wewnętrzny	4 178 153	103 651	40,31	27,53	41
	docelowo-źródłowy	3 807 358	76 333	49,88	47,87	58
	tranzytowy	1 351 843	21 625	62,51	98,54	95
	Razem	9 337 354	201 609	46,31	38,11	49

Źródło: Opracowanie własne



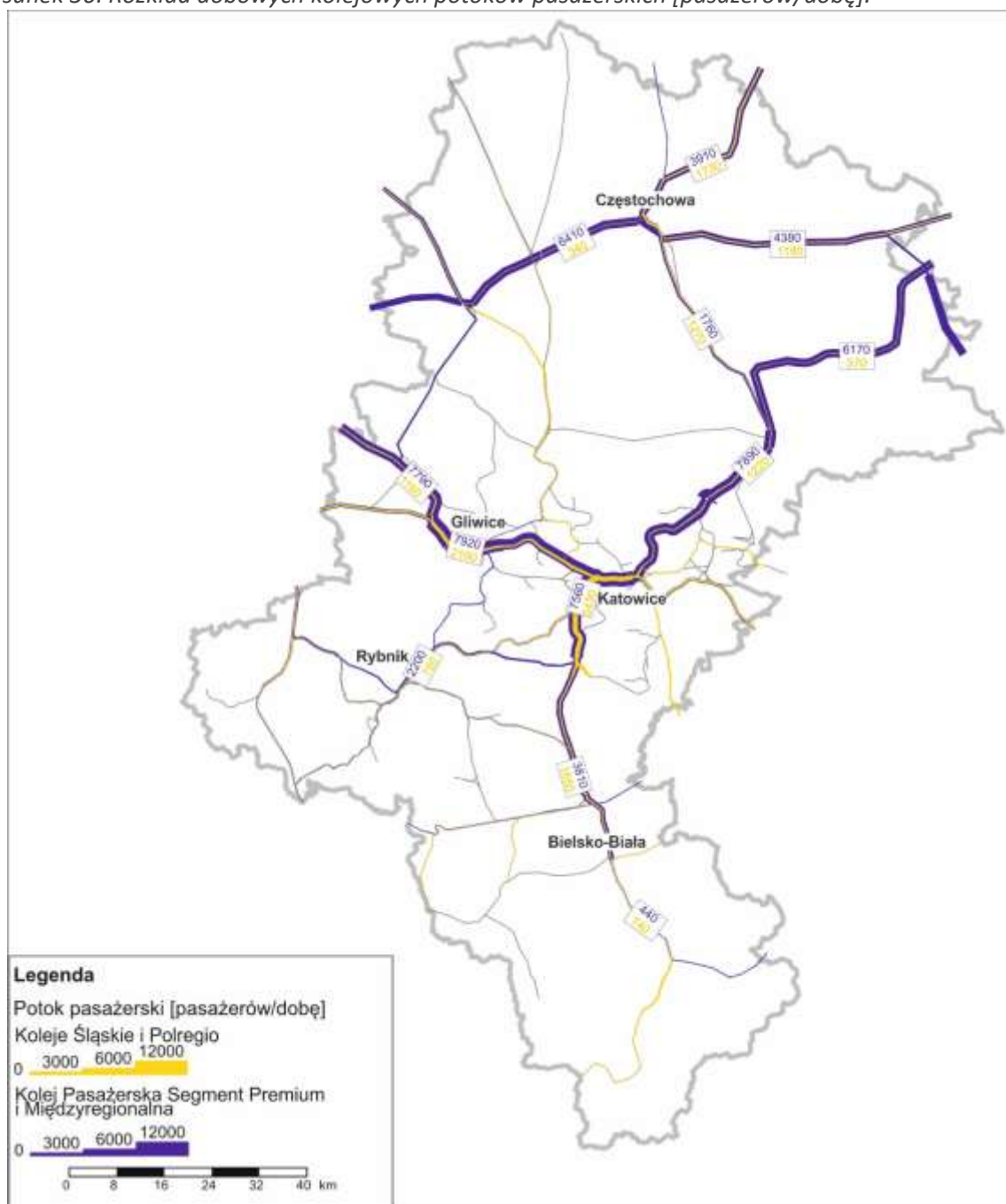
3.7. Potoki pasażerskie

W niniejszym raporcie trudno jest przedstawić szczegółowe rysunki z potokami pasażerskimi, dlatego ograniczono się do rysunków poglądowych, szczegółowe rysunki z potokami przedstawiając na planszach w załączniku 1.

Największe pasażerskie potoki kolejowe związane są z Metropolią Górnośląską, a w szczególności ze stacją Katowice.

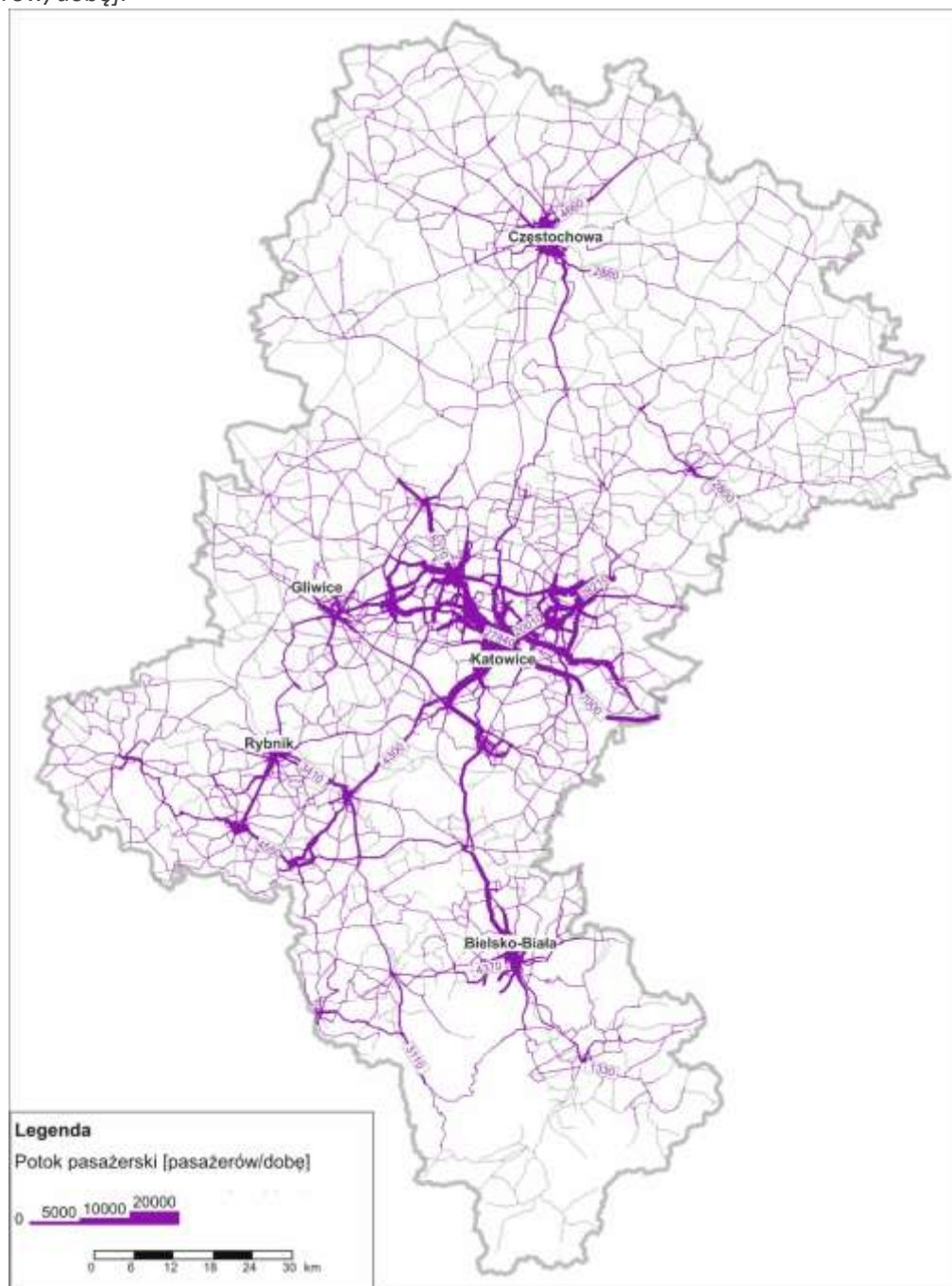
Największe potoki pasażerskie obserwuje się w centralnej części województwa oraz w aglomeracjach i ich otoczeniu.

Rysunek 36. Rozkład dobowych kolejowych potoków pasażerskich [pasażerów/dobę].



Źródło: Opracowanie własne

Rysunek 37. Rozkład dobowych potoków pasażerskich - pozostałe systemy transportu [pasażerów/dobę].



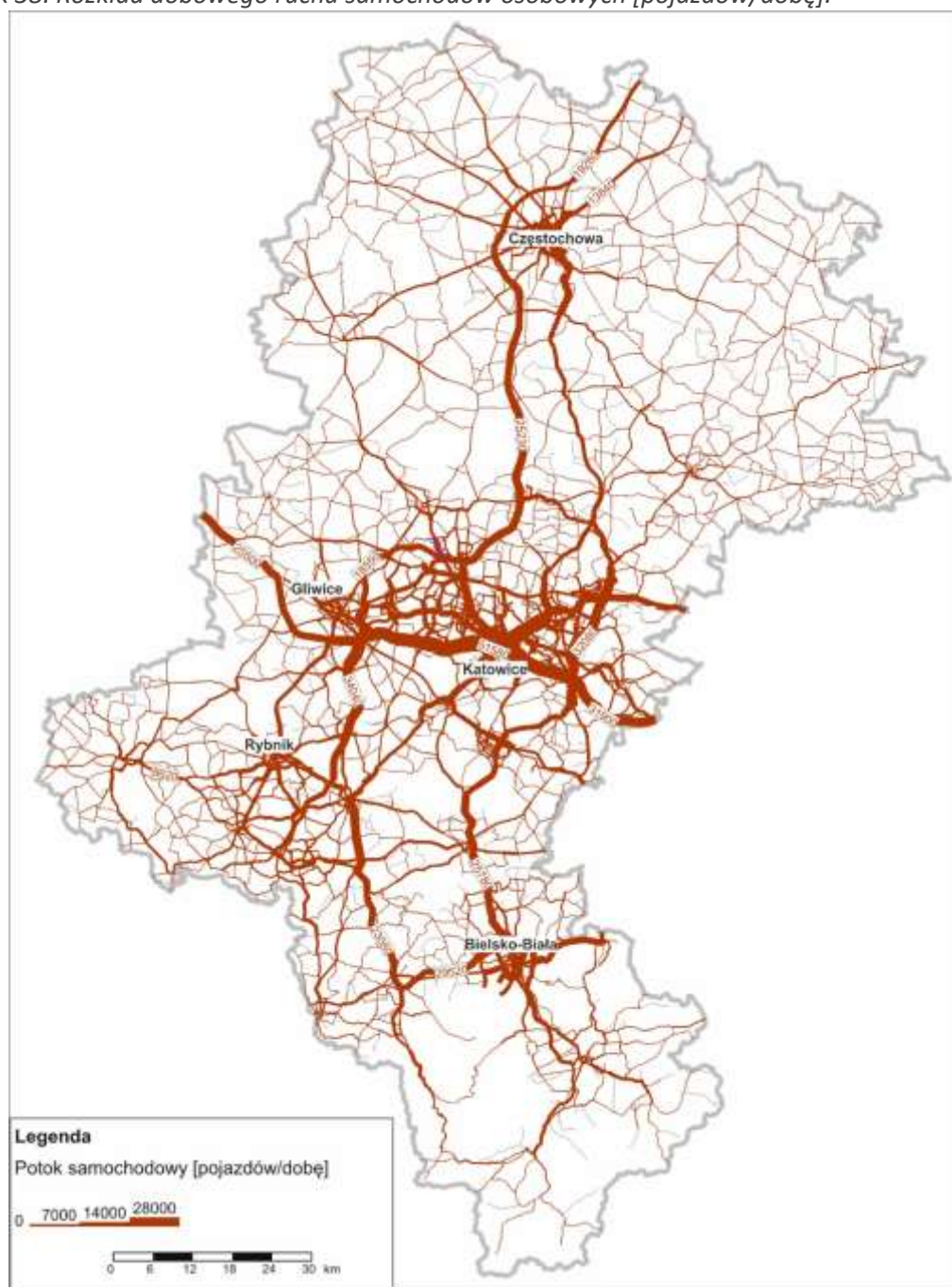
Źródło: Opracowanie własne

3.8. Potoki samochodowe

W niniejszym raporcie trudno jest przedstawić szczegółowe rysunki z potokami samochodowymi, dlatego ograniczono się do rysunków poglądowych, szczegółowe rysunki z potokami przedstawiając na planszach w załączniku 2.

Największe potoki samochodowe występują na autostradzie A4, w szczególności na odcinku przebiegającym przez obszar Metropolii Górnośląskiej, gdzie na wysokości Katowic obserwuje się ponad 70 tys. pojazdów w dobie, z czego około 75% stanowią samochody osobowe oraz na drodze krajowej nr 86 na odcinku Sosnowiec – Katowice. Na drodze krajowej nr 79 w obszarze Katowic obserwuje się potok samochodowy rzędu nawet około 85 tys. pojazdów (przy dojeździe do drogi krajowej nr 86).

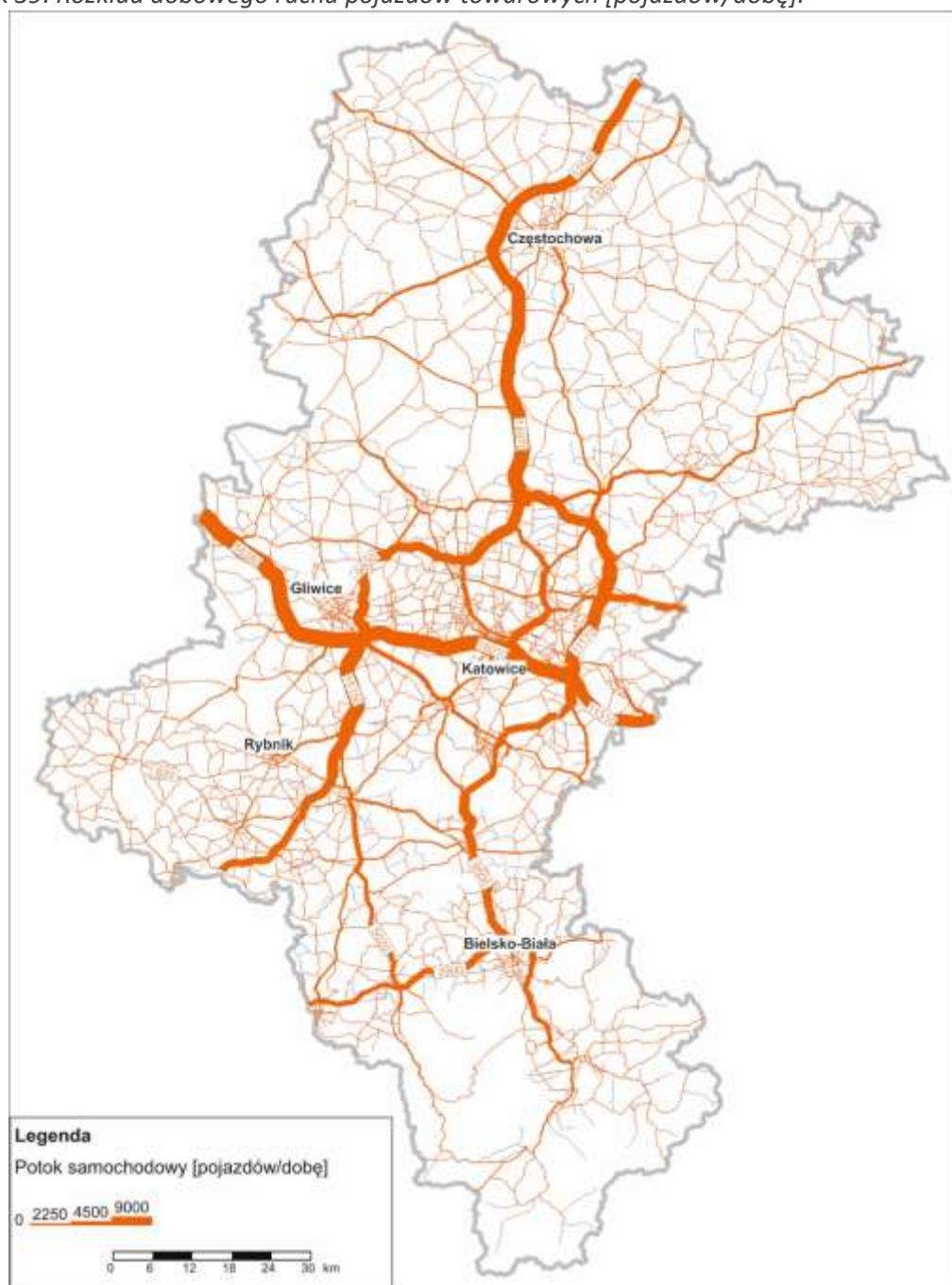
Rysunek 38. Rozkład dobowego ruchu samochodów osobowych [pojazdów/dobę].



Źródło: Opracowanie własne

Jeśli chodzi o samochody towarowe największymi potokami charakteryzują się autostrady A4 i A1 oraz S1 w centralnym obszarze województwa śląskiego.

Rysunek 39. Rozkład dobowego ruchu pojazdów towarowych [pojazdów/dobę].



Źródło: Opracowanie własne



3.9. Emisje transportowe

Emisje transportowe obliczono na podstawie pracy transportowej wykonywanej na drogach województwa śląskiego dla poszczególnych kategorii pojazdów. Prace transportowe na rok 2015 oszacowano na podstawie wskaźników zmiany ruchu na drogach krajowych oraz wojewódzkich na obszarze województwa śląskiego w każdej kategorii pojazdów wynikających z GPR 2020/21 oraz GPR 2015. Do obliczenia ekwiwalentu dwutlenku węgla (CO₂e) wykorzystano zawarte w „Methodology for GHG Efficiency of Transport Modes” oraz „EIB Project Carbon Footprint Methodologies” współczynniki emisji w zakresie TTW (Tank-to-Wheel). W tabeli 31 porównano wielkości emisji CO₂e dla roku 2015 oraz 2021. Poniższe obliczenia wskazują na 20% spadek emisji CO₂e w roku 2021 w stosunku do roku 2015.

Tabela 31. Emisja ekwiwalentu dwutlenku węgla.

Rok	Emisja CO ₂ e [ton/rok]					
	SO	SD	SC	SCP	Transport publiczny	Łącznie
2015	2 441 445,23	451 250,21	552 655,38	1 949 021,40	141 733,54	5 536 105,76
2021	2 698 439,47	300 587,84	235 699,30	1 069 473,29	124 746,98	4 428 946,87

Źródło: Opracowanie własne

3.10. Wskaźnik dostępności transportowej województwa śląskiego

Metoda obliczania wskaźnika dostępności transportowej województwa śląskiego WDTWŚ bazuje na metodyce obliczania wskaźnika WMDT II [5], jednak z modyfikacjami związanymi z zastosowaniem modelu ruchu. Sama idea obliczania WMDT II jest czytelna i zrozumiała, jednak jej autorzy nie do końca wyjaśniają zależności użyte w metodzie, a w dodatku wykonanie szybkich obliczeń utrudnione jest z uwagi na konieczność stosowania baz/modeli niedostępnych publicznie. Z tego powodu zastosowanie metody WMDT II do oceny wariantów nie jest celowe. Opracowano własny wskaźnik oparty na wykorzystaniu modelu ruchu.

Wskaźnik WDTWŚ, podobnie jak wskaźnik WMDT II oparty jest na liczeniu tzw. dostępności potencjałowej i opiera się na sumie iloczynów potencjałów obszarów i kosztów przejazdu między nimi. Podobnie jak w przypadku wskaźnika WMDT II, do określenia masy potencjałów w przypadku transportu osób wykorzystano informację o liczbie ludności, natomiast dla transportu towarów wykorzystano potencjały ruchu ciężarowego. Nie korzystano z wyliczenia czasów przejazdów metodą WMDT II, które trudne byłoby do wykonania dla wielu różnych wariantów, natomiast wykorzystano obliczone w modelu czasy przejazdu. Wskaźnik WDTWŚ opiera się o obliczanie dostępności na poziomie rejonów komunikacyjnych, jest więc bardziej szczegółowy od wskaźnika WMDT II, natomiast podobnie jak ten, jest multimodalny w oparciu o transport indywidualny, transport zbiorowy i drogowy transport towarowy. Z uwagi na fakt, iż model ruchu obejmuje jedynie obszar województwa śląskiego, zróżnicowano obliczenia wskaźnika wewnętrznego i zewnętrznego. Wskaźnik WWDTWŚ został policzony dla dostępności wewnątrz województwa.

$$WWDTWŚ_{im} = \frac{\sum_{j=1}^k M_{jm} * EXP(-0,0231 * t_{ijm})}{M_{-im}}$$

gdzie:

i – nr rejonu o badanej dostępności

j – nr kolejnego rejonu w województwie

k – liczba rejonów

m – gałąź transportu (pasażerski indywidualny, pasażerski zbiorowy, towarowy)

M_{jm} – masa potencjału rejonu j dla gałęzi transportu m

M_{-im} – całkowita masa potencjału dla gałęzi transportu m pomniejszona o masę potencjału dla rejonu i

t_{ijm} – czas przejazdu między rejonami i – j w gałęzi transportu m.



Dla dostępności zewnętrznej został policzony wskaźnik ZWDTWŚ:

$$ZWDTWŚ_{im} = \frac{\sum_{j=1}^{k_m} M_{jm} * EXP(-0,01155 * t_{ijm})}{M_m}$$

gdzie:

i – nr rejonu o badanej dostępności

j – nr kolejnego wylotu (rejonu zewnętrznego) na granicy województwa

km – liczba wylotów dla środka transportu m

m – gałąź transportu (pasażerski indywidualny, pasażerski zbiorowy, towarowy)

M_{jm} – masa potencjału rejonu j dla gałęzi transportu m

M_m – całkowita masa potencjałów na granicy województwa dla gałęzi transportu m

t_{ijm} – czas przejazdu między rejonem i a wylotem j w gałęzi transportu m

Dla każdego rejonu możemy policzyć dostępność bez rozróżnienia na wewnętrzną i zewnętrzną

$$WDTWŚ_{im} = UW_i * WWDTWŚ_{im} + UZ_i * ZWDDTWŚ_{im}$$

gdzie:

UW_i – udział podróży wewnętrznych w rejonie i

UZ_i – udział podróży zewnętrznych w rejonie i

W kolejnym etapie możemy policzyć dostępność w ruchu pasażerskim

$$WDTWŚ_{ip} = UMs * WDTWŚ_{is} + UMt * WDDTWŚ_{it}$$

gdzie:

s – samochodowa gałąź transportu

t – gałąź transportu zbiorowego

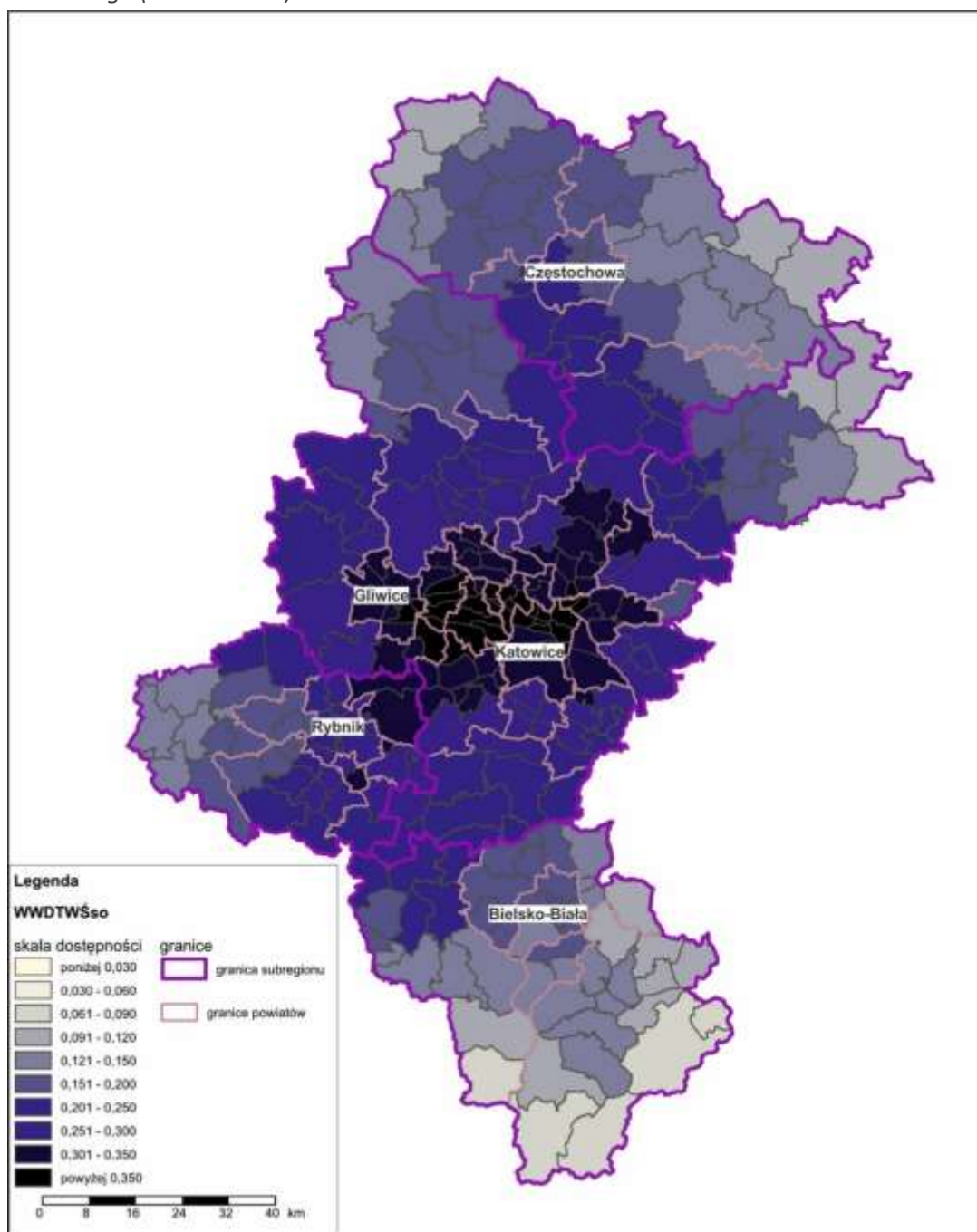
UMs UMt – udział modalny (w przewozach) transportu samochodowego i transportu zbiorowego liczony w całym województwie.

Zastosowane we wzorach wartości wykładników -0,0231 oraz -0,01155 przyjęto z metody WMDT II i oznaczają spadek atrakcyjności podróży o połowę dla półgodzinnej i godzinnej podróży.

Obliczenie wskaźników dostępności dla ruchu pasażerskiego i towarowego dla większych jednostek administracyjnych i województwa odbywa się poprzez wyliczenie średniej ważonej po masach potencjałów. W przypadku dostępności dla ruchu pasażerskiego wagą będzie liczba ludności, w przypadku ruchu towarowego potencjał ruchu ciężarowego.

Dostępność przedstawiono na rysunkach poniżej. Im niższa wartość (jaśniejsze kolory na rysunkach), tym mniejsza dostępność. W stosunku do wskaźnika WMDT II otrzymane wartości są niższe, co może wynikać z niższych czasów przejazdu wyliczonych w modelu.

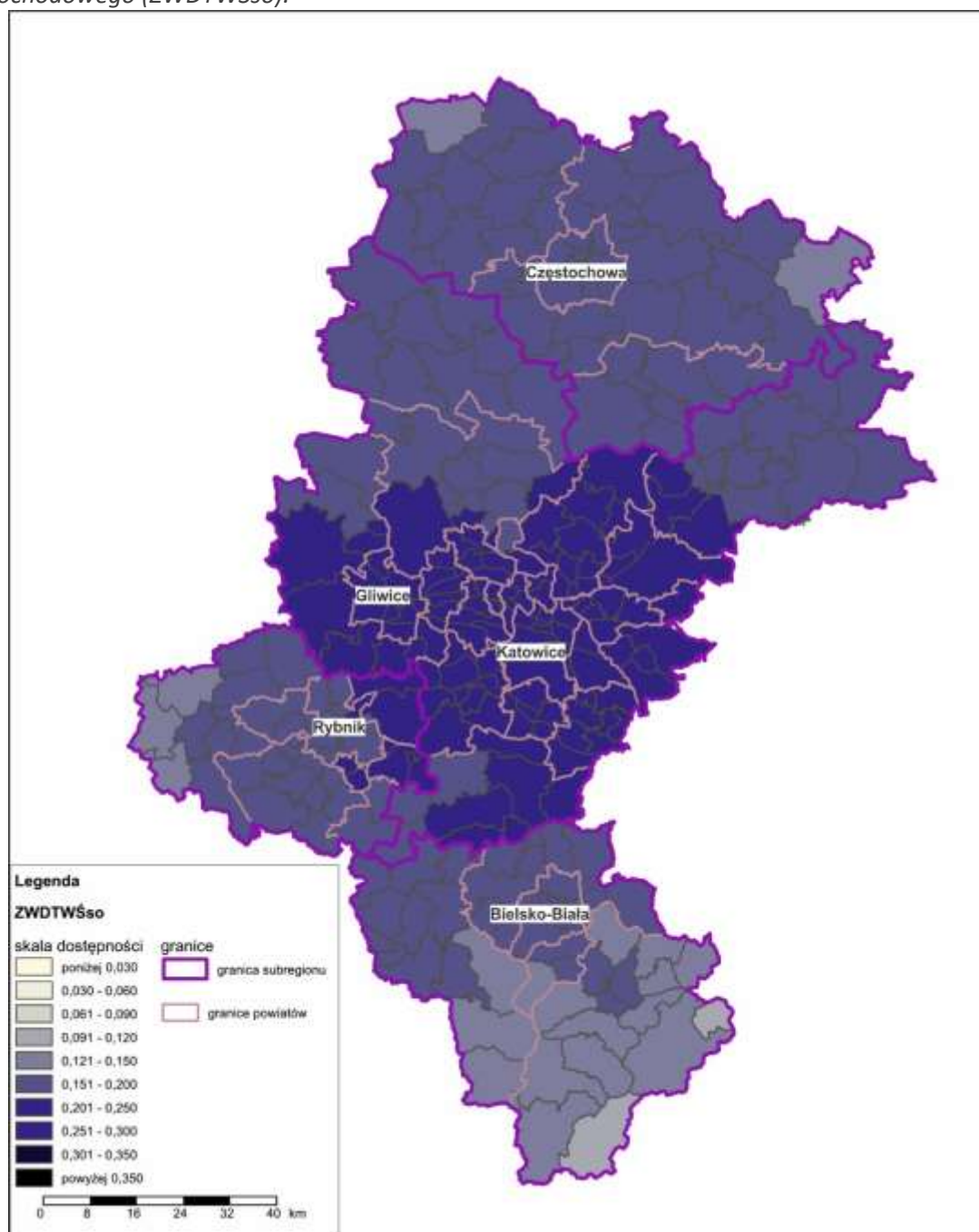
Rysunek 40. Wewnętrzny Wskaźnik Dostępności Transportowej Województwa Śląskiego dla ruchu samochodowego (WWDTWŚso).



Źródło: Opracowanie własne

WWDTWŚso wyliczony jako średnia ważona wg liczby mieszkańców dla całego województwa wynosi 0,260 (26,0%). Największe wewnętrzne wskaźniki dostępności transportowej dla ruchu samochodów osobowych występują w centralnej części województwa i obejmują większość obszaru Metropolii. Jest to w dużej mierze efektem znacznie większej gęstości zaludnienia w tej części województwa w stosunku do pozostałych obszarów. Zła dostępność wewnętrzna charakteryzuje obszary graniczne na północy i południu województwa, najdalej oddalone od gęsto zaludnionych obszarów centralnych.

Rysunek 41. Zewnętrzny Wskaźnik Dostępności Transportowej Województwa Śląskiego dla ruchu samochodowego (ZWDTWŚso).

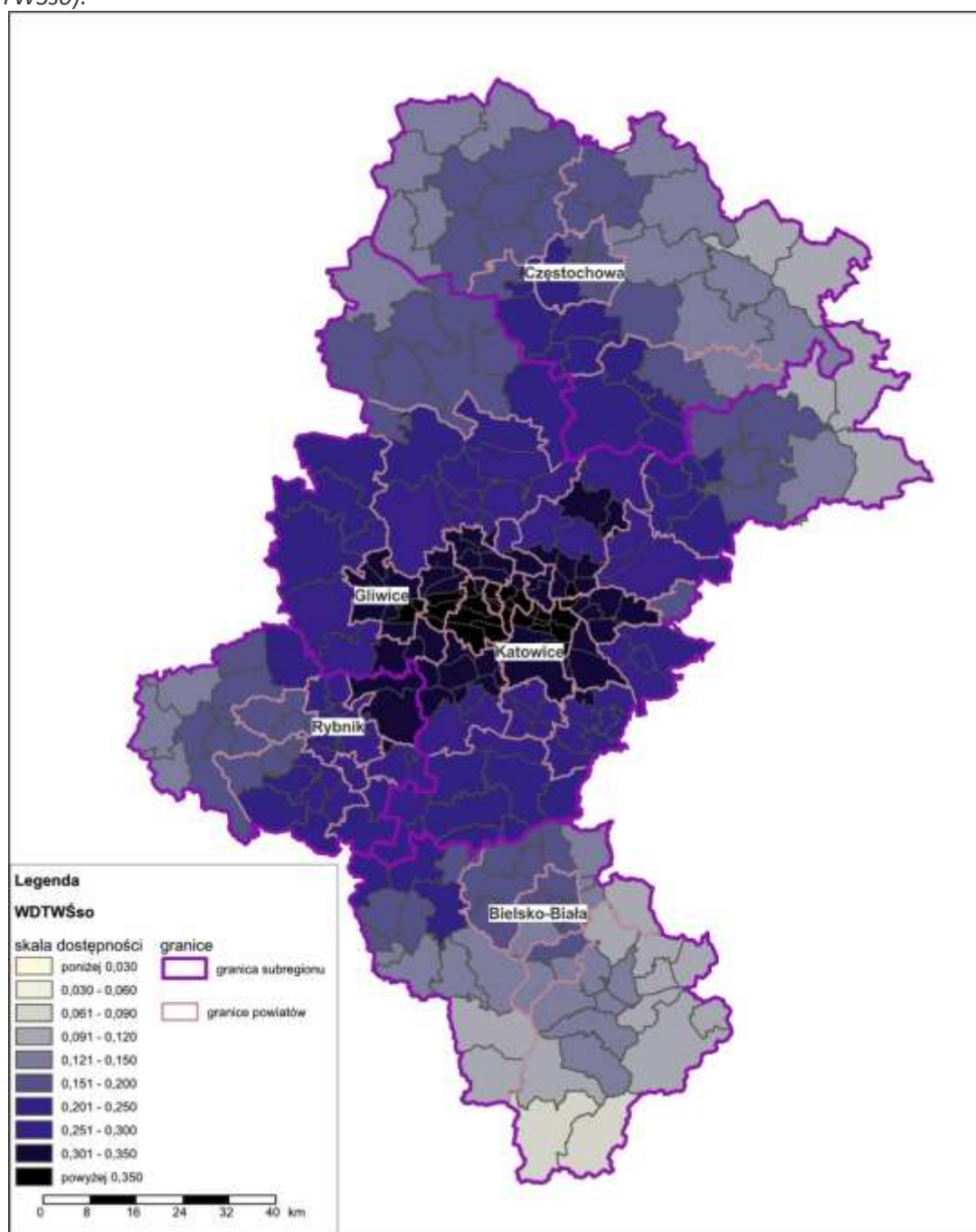


Źródło: Opracowanie własne

ZWDTWŚso wyliczony jako średnia ważona wg liczby mieszkańców dla całego województwa wynosi 0,200 (20,0%). W przypadku wskaźnika zewnętrznej dostępności transportowej w ruchu samochodów osobowych, duża część obszaru województwa charakteryzuje się niskimi wartościami tego wskaźnika. Dzieje się tak pomimo zastosowania funkcji, która w mniejszym stopniu redukuje wskaźnik dostępności wraz z czasem przejazdu. Wyraźnie dobrą dostępnością charakteryzują się obszary mające dostęp do autostrady A4. Wynika to z faktu, że autostrada ta prowadzi zdecydowanie najwięcej ruchu

zewnątrznego w województwie. W szczególności wlot wschodni autostrady A4 charakteryzuje się dużymi potokami, co ma odzworowanie w wysokich wskaźnikach Jaworzna, Mysłowic i części Katowic.

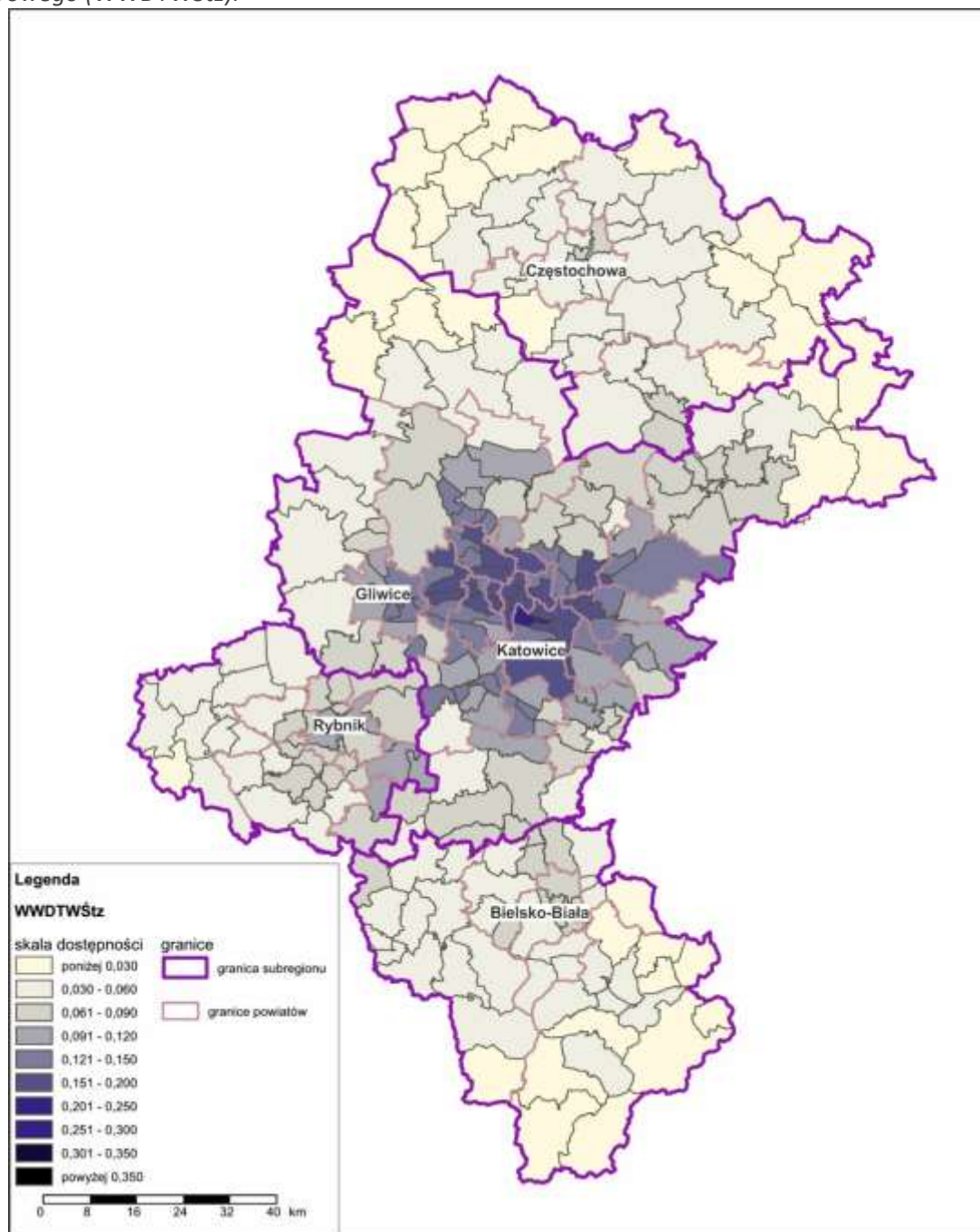
Rysunek 42. Wskaźnik Dostępności Transportowej Województwa Śląskiego dla ruchu samochodowego (WDTWŚso).



Źródło: Opracowanie własne

WDTWŚso wyliczony jako średnia ważona wg liczby mieszkańców dla całego województwa wynosi 0,258 (25,8%). Uwzględnienie obu wskaźników zewnętrznego i wewnętrznego sprawia, że niska dostępność w ruchu samochodów osobowych dotyczy jedynie południowych obszarów województwa. Największymi wskaźnikami charakteryzuje się nadal głównie region centralny.

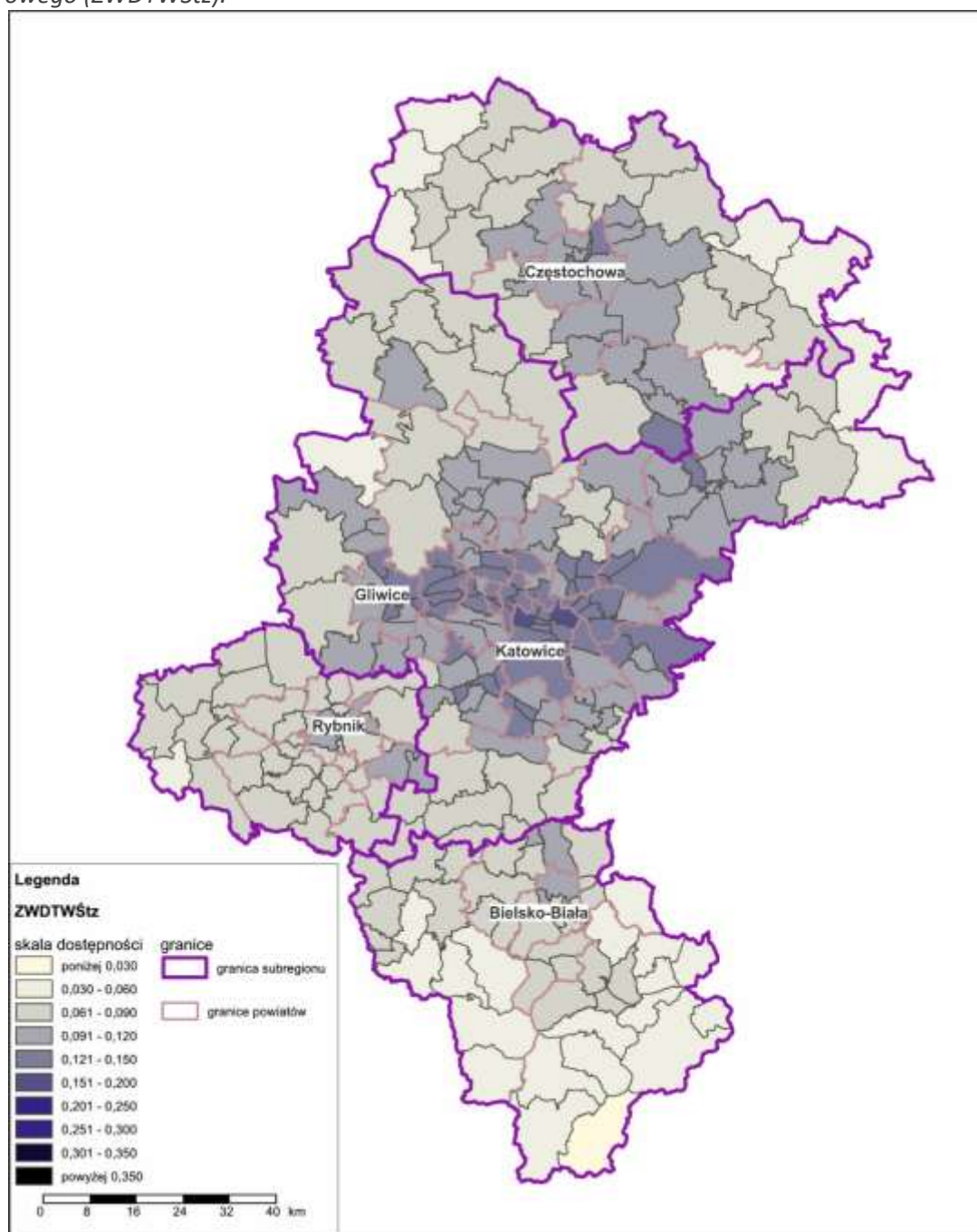
Rysunek 43. Wewnętrzny Wskaźnik Dostępności Transportowej Województwa Śląskiego dla transportu zbiorowego (WWDTWŚtz).



Źródło: Opracowanie własne

WWDTWŚtz wyliczony jako średnia ważona wg liczby mieszkańców dla całego województwa wynosi 0,099 (9,9%). W przypadku transportu zbiorowego wskaźniki są znacznie niższe niż w przypadku ruchu samochodowego (0,260 (26,0%)). Jest to wynikiem dłuższych czasów podróży. Podobnie jak w przypadku ruchu samochodów osobowych, najwyższe wskaźniki wewnętrzne występują w centralnym obszarze województwa, a najniższe na jego granicach. Można zauważyć, że lepszymi wskaźnikami charakteryzują się obszary sąsiadujące ze stacjami kolejowymi.

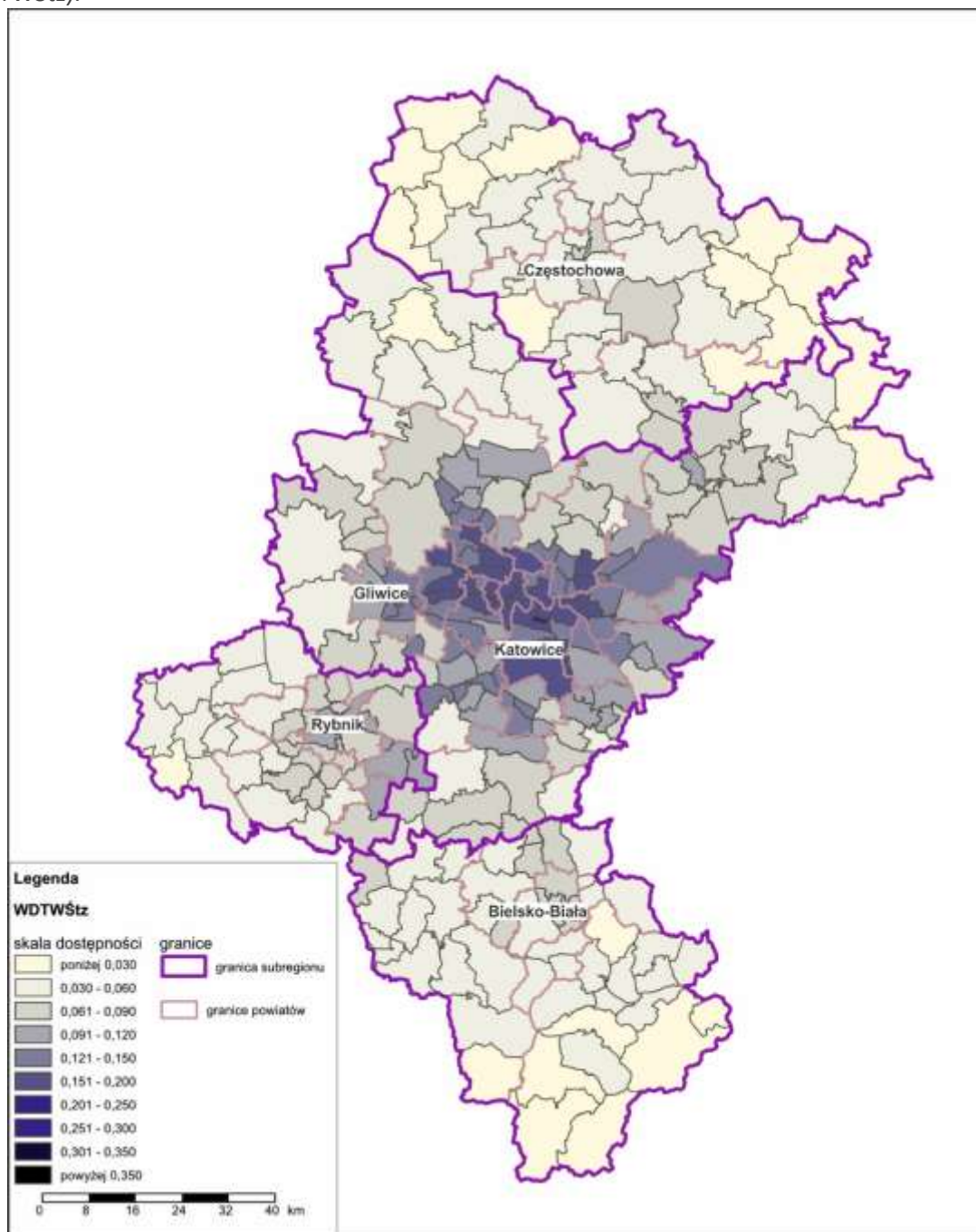
Rysunek 44. Zewnętrzny Wskaźnik Dostępności Transportowej Województwa Śląskiego dla transportu zbiorowego (ZWDTWŚtż).



Źródło: Opracowanie własne

ZWDTWŚtż wyliczony jako średnia ważona wg liczby mieszkańców dla całego województwa wynosi 0,104 (10,4%). Wskaźniki zewnętrzne dla transportu zbiorowego są jeszcze niższe niż w przypadku wskaźników wewnętrznych, a duża część województwa charakteryzuje się wskaźnikiem mniejszym niż 0,070 (7,0%). W zasadzie dobra dostępność dotyczy obszarów w sąsiedztwie dworców kolejowych w Katowicach i Sosnowcu, gdyż duża część ruchu zewnętrznego w transporcie zbiorowym odbywa się koleją.

Rysunek 45. Wskaźnik Dostępności Transportowej Województwa Śląskiego dla transportu zbiorowego (WDTWŚtż).

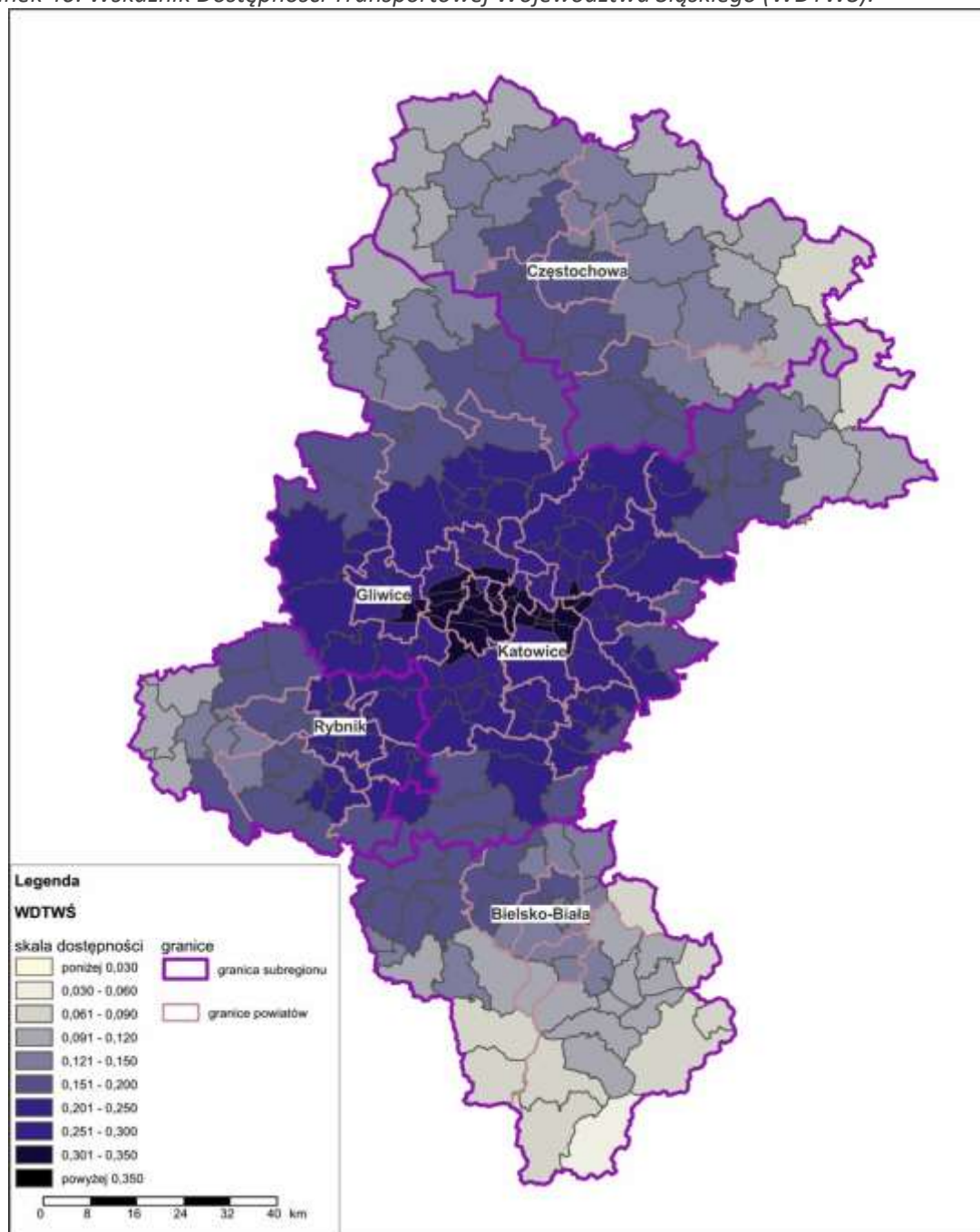


Źródło: Opracowanie własne

WDTWŚtż wyliczony jako średnia ważona wg liczby mieszkańców dla całego województwa wynosi 0,100 (10,0%). Mimo, że tzw. białych plam w województwie śląskim nie ma dużo i dotyczą głównie obszarów granicznych województwa, to jednak standard dostępności transportu zbiorowego jest niski. Większość województwa to obszar o dostępności niższej niż 0,080 (8,0%). Wynika to z dość długich czasów dojazdu z tych obszarów do gęsto zaludnionej części centralnej. Warto zauważyć, że w obliczeniach zastosowano całkowity czas podróży z uwzględnieniem czasu przejścia pieszego i

oczekiwania na przejazd. Wpływ na złe wyniki ma więc nie tylko niska prędkość środków transportu zbiorowego, ale również częstotliwość kursowania i odległość od przystanków.

Rysunek 46. Wskaźnik Dostępności Transportowej Województwa Śląskiego (WDTWŚ).

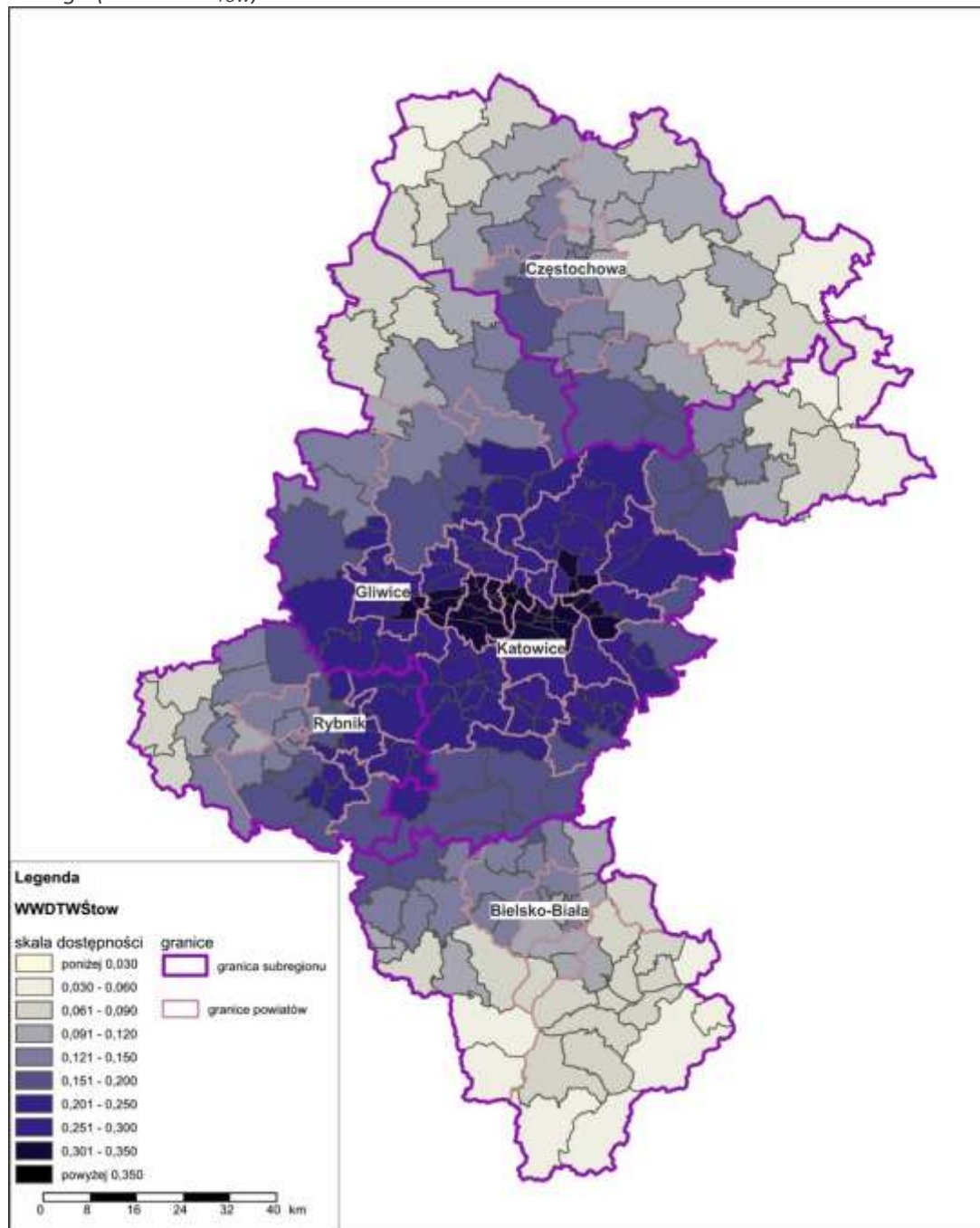


Źródło: Opracowanie własne

WDTWŚ wyliczony jako średnia ważona wg liczby mieszkańców dla całego województwa wynosi 0,222 (22,2%). Obliczanie dostępności metodą potencjałową wykazuje słabości, które nie były widoczne w innych metodach. Uwzględnienie ogromnego potencjału Metropolii sprawia, że jej obszar charakteryzuje się wysoką dostępnością jednak wraz z oddalaniem się od niego dostępność maleje, gdyż pozostałe obszary, za wyjątkiem subregionu zachodniego, charakteryzują się znacznie mniejszymi potencjałami. Różnica między wskaźnikami dla samochodów osobowych i transportu zbiorowego

obrazuje, dlaczego to samochód cieszy się taką atrakcyjnością wśród mieszkańców. Bez skrócenia czasu podróży w transporcie zbiorowym, zarówno prędkości przejazdu, jak i dostępu do przystanków i częstości kursowania, nie ma szans na poprawę dostępności, a w konsekwencji również na korzystne zmiany w podziale zadań przewozowych.

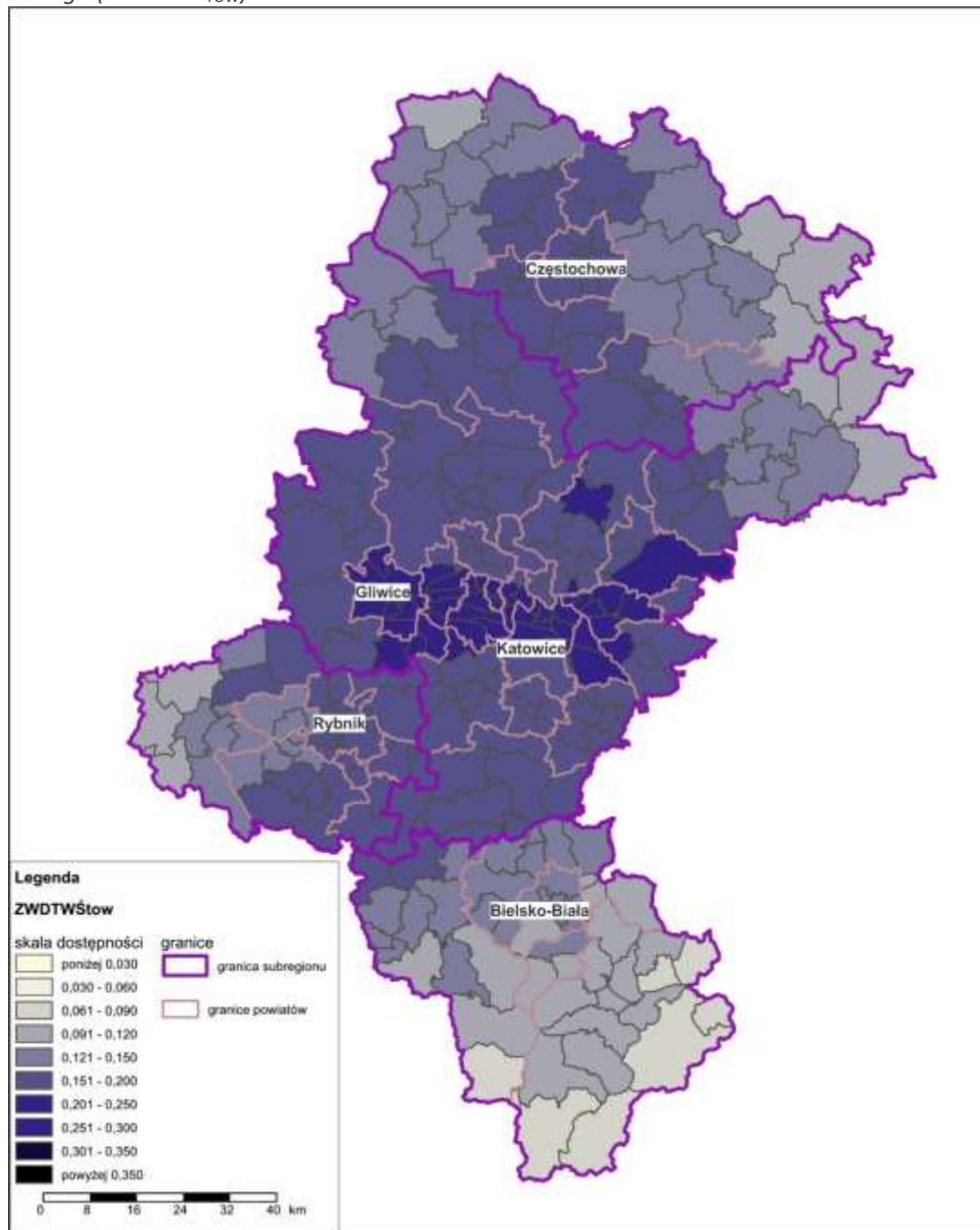
Rysunek 47. Wewnętrzny Wskaźnik Dostępności Transportowej Województwa Śląskiego dla transportu towarowego (WWDTW_{ŚTOW}).



Źródło: Opracowanie własne

WWDTWŚtow wyliczony jako średnia ważona wg potencjałów ruchu towarowego dla całego województwa wynosi 0,219 (21,9%). Obszarami charakteryzującymi się największą dostępnością są obszary położone w centralnej części województwa. Charakteryzują się one także największą generacją ruchu towarowego.

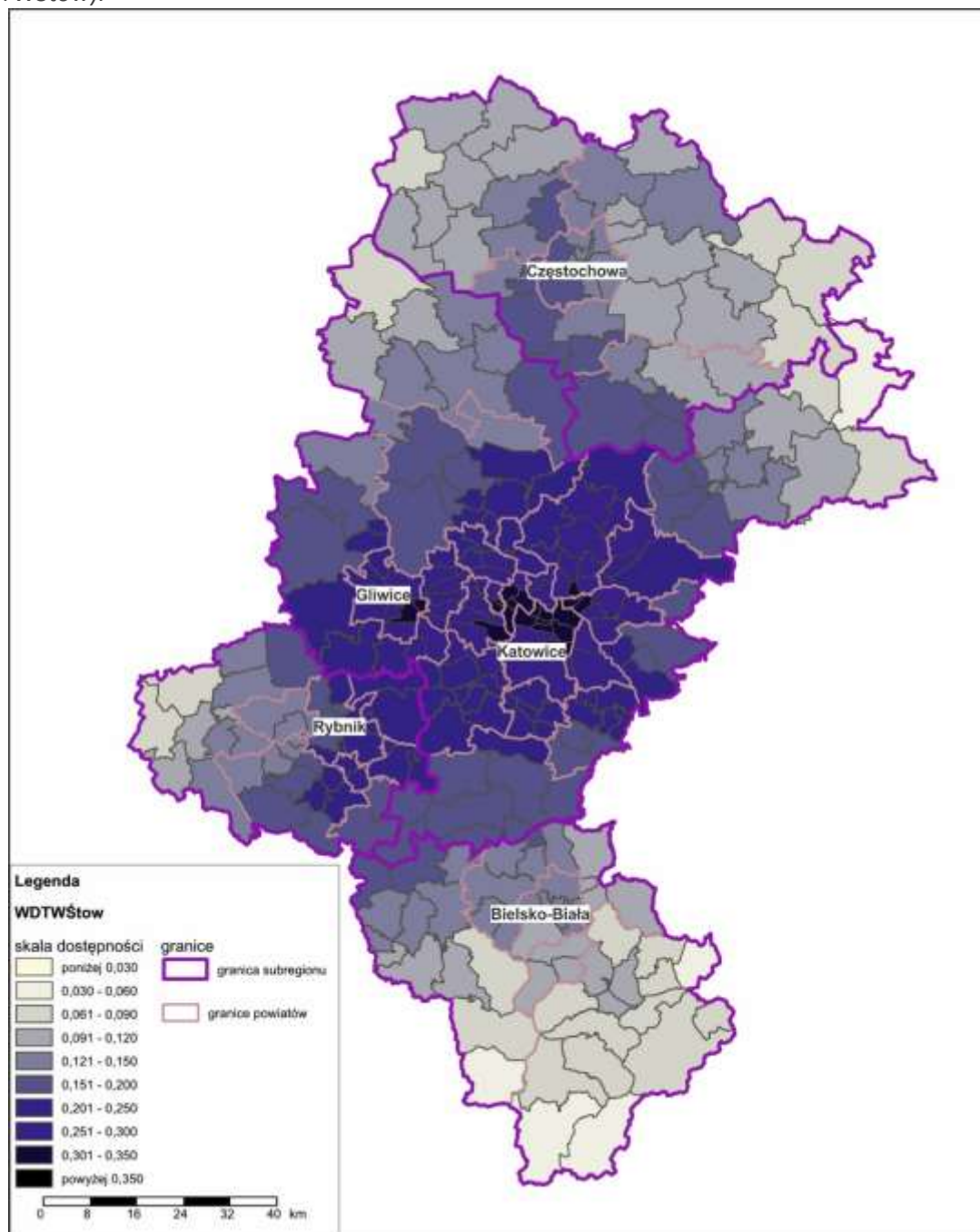
Rysunek 48. Zewnętrzny Wskaźnik Dostępności Transportowej Województwa Śląskiego dla transportu towarowego ($ZWDTWŚ_{TOW}$).



Źródło: Opracowanie własne

ZWDTWŚ_{TOW} wyliczony jako średnia ważona wg potencjałów ruchu towarowego dla całego województwa wynosi 0,176 (17,6%). Obszary charakteryzujące się największą dostępnością w ruchu zewnętrznym położone są wzdłuż autostrady A4.

Rysunek 49. Wskaźnik Dostępności Transportowej Województwa Śląskiego dla transportu towarowego (WDTWŚtów).



Źródło: Opracowanie własne

WDTWŚtów wyliczony jako średnia ważona wg potencjałów ruchu towarowego dla całego województwa wynosi 0,212 (21,2%).

Literatura

- [1] Zintegrowany Model Ruchu Raport Techniczny; CUPT, Warszawa 2021 r.
- [2] Regionalny Plan Transportowy dla Województwa Śląskiego wraz z przeprowadzeniem Strategicznej Oceny Oddziaływania na Środowisko oraz wykonaniem analiz diagnostyczno-prognostycznych w zakresie funkcjonowania regionalnego systemu transportu Część I Studium analityczno-prognostyczne Etap 1-5.
- [3] Studium Transportowe Subregionu Centralnego Województwa Śląskiego. Komputerowy model ruchu dla stanu istniejącego. Raport z realizacji Etapu 5; Uchwała Walnego Zebrania Członków Subregionu Centralnego nr 24/2020 z dnia 15 września 2020 r.
- [4] Synteza wyników GPR 2020/21 na zamiejskiej sieci dróg krajowych; Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad; Warszawa 2021 r.
- [5] Ewaluacja i monitoring zmian dostępności transportowej w Polsce w wykorzystaniem wskaźnika WMDT; Komornicki, Rosik, Stępnia, Śleszyński, Goliszek, Pomianowski, Kowalczyk; Warszawa 2018 r.

Spis załączników

- Załącznik 1 Potoki pasażerskie w dobie
- Załącznik 2 Potoki samochodowe w dobie

Spis tabel

Tabela 1. Rejony komunikacyjne w poszczególnych gminach województwa śląskiego.	12
Tabela 2. Klasyfikacja odcinków drogowych.	26
Tabela 3. Parametry funkcji BPR2 dla poszczególnych typów odcinków.	30
Tabela 4. Typy skrzyżowań.	30
Tabela 5. Parametry na relacjach skrętnych.	31
Tabela 6. Zróżnicowanie zachowań komunikacyjnych mieszkańców obszarów województwa śląskiego na podstawie badania ankietowego.	34
Tabela 7. Zmienne objaśniające w stanie istniejącym – 2021 r.	39
Tabela 8. Zestawienie równań generacji podróży w dobie w podróżach wewnętrznych mieszkańców województwa śląskiego.	45
Tabela 9. Wskaźniki ruchliwości niepieszej międzyrejonowej mieszkańca obszaru funkcjonalnego. ...	46
Tabela 10. Wskaźniki ruchliwości niepieszej międzyrejonowej mieszkańca województwa śląskiego..	47
Tabela 11. Parametry funkcji oporu przestrzeni dla poszczególnych motywacji podróży wewnętrznych.	48
Tabela 12. Wskaźnik napełnienia samochodu osobowego [osoba/pojazd].	50



Tabela 13. Struktura przestrzenna podróży na kordonie zewnętrznym województwa śląskiego.	52
Tabela 14. Porównanie liczby podróży wewnętrznych mieszkańców Aglomeracji Częstochowskiej i Bezpośredniego Otoczenia Aglomeracji Częstochowskiej.	54
Tabela 15. Porównanie liczby podróży wewnętrznych mieszkańców Aglomeracji Bielskiej i Bezpośredniego Otoczenia Aglomeracji Bielskiej.	55
Tabela 16. Porównanie liczby podróży wewnętrznych mieszkańców Aglomeracji Rybnickiej i Bezpośredniego Otoczenia Aglomeracji Rybnickiej.	55
Tabela 17. Porównanie liczby podróży wewnętrznych mieszkańców Metropolii Górnośląskiej i Bezpośredniego Otoczenia Metropolii Górnośląskiej.	55
Tabela 18. Porównanie liczby podróży wewnętrznych mieszkańców Lokalnych Ośrodków Rozwoju i pozostałych gmin.	56
Tabela 19. Porównanie liczby podróży wewnętrznych mieszkańców województwa śląskiego.	56
Tabela 20. Liczba podróży wewnętrznych pieszych po uwzględnieniu korekty.	57
Tabela 21. Porównanie średnich długości podróży międzyrejonowych mieszkańców województwa śląskiego.	64
Tabela 22. Porównanie średnich długości podróży międzygminnych mieszkańców województwa śląskiego.	64
Tabela 23. Porównanie udziałów podróży transportem zbiorowym w podróżach pieszych mieszkańców województwa śląskiego.	65
Tabela 24. Liczba podróży międzyrejonowych pieszych.	69
Tabela 25. Dobowa liczba podróży pieszych wykonywanych pomiędzy subregionami.	70
Tabela 26. Udział podróży transportem zbiorowym w podróżach pieszych mieszkańców województwa śląskiego w motywacjach.	73
Tabela 27. Parametry ogólne transportu zbiorowego w dobie dla podróży międzygminnych.	75
Tabela 28. Wybrane parametry dla podsystemów transportu zbiorowego w dobie.	76
Tabela 29. Wybrane parametry funkcjonalne transportu indywidualnego w dobie.	76
Tabela 30. Wybrane parametry funkcjonalne transportu towarowego w dobie.	77
Tabela 31. Emisja ekwiwalentu dwutlenku węgla.	84

Spis rysunków

Rysunek 1. Podział obszaru województwa śląskiego na rejony komunikacyjne.	17
Rysunek 2. Sieć połączeń autobusowych – organizatorzy publicznego transportu zbiorowego.	19
Rysunek 3. Sieć połączeń autobusowych – przewoźnicy komercyjni.	20
Rysunek 4. Sieć połączeń tramwajowych.	21
Rysunek 5. Odcinki kolejowe prowadzące ruch pasażerski.	22
Rysunek 6. Sieć kolejowa – linie magistralne.	23
Rysunek 7. Gminy, w których zastosowano środek transportu PUT_AUX.	24
Rysunek 8. Model sieci drogowej województwa śląskiego.	32
Rysunek 9. Podział województwa śląskiego na obszary funkcjonalne.	36
Rysunek 10. Gęstość zaludnienia w rejonach komunikacyjnych – stan istniejący 2021 r.	41
Rysunek 11. Gęstość miejsc pracy w usługach – stan istniejący 2021 r.	42
Rysunek 12. Gęstość pozostałych miejsc pracy – stan istniejący 2021 r.	43

Rysunek 13. Porównanie liczby podróży pieszych generowanych w dobie w agregacji do obszarów funkcjonalnych.	53
Rysunek 14. Porównanie liczby podróży pieszych generowanych w dobie w agregacji do powiatów województwa śląskiego.....	53
Rysunek 15. Porównanie liczby podróży pieszych generowanych w dobie w agregacji do gmin województwa śląskiego.....	54
Rysunek 16. Rozkład długości podróży mieszkańców województwa śląskiego w motywacji Dom - Praca.	58
Rysunek 17. Korelacja rozkładu długości podróży mieszkańców województwa śląskiego w motywacji Dom - Praca w modelu ruchu i badaniu ankietowym.	58
Rysunek 18. Rozkład długości podróży mieszkańców województwa śląskiego w motywacji Dom - Szkoła.....	59
Rysunek 19. Korelacja rozkładu długości podróży mieszkańców województwa śląskiego w motywacji Dom - Szkoła w modelu ruchu i badaniu ankietowym.....	59
Rysunek 20. Rozkład długości podróży mieszkańców województwa śląskiego w motywacji Dom - Uczelnia.	60
Rysunek 21. Korelacja rozkładu długości podróży mieszkańców województwa śląskiego w motywacji Dom - Uczelnia w modelu ruchu i badaniu ankietowym.....	60
Rysunek 22. Rozkład długości podróży mieszkańców województwa śląskiego w motywacji Dom - Inne.	61
Rysunek 23. Korelacja rozkładu długości podróży mieszkańców województwa śląskiego w motywacji Dom - Inne w modelu ruchu i badaniu ankietowym.....	61
Rysunek 24. Rozkład długości podróży mieszkańców województwa śląskiego w motywacji Dom – Centrum Handlowe.	62
Rysunek 25. Korelacja rozkładu długości podróży mieszkańców województwa śląskiego w motywacji Dom - Centrum Handlowe w modelu ruchu i badaniu ankietowym.....	62
Rysunek 26. Rozkład długości podróży mieszkańców województwa śląskiego w motywacji Niezwiązane z Domem.	63
Rysunek 27. Korelacja rozkładu długości podróży mieszkańców województwa śląskiego w motywacji Niezwiązane z Domem w modelu ruchu i badaniu ankietowym.	63
Rysunek 28. Porównanie wyników rozkładu ruchu samochodów osobowych z pomiarami GPR 2020/21.	65
Rysunek 29. Porównanie wyników rozkładu ruchu samochodów dostawczych z pomiarami GPR 2020/21.	66
Rysunek 30. Porównanie wyników rozkładu ruchu samochodów ciężarowych z pomiarami GPR 2020/21.	66
Rysunek 31. Porównanie wyników rozkładu ruchu samochodów ciężarowych ciężkich z pomiarami GPR 2020/21.	67
Rysunek 32. Porównanie wymiany pasażerskiej uzyskanej w modelu z danymi UTK (2019 r.).....	68
Rysunek 33. Więźba dobowych podróży pieszych.	71
Rysunek 34. Więźba dobowych przejazdów samochodów ciężarowych i ciężarowych ciężkich.....	72
Rysunek 35. Udział transportu zbiorowego w podróżach pieszych rozpoczynanych w obszarze. ...	74
Rysunek 36. Rozkład dobowych kolejowych potoków pasażerskich [pasażerów/dobę].....	79



Rysunek 37. Rozkład dobowych potoków pasażerskich - pozostałe systemy transportu [pasażerów/dobę].	80
Rysunek 38. Rozkład dobowego ruchu samochodów osobowych [pojazdów/dobę].	82
Rysunek 39. Rozkład dobowego ruchu pojazdów towarowych [pojazdów/dobę].	83
Rysunek 40. Wewnętrzny Wskaźnik Dostępności Transportowej Województwa Śląskiego dla ruchu samochodowego (WWDTWŚso).	87
Rysunek 41. Zewnętrzny Wskaźnik Dostępności Transportowej Województwa Śląskiego dla ruchu samochodowego (ZWDTWŚso).	88
Rysunek 42. Wskaźnik Dostępności Transportowej Województwa Śląskiego dla ruchu samochodowego (WDTWŚso).	89
Rysunek 43. Wewnętrzny Wskaźnik Dostępności Transportowej Województwa Śląskiego dla transportu zbiorowego (WWDTWŚtz).	90
Rysunek 44. Zewnętrzny Wskaźnik Dostępności Transportowej Województwa Śląskiego dla transportu zbiorowego (ZWDTWŚtz).	91
Rysunek 45. Wskaźnik Dostępności Transportowej Województwa Śląskiego dla transportu zbiorowego (WDTWŚtz).	92
Rysunek 46. Wskaźnik Dostępności Transportowej Województwa Śląskiego (WDTWŚ).	93
Rysunek 47. Wewnętrzny Wskaźnik Dostępności Transportowej Województwa Śląskiego dla transportu towarowego (WWDTWŚ _{TOW}).	94
Rysunek 48. Zewnętrzny Wskaźnik Dostępności Transportowej Województwa Śląskiego dla transportu towarowego (ZWDTWŚ _{TOW}).	95
Rysunek 49. Wskaźnik Dostępności Transportowej Województwa Śląskiego dla transportu towarowego (WDTWŚ _{TOW}).	96