

SUMP OMGGGS

Plan zrównoważonej mobilności miejskiej dla
Obszaru Metropolitalnego Gdańsk-Gdynia-Sopot

Raport diagnostyczno-strategiczny - Załącznik nr 1
Aktualizacja modelu transportowego

SUMP OMGGS – Raport diagnostyczno-strategiczny opracowany na zlecenie Stowarzyszenia Obszaru Metropolitalnego Gdańsk-Gdynia-Sopot.



A2P2
ARCHITECTURE
AND PLANNING

A2P2 architecture&planning
Ul. Pileckiego 8/3
80-225 Gdańsk
www.a2p2.pl

TOR

ZESPÓŁ DORADCÓW
GOSPODARCZYCH

Zespół Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o.
ul. Sielecka 3500-738
Warszawa
www.zdgtor.pl



FUNDACJA
ROZWOJU INŻYNIERII LĄDOWEJ
Fundacja Rozwoju Inżynierii Lądowej
ul. Narutowicza 11
80-233 Gdańsk
www.fril.org.pl

Gdańsk, 22.12.2022 r (z aktualizacją 02.11.2023)

Autorzy opracowania:

dr Krystian Birr

dr Łukasz Pancewicz

Michał Jabłonowski

dr Monika Arczyńska

Agnieszka Gajda

Jakub Piecuch

Spis treści

1.	Aktualizacja modelu transportowego na potrzeby SUMP OMGGS.....	5
1.	Ogólna charakterystyka dotychczasowego modelu	6
2.	Zakres prac	7
3.	Metodyka pracy	7
4.	Źródła danych o ruchu	9
5.	Podstawowe dane wejściowe	10
5.1.	Podział obszaru na rejony transportowe	10
5.2.	Dane charakteryzujące rejony transportowe	11
5.3.	Prognoza zmian potencjałów ruchotwórczych	18
6.	Modelowanie generacji podróży	19
6.1.	Motywacje i rodzaje podróży	19
6.2.	Zmienne objaśniające wykorzystane podczas modelowania	20
6.3.	Modele generacji podróży mieszkańców	20
7.	Model rozkładu przestrzennego.....	23
7.1.	Generacja i rozkład przestrzenny ruchu zewnętrznego.....	26
8.	Model podziału zadań przewozowych.....	27
9.	Rozkład ruchu na sieć.....	31
9.1.	Funkcja oporu odcinka.....	32
10.	Modele sieci transportowej.....	33
10.1.	Model sieci drogowej.....	33
10.2.	Sieć transportu zbiorowego.....	41
11.	Moduł ruchu towarowego	45
12.	Kalibracja modelu.....	46
13.	Struktura procedur obliczeniowych w modelu	51
14.	Spis tabel, rysunków, wykresów.....	52
14.1.	Spis tabel.....	52
14.2.	Spis rysunków	52

1. Ogólna charakterystyka dotychczasowego modelu

Obecnie obowiązujący model makroskopowy dla OMGGS został opracowany w roku 2014 w ramach przygotowania Strategii Transportu i Mobilności dla OMGGS na potrzeby analiz ruchu. Model ten został opracowany na podstawie badań zachowań transportowych mieszkańców OMGGS przeprowadzonych w 2014 roku wraz z pomiarami ruchu. Od tamtego czasu model nie był rozbudowywany, aktualizowany, ani nie przeprowadzono kompleksowych badań ruchu, które byłyby podstawą do opracowania nowego modelu. Na przestrzeni lat w przypadku wykonywania analiz z wykorzystaniem modelowania makroskopowego, analitycy musieli podejmować kroki zaradcze w celu doraźnej aktualizacji modelu, często z wykorzystaniem wskaźników eksperckich. Zakres ten nie ograniczał się jedynie do korekty sieci transportowej, ale także do rozbudowy o ruch ciężarowy, który nie został ujęty pierwotnie w modelu. Ponadto podczas praktycznej pracy na modelu możliwe było zidentyfikowanie jego niedoskonałości szczególnie w zakresie podróży pomiędzy Trójmiastem, a pozostałym obszarem OMGGS. Niedoskonałość ta wynikała z konstrukcji modelu, w którym osobno odwzorowano podróże wewnątrz Trójmiasta i osobno w pozostałym obszarze. Jakkolwiek założenie dotyczące osobnych funkcji modeli cząstkowych dla podróży wewnętrznych w Trójmieście ma swoje uzasadnienie i może być dobrą praktyką, tak problematyczne okazało się przyjęcie takich samych zachowań dla podróży poza Trójmiastem i do/z Trójmiasta. Aspekt ten powodował przeszacowanie podróży związanych z Trójmiastem. Problem szczególnie uwidocznił się w trakcie próby aktualizacji modelu z uwzględnieniem projektu Pomorskiej Kolei Metropolitalnej. Łącząc powyższe trudności z brakiem nowych badań zachowań transportowych, opracowanie nowych prognoz i analiz ruchu wymagało dodatkowych nakładów pracy oraz stosowania czynników korekcyjnych w procedurach obliczeniowych. Problem ten nie został dotychczas rozwiązany.

Niniejsza aktualizacja modelu OMGGS do wersji 2.0 została opracowana w warunkach braku bieżących badań zachowań transportowych i wymusiła zastosowanie wybranych funkcji i korekty eksperckiej. W najnowszej wersji wykorzystano jednak wyniki zachowań transportowych mieszkańców pozyskanych w ramach Gdańskich Badań Ruchu 2022, przeprowadzonych dla obszaru Miasta Gdańska i przyległych gmin. Wyniki te stanowiły istotny element umożliwiający aktualizację modelu w obszarze Trójmiasta. Ponadto model zaktualizowano o nowe rejony transportowe w obszarze Gdańska, zapewniając w ten sposób spójność pod tym względem z modelem Gdańska.

Z uwagi na powyższe uwarunkowania należy podkreślić, że kolejne prace analityczne wykonywane na zaktualizowanym modelu wymagają szczegółowej weryfikacji jego dokładności w wybranym obszarze analizy, uzupełnienia o bieżące wyniki pomiarów natężenia ruchu oraz lokalną kalibrację w celu zminimalizowania potencjalnych błędów. Do uzyskania pełnej funkcjonalności modelu należałoby przeprowadzić kompleksowe badania ruchu dla OMGGS oraz na ich podstawie dokonać aktualizacji modelu zachowując spójność z innymi lokalnymi modelami makroskopowymi – w szczególności aktualnym Transportowym Modelem Symulacyjnym Miasta Gdańska.

2. Zakres prac

W zakresie prowadzonych prac nad SUMP jest aktualizacja modelu transportowego dla OMGGS. Z uwagi na potrzebę przeprowadzenia wielowariantowych analiz ruchowych na potrzeby SUMP dokonano aktualizacji i gruntownej przebudowy modelu. Z uwagi na ograniczoną dostępność danych o ruchu w obszarze OMGGS, a także brak aktualnych badań zachowań transportowych, aktualizację tę przeprowadzono z wykorzystaniem opracowanych w roku 2014 modeli cząstkowych w szczególności w zakresie generacji i absorpcji ruchu. Podczas prac nad modelem przeanalizowano możliwość wykorzystania eksperckich „uniwersalnych” modeli generacji i absorpcji, jednak zrezygnowano z tego podejścia z uwagi na brak podstaw teoretycznych do przyjęcia takiego podejścia oraz nieznaczającą poprawę osiągniętych końcowych wyników. Pomimo powyższego dokonano jednak gruntownej przebudowy struktury modelu popytu z wykorzystaniem dotychczasowych funkcji oraz danych zewnętrznych (np. dane z sieci komórkowej). W zakresie rozkładu przestrzennego podróży konieczne było wykorzystanie korekty eksperckiej z uwagi na przeszacowanie podróży w niektórych relacjach (np. pomiędzy Gdańskiem, a Gdynią). W zakresie podziału zadań przewozowych opracowano nowe modele cząstkowe bazując na wynikach badań z 2014 roku oraz GBR z 2022 roku. W zakresie zachowań transportowych mieszkańców Gdańska wykorzystano funkcje, generacji ruchu, rozkładu przestrzennego, podziału zadań przewozowych i rozkładu ruchu na sieć z Transportowego Modelu Symulacyjnego (TMS) opracowanego na podstawie GBR 2022. Na podstawie tych badań dokonano również aktualizacji funkcji oporu odcinka.

Z uwagi na częściowe bazowanie na danych sprzed 8 lat, a tym samym konieczności zastosowania eksperckich wskaźników korekcyjnych do kalibracji modelu należy podkreślić, że zaktualizowany model nie został wykonany zgodnie z nauką i sztuką budowy modeli. Zastosowanie powyższego podjęcia i działań było konieczne do uzyskania akceptowanej i logicznej funkcjonalności modelu, aby możliwe było jego wykorzystanie do dalszych analiz w ramach SUMP. Zaktualizowany model, choć bardziej funkcjonalny względem modelu z roku 2014, nie powinien być wykorzystywany do prac studialnych w szczególności związanych z liniowymi inwestycjami transportowymi. Wysoce zalecane jest nie traktowanie opracowanego modelu jako modelu gotowego do wykorzystania na kolejne lata. Należy podjąć działania zmierzające do przeprowadzenia nowych kompleksowych badań zachowań transportowych mieszkańców OMGGS oraz na podstawie ich wyników opracować nowy model OMGGS.

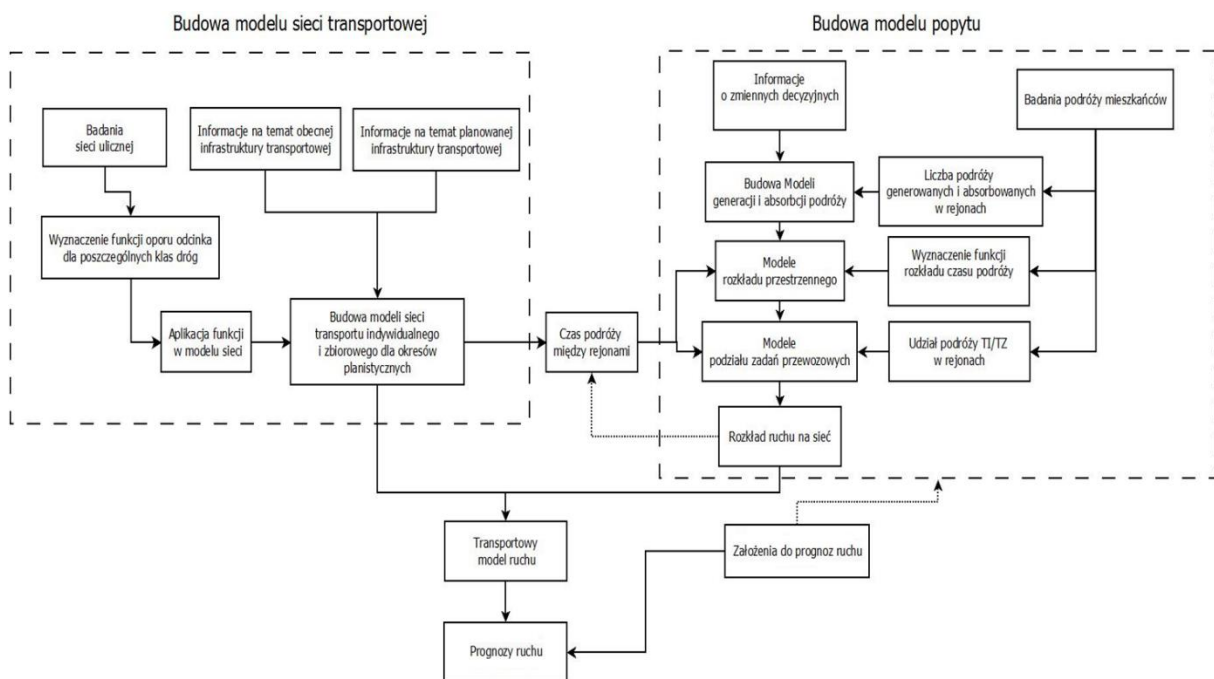
3. Metodyka pracy

Model OMGGS został zbudowany w oprogramowaniu PTV VISUM w wersji 2023. Oprogramowanie to jest narzędziem umożliwiającym budowę makroskopowego modelu podróży, będącym zaawansowanym narzędziem do symulacji ruchu. Z uwagi na brak kompleksowego modelu podróży dla OMGGS, ani województwa pomorskiego, na potrzeby wykonania analiz dokonano aktualizacji i gruntownej przebudowy modelu podróży Obszaru Metropolitalnego Gdańsk-Gdynia-Sopot z 2014 roku.

Do budowy modelu podróży OMGGs, wykorzystano klasyczny czterostopniowy model transportowy, który jest najczęściej stosowanym modelem w Polsce i na świecie. Metoda ta składa się z czterech kolejno następujących etapów:

- Generacja ruchu – wyznaczenie liczby podróży generowanych i absorbowanych w zależności od motywacji podróży w poszczególnych rejonach transportowych uwzględniających charakter funkcjonalny oraz podstawowe dane statystyczne jak: liczba mieszkańców, liczba miejsc pracy, liczba miejsc w szkołach, powierzchnia handlowo-usługowa itp.
- Rozkład przestrzenny ruchu – określenie relacji podróży (skąd i dokąd podróże są wykonywane) z uwzględnieniem potencjałów rejonów transportowych oraz odległości między nimi.
- Podział zadań przewozowych – określenie środka transportu wykorzystywanego do realizacji podróży z uwzględnieniem preferencji i zachowań transportowych użytkowników systemu transportowego oraz uogólnionego kosztu podróży.
- Rozkład ruchu na sieć – wyznaczenie dokładnego przebiegu podróży w sieci transportowej z uwzględnieniem przepustowości odcinków i jej stopień wykorzystania, dopuszczonych relacji itp.
- Na rysunku poniżej został zamieszczony schemat budowy modelu transportowego, którym posługiwali się twórcy podczas swoich prac.

Rysunek 1. Ogólny schemat budowy modelu i jego wykorzystania do prognoz ruchu.



źródło: opracowanie własne

Zaktualizowany model transportowy opracowano dla następujących horyzontów czasowych:

- rok 2030 – stan zdeterminowany,
- rok 2040 – stan perspektywiczny,

- rok 2050 – stan wypełnienia struktur.

Poszczególne horyzonty czasowe różnią się potencjałami ruchotwórczym rejonów transportowych opracowanych na podstawie prognoz demograficznych i założeń rozwoju przestrzennego obszaru z wykorzystaniem zapisów MPZP. Ponadto dla poszczególnych horyzontów czasowych założono rozwój sieci transportowej na podstawie SUIKZP i innych dokumentów planistycznych (np. RPT). Założenia te opisano w kolejnych rozdziałach.

4. Źródła danych o ruchu

Opracowanie wykonano w oparciu o bazy danych zachowań transportowych mieszkańców Gdańska z roku 2022, oraz mieszkańców Obszaru Metropolitalnego Gdańsk-Gdynia-Sopot (OMGGS) z 2014 roku.

Ponadto do kalibracji modelu wykorzystano także:

- wyniki Generalnego Pomiaru Ruchu wykonanego w latach 2020/21,
- wyniki pomiarów ruchu wykonane na potrzeby opracowania studium dla PKM Gdańsk Południe (zakupione przez PBPR) – rok 2021,
- dane Urzędu Marszałkowskiego Województwa Pomorskiego (liczba pasażerów w transporcie kolejowym) – rok 2019,
- wyniki z modelu wyższego rzędu: Zintegrowany Model Ruchu (CUPT) – rok 2019.

W zakresie GPR aktualność i liczebność danych należy uznać za wystarczającą na potrzeby ogólnej kalibracji modelu ruchu drogowego. Dane GPR są aktualne i obejmują najważniejsze punkty na sieci krajowej i wojewódzkiej. Ograniczeniem jest brak dróg powiatowych i gminnych.

Dane pomiarowe wykonane na potrzeby opracowania studium dla PKM Gdańsk Południe, jako że zostały wykonane jesienią 2021 roku mogą być w pewnym stopniu zaburzone kończącym się okresem pandemii. Dane te obejmują jedynie południową część Gdańska oraz częściowo gminy Żukowo, Kolbudy, Pruszcz Gdański. Dane te wykorzystano do weryfikacji skali ruchu w publicznym transporcie zbiorowym oraz na wybranych odcinkach drogowych (niepokrywających się z GPR).

Z uwagi na brak danych o ruchu pasażerskim w transporcie kolejowym posłużono się szacunkowymi danymi o potokach pasażerskich opracowanymi przez Urząd Marszałkowski Województwa Pomorskiego na podstawie liczby sprzedanych biletów dla wybranych odcinków sieci oraz wyników GBR 2022 dla odcinków sieci w obszarze Gdańska.

Wyniki symulacji z modelu ZMR wykorzystano do opracowania wielkości ruchu na kordonach oraz oszacowania wielkości ruchu towarowego generowanego i absorbowanego w poszczególnych gminach.

W opracowaniu wykorzystano także dane pochodzące z baz danych Głównego Urzędu Statystycznego, danych z planów zagospodarowania przestrzennego, które umożliwiły

opracowanie nowych potencjałów ruchotwórczych. Elementy te opisano w kolejnych rozdziałach.

5. Podstawowe dane wejściowe

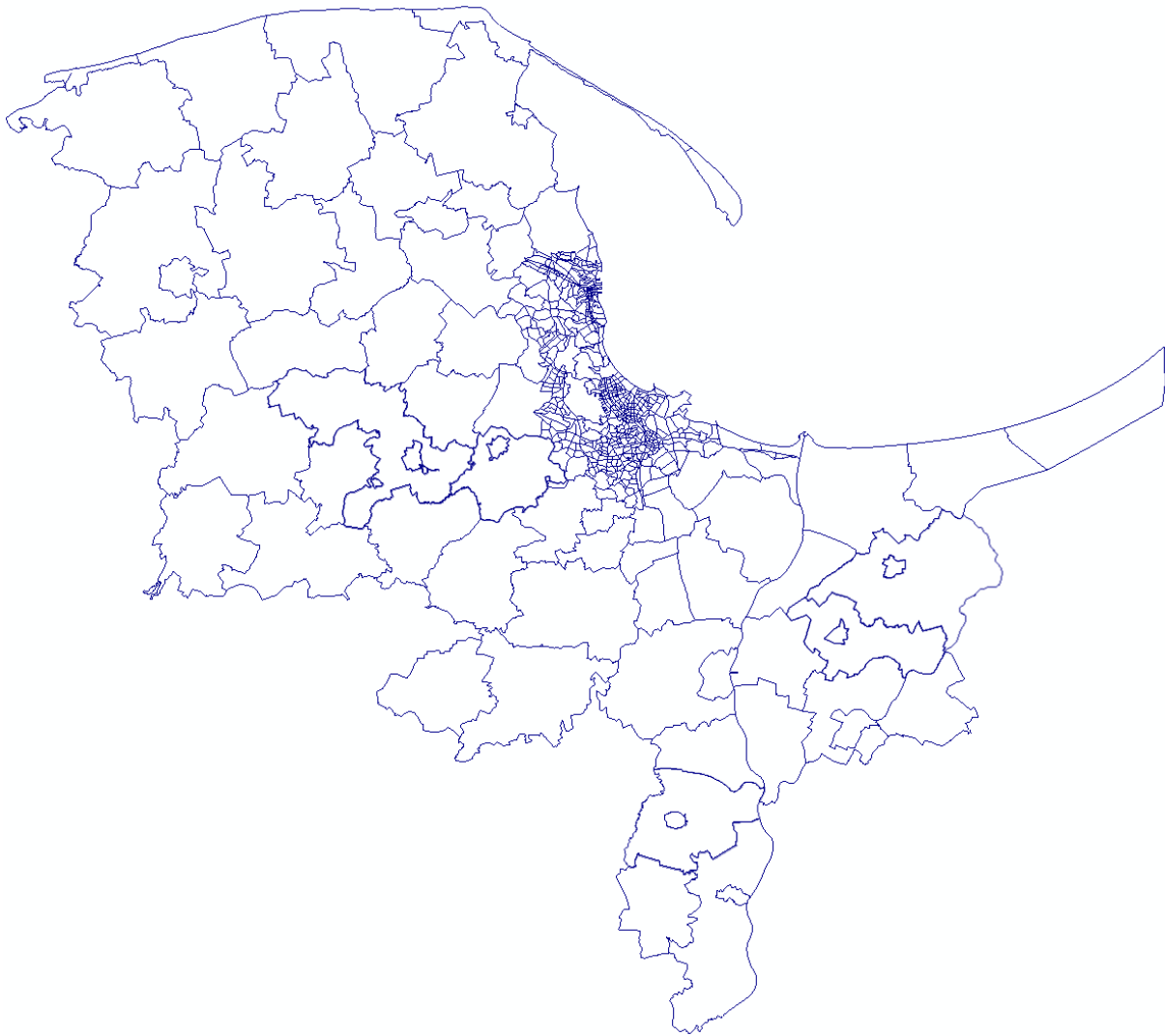
5.1. Podział obszaru na rejony transportowe

Model podróży swoim zasięgiem terytorialnym obejmuje granice administracyjne gmin i powiatów Obszaru Metropolitalnego Gdańsk-Gdynia-Sopot. Podczas modelowania podróży przyjęto podział tego obszaru na łącznie 417 rejonów transportowych. Dzieląc obszar na rejony, z racji dostępności danych oraz wykorzystania modelu do celów strategicznych, przyjęto zasadę, iż jedna gmina stanowi jeden rejon transportowy. Wyjątkami są:

- gminy bezpośrednio przylegające do Trójmiasta – z uwagi na ich zagospodarowanie przestrzenne oraz zróżnicowane zachowania transportowe ich mieszkańców dokonano ich dodatkowego podziału,
- miasta Trójmiasta – dokonano ich szczegółowego podziału na rejony analogicznie, jak zostało to wykonane w modelach makroskopowych tych miast zbudowanych w ramach projektu Civitas Dyn@mo. Gdańsk podzielono na 379 rejonów, Gdynię na 177 rejonów, Sopot na 6 rejonów.

W podziale na rejony transportowe Trójmiasta, uwzględniono wielkości potencjałów, tj. warunki fizjograficzne, liczbę mieszkańców oraz dostępność do sieci drogowej. Uwzględniono również zagospodarowanie terenu – podczas podziału oddzielono różne funkcje zagospodarowania przestrzennego. Wielkość i kształt rejonów zależały również od położenia względem centrum, w którym wyznaczone rejony są mniejsze niż w bardziej odległych rejonach, co wynika z różnic w gęstości zabudowy i zurbanizowania rejonów.

Rysunek 2. Podział OMGGS na rejony transportowe.



źródło: opracowanie własne

5.2. Dane charakteryzujące rejony transportowe

Metodyka obliczania danych do istniejących potencjałów transportowych

Dla obszaru Miasta Gdańska wykorzystane zostały potencjały ruchotwórcze opracowane na potrzeby budowy Transportowego Modelu Symulacyjnego Miasta Gdańska z 2022 roku (TMS).

Dla pozostałego obszaru z uwagi na brak gotowych danych konieczne było obliczenie nowych danych. W celu określenia istniejących potencjałów transportowych oparto się na danych dot. aktualnej liczby mieszkańców gmin w OMGGS przypisanej do rejonów transportowych oraz powierzchni użytkowych istniejących budynków o funkcji mieszkaniowej, handlowo-usługowej, przemysłowej i magazynowej oraz produkcyjnej rolnej.

Dane ludnościowe

Dane dotyczące obecnej liczby ludności w rejonach transportowych obliczono na podstawie danych GUS aktualnych na 31 grudnia 2021 roku w podziale na osoby w wieku produkcyjnym, przedprodukcyjnym i poprodukcyjnym. Dane ludnościowe zostały uzupełnione o liczbę pracowników gmin prezentowaną przez GUS w podziale na liczbę pracowników w przedsiębiorstwach zatrudniających powyżej 9 pracowników. Dla firm zatrudniających od 1 do 9 osób liczbę pracowników obliczono szacunkowo na podstawie liczby tego typu przedsiębiorstw z danych REGON oraz średniej liczby pracowników zatrudnionych w takich firmach na podstawie raportów GUS dot. działalności przedsiębiorstw o liczbie pracujących do 9 osób z lat 2013-2020.

Istniejące powierzchnie użytkowe

Powierzchnię użytkową obiektów budowlanych obliczono bazując na powierzchni całkowitej zabudowy oraz przyjętym wskaźniku powierzchni użytkowej rozumianym jako procent powierzchni całkowitej.

$$P_u = P_C \cdot w$$

P_u – powierzchnia użytkowa zabudowy¹.

P_C – powierzchnia całkowita zabudowy obliczona na bazie danych BDOT (powierzchnia zabudowy x liczba kondygnacji).

w – wskaźnik powierzchni zabudowy dobierany indywidualnie dla danego typu zabudowy.

Powierzchnia całkowita obiektów budowlanych została obliczona na podstawie najnowszej bazy danych BDOT (w zależności od obszaru dane z lat 2019-2022) na podstawie powierzchni zabudowy budynku oraz liczby kondygnacji budynków. W przypadku budynków gospodarstw rolnych z obliczeń wyłączono obiekty budowlane o powierzchni zabudowy poniżej 100 m² w celu wykluczenia przydomowych pomieszczeń gospodarczych oraz garaży (pojedynczych i zgrupowanych). W pozostałych grupach w obliczeniach uwzględniono wszystkie obiekty budowlane należące do danej grupy. Wartości istniejących powierzchni dla Miasta Gdańska zostały przyjęte zgodnie z danymi przekazanymi przez Biuro Rozwoju Gdańska. W celu ujednolicenia metodyki liczenia powierzchni dla Gdańska i pozostałych gmin OMGGS w obliczeniach przyjęto te same grupy obiektów budowlanych oraz takie same lub zbliżone wartości wskaźników. Ze względu na dostępność danych obliczenia dla gmin poza Gdańskiem zostały wykonane na bazie danych BDOT, a dla Gdańska na bazie danych EGIB. Ze względu na różny poziom aktualności baz danych oraz różnice w interpretacji klasyfikacji budynków mogą występować rozbieżności pomiędzy powierzchniami liczonymi na ich podstawie. Co do zasady jednak obie bazy danych stosują te same kategorie budynków, a klasyfikacja budynków w obu powinna być spójna.

¹ Powierzchnia użytkowa przyjęta do obliczeń rozumiana jest jako powierzchnia całkowita kondygnacji nadziemnych budynku pomniejszona o powierzchnię ścian zewnętrznych oraz wewnętrznych, włączając w nią powierzchnie komunikacji, wind oraz pomieszczeń technicznych.

Grupy obiektów budowlanych zgodnie z klasyfikacją PKOB² dla których obliczono powierzchnię użytkową, to:

1. Budynki mieszkalne (grupy 111,112 i 113 łącznie):
 - a. budynki mieszkalne jednorodzinne (klasa 1110);
 - b. budynki o dwóch mieszkaniach i wielomieszkaniowe (klasa 1121);
 - c. budynki o trzech i więcej mieszkaniach (klasa 1122);
 - d. budynki zamieszkania zbiorowego (klasa 1130).
2. Budynki biurowe (grupa 122):
 - a. budynki biurowe (klasa 1122):
3. Budynki handlowo-usługowe:
 - a. budynki handlowo-usługowe (klasa 1230).
4. Budynki przemysłowe i magazynowe (grupa 125):
 - a. budynki przemysłowe (klasa 1251);
 - b. zbiorniki, silosy i budynki magazynowe (klasa 1252).
5. Pozostałe budynki niemieszkalne (grupa 127):
 - a. budynki gospodarstw rolnych (klasa 1271).

Przyjęte wskaźniki powierzchni użytkowej dla poszczególnych grup i klas budynków:

Typ obiektów budowlanych		Przyjęty wskaźnik ³
Grupa	Klas	
Budynki mieszkalne	Budynki mieszkalne jednorodzinne	w=0,65
	Budynki o dwóch mieszkaniach i wielomieszkaniowe	
	Budynki o trzech i więcej mieszkaniach	
	Budynki zamieszkania zbiorowego	
Budynki biurowe	Budynki biurowe	w=0,75
Budynki handlowo-usługowe	Budynki handlowo-usługowe	w=0,75
Budynki przemysłowe i magazynowe	Budynki przemysłowe	w=0,80
	Zbiorniki, silosy i budynki magazynowe	w=0,80
Pozostałe budynki niemieszkalne	Budynki gospodarstw rolnych	w=0,80

² Polska Klasyfikacja Obiektów Budowlanych (PKOB) została wprowadzona rozporządzeniem Rady Ministrów

z dnia 30 grudnia 1999 r. (DZ.U. Nr 112, poz. 1316) wraz ze zmianami z 2002 r. (Dz. U. Nr 18, poz. 170).

³ Przyjęto na podstawie:

- Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego Gdyni (Uchwała nr XI/342/19 Rady Miasta Gdyni z dnia 28 sierpnia 2019 r.), s.115 oraz Jończak R., Pancewicz Ł., Synowiec G., Bilansowanie terenów przeznaczonych pod zabudowę na potrzeby studium – jak gospodarować przestrzenią w gminie?;
- Jończak R., Pancewicz Ł., Synowiec G., Bilansowanie terenów przeznaczonych pod zabudowę na potrzeby studium – jak gospodarować przestrzenią w gminie?, 2021, s. 101;
- Metric Handbook Planning and Design Data Third Edition, 2007, s.12-2;
- Danych przekazanych przez Biuro Rozwoju Gdańska;

Obliczone powierzchnie użytkowe poszczególnych grup i klas budynków zostały zagregowane do rejonów transportowych OMGGs. Przyjęte powierzchnie użytkowe na jednego mieszkańca/użytkownika dla poszczególnych typów zabudowy:

- zabudowa mieszkaniowa – 55 m²/mieszkańca (zabudowa wielorodz.), 75 m²/mieszkańca (zabudowa jednorodzinna)
- zabudowa handlowo-usługowa – 40 m²/pracownika.
- zabudowa biurowa - 20 m²/pracownika.
- budynki przemysłowe i magazynowe – 100 m²/pracownika.
- pozostałe budynki niemieszkalne – 100 m²/pracownika.

Dla poszczególnych rejonów transportowych dokonano aktualizacji w zakresie potencjalnych parametrów wpływających na wielkość generowanego i absorbowanego przez nie ruchu. W tym celu opracowano informacje dotyczące:

- liczby mieszkańców LM,
- liczby miejsc pracy ogółem LMP,
- liczby miejsc pracy w usługach LMPU,
- liczby miejsc edukacji (nauki) LME,
- powierzchni mieszkaniowej M,
- powierzchni biurowej B,
- powierzchni handlowo-usługowej,
- powierzchni produkcyjno-rolniczej R,
- powierzchni produkcyjno-przemysłowej P,
- powierzchni magazynowej M.

Dane dla poszczególnych rejonów transportowych zestawiono w tabeli poniżej.

Tabela 1. Zestawienie danych charakteryzujących rejon transportowe.

Nr	Rejon Nazwa	LM	LMP	LMPU	LME	Powierzchnia użytkowa [tys. m ²]					
						M	B	HU	R	P	M
401	Sopot	0	0	0	0	0.7	0.0	0.0	0.7	0.1	0.0
402	Sopot	7426	9331	7328	1396	344.5	74.2	50.2	12.6	8.2	5.1
403	Sopot	6757	6148	5099	744	300.2	26.4	30.6	0.4	0.0	0.0
404	Sopot	10229	6275	5015	8617	411.3	37.9	10.2	2.6	6.3	0.7
405	Sopot	8002	2499	1829	1686	247.2	4.5	6.3	0.6	3.7	0.4
406	Sopot	1225	364	310	742	55.6	1.2	7.7	2.5	0.7	0.0
501	Gdynia	4490	1056	778	881	133.9	0.7	1.2	0.8	0.3	0.0
502	Gdynia	1517	517	457	455	49.6	0.4	0.5	0.7	0.3	0.1
503	Gdynia	5350	919	764	1104	113.2	0.9	3.0	1.4	0.5	0.0
504	Gdynia	1853	324	186	0	98.7	0.4	0.2	2.0	0.2	0.0
505	Gdynia	2020	568	533	0	55.8	4.4	0.8	0.3	0.3	0.0
506	Gdynia	1424	454	400	1073	59.5	2.0	0.3	0.2	0.1	0.0
507	Gdynia	2	45	1	0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
508	Gdynia	155	286	57	0	5.9	1.2	0.5	2.1	2.5	4.8
509	Gdynia	1359	123	75	0	35.7	0.1	0.2	0.2	0.3	0.1
510	Gdynia	364	132	91	0	7.9	3.3	0.3	0.3	1.6	0.0
511	Gdynia	4824	498	353	0	132.6	0.0	2.0	0.7	0.6	0.0
512	Gdynia	110	28	23	0	4.7	0.0	0.6	2.7	0.5	2.3
513	Gdynia	818	297	253	574	19.9	0.7	0.0	1.3	0.1	0.0
514	Gdynia	1450	1471	1347	235	53.3	1.5	0.0	7.1	0.9	0.0
515	Gdynia	1406	85	67	0	50.9	0.1	1.4	0.4	0.6	0.0
516	Gdynia	5100	521	410	675	116.5	0.0	2.3	0.1	0.2	0.0
517	Gdynia	3762	479	391	146	103.9	0.9	2.4	0.0	0.8	0.0
518	Gdynia	2091	295	241	443	39.7	0.5	0.4	2.1	0.2	2.5
519	Gdynia	1279	292	250	84	76.0	0.0	0.2	2.1	0.4	1.7

Nr	Rejon	LM	LMP	LMPU	LME	Powierzchnia użytkowa [tys. m ²]					
	Nazwa					M	B	HU	R	P	M
520	Gdynia	2924	463	402	623	53.9	0.0	1.2	0.1	1.3	0.0
521	Gdynia	6062	796	565	798	111.6	0.0	3.9	0.8	1.1	0.0
522	Gdynia	3062	476	391	781	59.2	0.4	1.3	0.0	0.6	0.0
523	Gdynia	2160	508	455	1270	72.1	0.0	1.3	0.3	0.2	0.0
524	Gdynia	3310	368	252	126	73.8	1.3	1.7	0.2	0.1	0.0
525	Gdynia	2370	238	182	137	61.4	1.1	1.8	0.0	1.6	0.0
526	Gdynia	144	285	282	0	3.8	0.3	9.0	0.2	0.1	0.3
527	Gdynia	0	330	0	0	2.9	8.0	0.0	2.3	0.1	20.3
528	Gdynia	0	252	0	0	0.0	7.2	0.0	0.1	36.4	19.0
529	Gdynia	0	1488	533	0	0.2	8.6	0.2	13.7	28.5	37.2
530	Gdynia	163	2015	315	0	2.3	18.1	2.3	10.1	58.1	55.0
531	Gdynia	829	817	306	0	20.3	8.4	6.4	0.6	5.4	21.3
532	Gdynia	290	3810	2522	0	5.0	36.5	28.2	5.1	55.3	62.0
533	Gdynia	64	1852	611	115	1.0	39.2	0.4	19.2	116.2	51.8
534	Gdynia	229	228	97	0	2.7	3.0	0.1	0.9	9.2	1.8
535	Gdynia	0	3582	1451	139	0.4	46.8	0.0	0.8	13.9	133.7
536	Gdynia	80	5459	4860	0	9.3	23.5	0.1	0.0	3.5	16.1
537	Gdynia	310	3087	3051	58	8.7	6.2	3.3	0.3	0.9	8.5
538	Gdynia	795	1137	1035	0	33.0	3.4	8.0	0.1	0.0	0.0
539	Gdynia	4	23	23	0	0.0	27.7	0.2	0.1	0.4	0.0
540	Gdynia	786	1913	1724	0	39.5	12.4	0.6	0.0	0.0	0.0
541	Gdynia	246	904	858	112	27.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
542	Gdynia	70	493	420	0	0.0	0.2	2.6	1.4	0.0	0.0
543	Gdynia	1676	932	833	493	84.9	5.8	0.1	0.2	0.0	0.0
545	Gdynia	2146	973	875	2719	64.9	1.9	3.1	0.3	0.2	0.0
547	Gdynia	298	133	93	0	6.1	1.9	11.1	0.3	0.4	0.0
548	Gdynia	3258	396	322	846	53.2	1.5	1.2	0.4	0.4	0.3
549	Gdynia	2888	269	193	141	57.1	0.2	1.6	0.0	0.0	0.0
551	Gdynia	1471	330	217	0	31.6	0.6	0.9	0.1	0.1	0.0
552	Gdynia	231	387	373	0	8.9	0.9	5.4	0.0	0.6	0.0
553	Gdynia	826	235	206	0	16.9	2.1	0.1	0.6	1.3	0.0
554	Gdynia	4148	786	671	904	93.8	0.0	2.6	0.0	0.4	0.0
555	Gdynia	2711	1711	1516	0	67.9	1.4	8.7	4.7	3.5	1.8
556	Gdynia	1340	236	185	47	26.8	0.3	5.2	0.3	0.9	0.0
557	Gdynia	2843	398	323	17	61.0	1.6	5.7	0.1	0.9	0.0
558	Gdynia	1305	1192	815	6	38.8	52.2	1.5	0.1	1.9	0.2
559	Gdynia	804	323	282	1383	35.6	0.1	0.1	0.4	0.0	0.0
560	Gdynia	755	217	195	17	35.6	0.9	0.2	0.2	0.1	0.0
561	Gdynia	569	1975	1560	212	36.2	6.1	0.0	0.7	0.8	0.0
564	Gdynia	340	230	181	109	8.6	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
565	Gdynia	4880	1517	1385	1264	135.7	1.0	0.7	0.0	0.8	0.0
566	Gdynia	2556	893	807	1054	95.9	0.6	0.9	0.7	0.2	0.0
567	Gdynia	2476	412	290	101	56.8	0.6	0.2	0.0	0.0	0.0
568	Gdynia	2228	740	695	740	113.3	0.2	0.5	0.8	0.0	0.0
569	Gdynia	5753	2670	2434	641	216.3	2.2	2.0	0.4	0.8	0.0
572	Gdynia	4282	637	533	626	92.0	2.1	2.6	0.0	0.0	0.0
574	Gdynia	3563	287	212	434	82.1	0.0	1.9	0.8	0.0	0.0
575	Gdynia	195	23	21	0	4.7	0.0	0.9	1.6	0.0	0.0
576	Gdynia	6909	937	677	795	182.5	0.5	6.2	1.5	2.5	1.1
577	Gdynia	501	180	156	0	27.6	8.2	1.3	0.8	0.0	0.0
578	Gdynia	41	18	18	0	1.0	0.4	0.4	0.0	0.3	0.0
579	Gdynia	842	199	162	0	48.1	6.3	0.3	0.5	0.0	0.0
580	Gdynia	1185	467	379	650	50.3	0.6	0.3	0.0	1.8	0.0
581	Gdynia	528	909	786	772	28.0	0.0	38.6	0.4	1.2	0.0
582	Gdynia	1553	1021	653	855	88.6	4.3	2.5	2.1	0.0	0.0
583	Gdynia	243	121	79	0	28.2	1.9	0.0	1.6	0.3	0.5
584	Gdynia	2295	596	521	99	130.0	1.8	6.5	0.8	2.3	0.4
585	Gdynia	1494	364	323	0	54.9	0.8	1.6	0.5	0.0	0.1
586	Gdynia	2031	912	758	352	100.1	0.8	0.2	0.8	1.6	0.4
587	Gdynia	1281	482	368	0	64.9	1.5	2.0	1.0	0.0	0.0
588	Gdynia	625	987	578	523	16.8	1.2	2.6	0.8	4.0	2.4
589	Gdynia	1924	265	207	18	72.8	1.0	0.7	4.3	0.2	0.0
590	Gdynia	2882	206	168	0	49.5	0.3	2.2	0.0	0.0	0.0
591	Gdynia	1775	438	342	670	58.4	0.4	2.7	0.7	1.7	0.0
592	Gdynia	1662	347	302	0	112.7	0.5	1.2	0.4	0.3	0.0
593	Gdynia	1190	338	315	434	33.0	0.0	0.2	0.0	0.6	0.0

Nr	Rejon	LM	LMP	LMPU	LME	Powierzchnia użytkowa [tys. m ²]					
	Nazwa					M	B	HU	R	P	M
595	Gdynia	1870	213	146	24	51.6	0.5	0.6	0.8	0.3	0.0
596	Gdynia	6	11	11	0	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
597	Gdynia	1729	216	140	133	56.8	0.0	0.1	0.5	0.4	0.0
598	Gdynia	1663	282	260	0	89.2	0.0	0.8	1.2	1.6	0.0
599	Gdynia	374	32	29	0	9.3	0.0	0.0	3.8	0.0	0.0
600	Gdynia	2609	1160	1114	266	163.2	0.3	5.7	1.6	0.1	0.0
601	Gdynia	27	99	84	0	0.2	0.2	0.0	0.9	1.3	0.0
602	Gdynia	2153	628	508	869	100.2	0.1	1.1	0.6	0.0	2.1
603	Gdynia	815	142	132	177	35.0	0.0	0.1	3.7	0.0	0.0
604	Gdynia	812	146	136	102	87.6	0.0	0.2	0.2	0.1	0.3
605	Gdynia	446	225	214	1696	22.7	0.5	1.8	0.8	0.0	0.0
606	Gdynia	1506	375	348	25	51.6	0.7	1.5	2.1	1.3	0.0
607	Gdynia	1013	533	527	107	22.7	0.0	0.0	3.4	0.0	0.0
608	Gdynia	69	20	17	0	4.8	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0
609	Gdynia	322	90	90	0	5.9	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0
610	Gdynia	6307	1290	1057	1176	186.2	0.2	1.9	0.7	0.5	0.0
611	Gdynia	2589	370	297	0	105.2	0.4	0.3	0.1	0.0	0.0
612	Gdynia	342	76	59	0	26.9	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
613	Gdynia	335	101	85	0	25.7	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
614	Gdynia	1106	194	147	32	46.5	0.0	0.7	0.1	0.0	0.0
615	Gdynia	3613	623	485	551	102.3	0.5	0.5	0.0	3.1	0.0
616	Gdynia	412	509	268	0	2.5	18.7	1.3	1.1	9.3	16.4
617	Gdynia	121	551	217	0	1.5	5.1	2.3	2.1	7.4	10.2
618	Gdynia	121	819	754	0	1.8	0.2	16.9	0.3	0.1	0.0
619	Gdynia	2741	465	402	906	77.8	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0
621	Gdynia	3819	572	495	982	82.4	0.4	0.9	0.0	1.3	0.0
622	Gdynia	2117	467	305	271	94.3	0.7	1.1	0.6	2.2	0.2
623	Gdynia	1743	412	359	83	109.4	0.0	2.1	0.1	1.3	0.0
624	Gdynia	3860	683	517	207	84.4	0.4	3.0	0.1	0.5	0.0
625	Gdynia	199	1645	1635	0	10.3	0.0	0.0	0.4	0.3	1.2
626	Gdynia	2468	468	312	8	109.3	0.3	2.3	1.1	0.1	0.2
627	Gdynia	4274	688	594	44	147.0	0.0	1.0	0.0	0.8	0.0
629	Gdynia	127	596	570	0	0.0	2.0	4.5	0.7	65.2	13.8
630	Gdynia	369	727	298	0	7.3	4.0	0.4	0.9	6.7	6.6
631	Gdynia	456	214	116	0	18.4	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0
632	Gdynia	453	79	74	0	18.2	0.0	0.0	0.6	0.1	0.0
633	Gdynia	1786	424	395	595	78.0	0.0	0.2	1.5	0.8	0.0
634	Gdynia	2031	395	293	82	103.7	1.5	1.2	0.6	1.2	0.1
635	Gdynia	166	34	12	0	11.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
637	Gdynia	2258	407	288	616	49.6	0.5	0.5	0.0	0.2	0.0
639	Gdynia	3092	722	559	785	67.1	1.6	2.0	1.0	0.1	0.0
640	Gdynia	356	68	65	0	17.6	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
641	Gdynia	56	28	25	67	2.7	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
642	Gdynia	20	6	3	0	0.4	3.0	0.0	2.9	0.0	0.8
643	Gdynia	104	18	18	0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
644	Gdynia	987	258	164	0	45.9	0.7	0.6	0.2	3.2	0.0
645	Gdynia	1392	143	115	52	31.6	0.1	0.2	0.2	0.5	0.0
647	Gdynia	2156	1638	1606	2407	51.6	0.9	0.1	0.2	1.6	0.0
648	Gdynia	1742	401	341	0	62.7	0.3	0.4	0.0	0.0	0.0
649	Gdynia	304	2057	2052	0	0.4	5.1	3.4	0.4	0.3	10.0
650	Gdynia	4192	695	597	768	86.6	0.3	2.5	0.5	0.6	0.1
652	Gdynia	2172	831	260	33	53.6	3.3	2.2	1.0	6.9	1.1
653	Gdynia	0	7	0	0	3.7	14.0	0.0	16.3	32.1	4.2
654	Gdynia	790	79	67	0	28.4	0.0	0.0	0.5	0.2	0.0
655	Gdynia	435	283	147	0	5.3	1.2	4.2	1.1	7.4	17.0
656	Gdynia	49	959	481	0	2.1	9.2	2.5	3.8	9.3	39.8
657	Gdynia	310	1094	705	0	9.1	11.3	0.0	1.5	0.2	2.2
658	Gdynia	2	604	174	0	0.0	1.0	0.0	2.9	7.8	35.9
659	Gdynia	0	397	394	0	0.0	0.0	17.8	0.8	0.0	0.0
660	Gdynia	1916	215	161	0	35.1	0.3	2.0	0.3	0.5	0.0
661	Gdynia	335	690	458	0	4.6	8.5	1.7	1.5	3.7	2.5
662	Gdynia	1440	333	266	507	33.8	0.6	0.0	0.1	1.5	0.1
663	Gdynia	1249	294	233	0	44.2	0.4	2.0	0.3	0.0	0.0
664	Gdynia	62	922	896	0	2.0	8.8	4.5	0.0	0.0	0.0
665	Gdynia	398	569	562	99	11.5	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0
666	Gdynia	606	779	768	0	22.4	3.9	0.4	0.3	0.0	0.0

Nr	Rejon Nazwa	LM	LMP	LMPU	LME	Powierzchnia użytkowa [tys. m ²]					
						M	B	HU	R	P	M
667	Gdynia	250	650	643	0	11.2	4.7	0.3	0.0	0.0	0.0
668	Gdynia	280	920	882	0	17.6	8.3	0.6	0.2	0.0	0.0
669	Gdynia	736	1571	1487	0	56.7	4.0	1.9	0.0	0.0	0.0
670	Gdynia	302	915	898	4	14.6	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
671	Gdynia	244	708	678	468	8.0	5.4	0.3	0.0	0.0	0.0
672	Gdynia	59	453	449	0	4.3	3.2	0.4	0.3	0.3	0.0
673	Gdynia	809	1796	1734	0	42.3	31.2	0.0	0.1	0.0	0.0
674	Gdynia	1001	1361	1314	935	59.9	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0
675	Gdynia	230	2197	1794	0	41.0	19.1	0.0	0.0	0.0	0.0
676	Gdynia	794	1266	1246	0	29.2	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0
677	Gdynia	414	1249	1226	1284	19.2	3.2	13.4	0.2	0.0	0.0
678	Gdynia	815	1073	1039	0	43.9	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
679	Gdynia	400	638	617	179	16.1	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0
680	Gdynia	1981	963	935	708	55.9	3.4	0.5	0.0	0.0	0.0
681	Gdynia	657	814	783	0	29.8	0.8	0.1	0.1	0.0	0.0
682	Gdynia	1427	2149	1843	0	69.0	9.6	0.0	0.1	0.0	0.0
683	Gdynia	684	1080	1043	0	33.8	8.1	0.0	0.1	0.0	0.0
684	Gdynia	201	836	833	1033	4.5	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
685	Gdynia	67	519	436	0	3.5	12.0	0.1	0.4	0.0	0.0
686	Gdynia	58	2498	2499	0	0.3	1.7	48.0	0.0	0.0	0.0
687	Gdynia	46	124	117	0	0.2	2.1	0.0	0.4	0.0	0.9
688	Gdynia	44	959	515	0	0.0	49.0	7.0	0.3	0.5	4.5
689	Gdynia	45	304	184	0	0.0	28.8	0.0	0.0	0.0	0.0
691	Gdynia	806	185	167	0	38.1	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0
692	Gdynia	303	73	70	0	11.9	0.7	0.0	0.5	0.0	0.0
693	Gdynia	221	82	78	0	7.9	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0
701	Hel	3212	1177	617	251	108.5	10.0	3.1	44.4	2.1	7.7
702	Jastarnia	4081	1172	905	354	211.3	6.1	5.4	10.6	1.1	1.4
703	Władysławowo	15293	2192	1621	2077	1119.4	41.5	27.4	39.1	36.0	15.3
704	Krokowa	10810	4718	1610	1909	509.2	30.3	7.2	183.5	100.5	14.6
705	Puck	27069	8524	1995	4075	1061.8	22.8	14.9	275.4	154.1	22.2
706	Puck (gm. miejska)	11139	4722	3780	4004	327.6	36.9	43.6	17.5	34.9	13.5
707	Kosakowo	16419	5659	2763	3116	845.5	16.1	41.6	125.2	33.4	35.2
708	Choczewo	5446	1437	232	600	232.9	4.5	2.8	97.3	40.7	4.7
709	Gniewino	7456	2463	670	1098	231.1	9.4	4.5	91.8	44.2	9.0
710	Łęczycze	12102	3576	609	1750	323.3	7.2	6.5	197.9	36.0	12.5
711	Wejherowo_1	20741	9710	2124	3496	682.7	8.0	13.9	87.2	119.2	31.7
712	Luzino	16855	5394	1740	2966	558.6	11.3	14.7	142.8	35.5	9.0
713	Wejherowo (gm. miejska)	49099	18208	14886	13782	1165.4	70.6	105.7	30.7	51.2	58.3
714	Reda	26707	7312	4446	5670	747.7	15.4	32.8	35.7	41.0	18.4
715	Rumia	49536	9756	7400	9927	1445.6	21.4	147.9	44.1	68.7	24.1
716	Wejherowo_2	6436	2515	397	1039	307.0	4.7	0.9	81.0	37.4	8.2
717	Szemud_2	10158	4396	941	2326	573.6	8.1	8.1	162.6	34.0	21.9
718	Szemud_1	8462	7171	929	1314	268.9	3.8	4.9	179.1	20.4	4.0
719	Linia	6459	2021	159	884	208.3	1.2	3.3	153.5	10.4	1.5
720	Łeba	3541	2148	1630	363	249.3	8.3	19.1	16.1	8.6	1.0
721	Wicko	6034	1599	260	590	260.8	4.1	2.1	111.9	13.3	5.5
722	Nowa Wieś Lęborska	13786	4541	954	1574	521.4	14.2	9.0	253.0	61.0	26.2
723	Lębork	35101	14714	8763	8992	967.1	53.9	87.2	48.0	175.4	73.7
724	Cewice	7621	1748	172	1217	250.4	3.4	3.1	200.4	17.7	2.2
725	Sierakowice	20361	7960	1601	4956	838.8	12.4	29.3	411.8	68.8	48.9
726	Kartuzy - obszar wiejski	19761	6972	1193	3153	845.4	4.6	18.4	276.3	35.6	14.9
727	Kartuzy - miasto	14276	8193	6403	6654	418.7	36.3	38.2	17.5	31.8	26.3
728	Przodkowo	9932	4527	879	2187	470.2	7.8	9.9	202.7	40.6	11.7
729	Żukowo_1	5874	3893	1988	752	275.1	13.2	25.9	59.8	35.3	27.3
730	Żukowo_2	16219	7241	3651	3810	944.8	29.8	36.2	116.9	71.4	35.3
731	Żukowo_3	20271	4889	1275	1918	678.8	10.7	12.1	179.7	38.9	8.4
732	Żukowo - miasto	6728	4480	2620	3141	271.8	11.3	16.4	9.0	40.4	9.5
733	Chmielno	7872	2948	623	1248	338.6	7.2	5.6	160.8	17.8	1.9
734	Sulęczyño	5616	1865	245	882	320.2	2.4	3.7	125.5	11.1	1.9
735	Stężycza	10765	4177	876	2365	510.7	7.9	8.7	197.4	19.1	12.6
736	Somonino	10945	3488	722	2140	439.5	4.4	9.8	137.5	24.0	12.7
737	Otomin	1051	324	140	0	77.3	1.9	0.1	5.6	3.0	4.5
738	Kolbudy_1	13112	2794	1136	1884	491.3	14.7	11.6	67.1	55.1	13.3
739	Kowale	4001	2905	1447	2828	191.1	13.2	27.0	5.1	4.0	185.8
740	Borkowo	3010	115	67	1094	202.6	2.0	0.1	3.7	1.0	3.2

Rejon		LM	LMP	LMPU	LME	Powierzchnia użytkowa [tys. m ²]					
Nr	Nazwa					M	B	HU	R	P	M
741	Jankowo gdańskie	826	187	30	15	67.0	0.4	0.0	3.6	5.6	0.4
742	Straszyn	9290	2888	1758	2711	496.1	14.6	16.9	14.2	33.6	23.0
743	Juszkowo	5694	2960	642	342	266.1	8.3	1.2	37.6	57.2	71.2
744	Pruszcz Gdański (gm. miejska)	31578	17933	11966	7698	958.2	68.3	107.7	61.0	86.7	192.0
745	Rokitnica	2670	546	73	185	138.7	0.9	0.5	28.7	4.3	2.5
746	Pruszcz Gdański_1	4379	2685	773	653	142.3	3.1	13.8	42.5	23.1	76.0
747	Cedry Wielkie	6986	2217	508	794	214.9	6.8	5.3	112.2	21.0	28.9
748	Cieplewo-Rusocin-Żukczyn	6316	1451	417	1519	207.6	8.5	8.7	40.2	44.6	88.7
749	Suchy Dąb	4248	1281	267	565	129.0	4.4	1.7	80.6	6.3	15.5
750	Pszczółki	9927	3199	1183	1553	429.0	10.5	8.0	66.2	33.1	20.1
751	Trąbki Wielkie	11242	2971	871	1531	435.6	10.5	8.0	134.9	21.8	15.8
752	Przywidz	5997	1890	301	697	252.7	1.6	4.5	97.9	2.9	1.4
753	Tczew - obszar wiejski	15335	6769	934	2071	641.4	14.8	5.2	269.3	138.1	134.9
754	Tczew - miasto	59430	25512	17021	14304	1419.6	91.6	144.1	41.9	227.5	94.4
755	Subkowy	5499	1639	322	600	193.5	6.2	2.3	126.1	9.9	16.2
756	Pelplin - obszar wiejski	16021	2742	446	702	249.4	8.5	3.2	207.5	19.5	40.7
757	Pelplin - miasto	7597	2287	1531	1651	190.0	11.1	12.7	15.0	12.8	16.7
758	Morzeszczyn	3649	951	106	371	114.9	2.3	1.9	104.5	10.0	13.3
759	Gniew - obszar wiejski	15286	2455	280	761	288.7	4.7	1.8	176.8	19.9	19.9
760	Gniew - miasto	6608	2385	1375	1252	146.6	9.8	12.6	14.8	30.7	5.0
761	Krynica Morska	1290	881	720	92	141.9	4.1	4.9	6.6	0.4	0.3
762	Sztutowo	3622	1197	301	379	219.8	2.1	3.8	42.2	4.8	15.3
763	Stegna	9713	3310	1002	1075	516.4	7.3	15.9	157.8	5.3	17.2
764	Ostaszewo	3206	1156	192	308	111.1	2.0	2.3	66.4	7.5	5.4
765	Nowy Dwór Gdański - obszar wiejski	17607	1996	289	441	235.9	5.4	2.8	179.7	7.3	20.1
766	Nowy Dwór Gdański - miasto	9862	3944	2882	2443	247.8	17.4	25.8	13.2	23.5	16.8
767	Nowy Staw - obszar wiejski	7580	709	110	0	105.4	3.1	2.2	99.9	3.0	14.8
768	Nowy Staw - miasto	4226	1097	684	711	109.6	9.9	7.4	17.8	8.4	18.1
769	Lichnowy	4618	993	143	390	127.7	2.7	1.5	76.9	4.6	27.0
770	Stare Pole	4706	1326	339	564	137.7	6.4	3.5	95.8	10.2	13.6
771	Malbork - obszar wiejski	4858	1411	293	239	246.3	4.2	7.1	122.3	10.7	16.0
772	Malbork - miasto	38101	13155	9616	8557	1055.7	76.1	113.6	59.1	106.6	65.1
773	Mińtoradz	3341	825	243	312	109.4	6.5	1.7	75.4	1.5	15.8
793	Skarszewy	14958	2114	611	1122	433.3	16.9	18.5	235.0	54.5	21.0
794	Liniewo	4609	1561	240	440	193.9	2.7	5.6	130.8	11.9	6.8

źródło: opracowanie własne

5.3. Prognoza zmian potencjałów ruchotwórczych

Stany prognostyczne, dla których opracowano model scharakteryzowano pod względem założeń zmian na sieci transportowej, a także zmian demograficznych i w zagospodarowaniu przestrzennym, które przekładają się na potencjały ruchotwórcze. W tym celu na podstawie analiz dokumentów i opracowań planistycznych opracowano założenia zmian potencjałów ruchotwórczych dla poszczególnych rejonów transportowych.

W celu określenia przyszłościowych potencjałów transportowych oparto się na prognozie zmiany liczby ludności GUS z 2017 roku. W danych uwzględniono podział na liczbę mieszkańców w wieku przedprodukcyjnym, produkcyjnym i poprodukcyjnym. Dla gmin miejsko-wiejskich, na których terenie zlokalizowane są dwa rejonu transportowe – jeden obejmujący miasto, drugi obejmujący wieś, prognozowaną liczbę mieszkańców przyjęto szacunkowo na bazie danych GUS, opierając się na dotychczasowych trendach zmian w liczbie mieszkańców tych obszarów. Docelowo prognozy zmiany liczby mieszkańców w perspektywie do 2030 oraz 2040 roku zostaną obliczone na bazie prognozy GUS z 2017 roku oraz skorygowane o wyniki Narodowego Spisu Powszechnego z 2021 roku.

6. Modelowanie generacji podróży

Modelowanie generacji podróży polega na zamianie miar aktywności transportowej mieszkańców obszaru na liczbę podróży, poprzez zapis liczbowy relacji występujących pomiędzy aktywnościami miejskimi a podróżami. Na tym etapie określa się związek pomiędzy podróżami, a zagospodarowaniem przestrzennym i charakterystykami społeczno-ekonomicznymi w rejonach transportowych.

Z uwagi na brak danych dotyczących zachowań transportowych mieszkańców OMGGS niemożliwe było zbudowanie nowych funkcji matematycznych je odzwierciedlających. Wykorzystując własności modeli syntetycznych, do opracowania modelu wykorzystano modele zachowań transportowych mieszkańców Gdańska, opracowane na podstawie Gdańskich Badań Ruchu w 2022 roku oraz badań zachowań transportowych mieszkańców Obszaru Metropolitalnego Gdańsk-Gdynia-Sopot z 2014 roku, wykonanych na potrzeby opracowania Strategii Transportu i Mobilności OMGGS. Spośród badań OMGGS wyróżniono zachowania transportowe mieszkańców gmin poza Trójmiastem, w celu odwzorowania zachowań tej grupy mieszkańców i odniesienie ich do pozostałych gmin w OMGGS.

W zbudowanych modelach generacji podróży wykorzystano metodę regresji, która polega na opisie statystycznym zależności występujących pomiędzy produkcją i atrakcją rejonów transportowych, a zmiennymi charakteryzującymi podróżujących, rejon transportowy, czy sieć transportową (zmiennie niezależne lub zmiennie objaśniające). W metodzie rozpatruje się zbiór obserwacji y_i (gdzie $i = 1, 2, \dots, n$) określonej zmiennej y , która jest zależna od szeregu zmiennych x_{1i}, \dots, x_{ki} , dla których zostały zaobserwowane wartości y_i . Dla znanych zmiennych niezależnych dla obserwacji i metodą regresji liniowej szacuje się wartości parametrów przy zmiennych niezależnych w równaniu regresji. Najczęściej wykorzystywaną metodą wyznaczania współczynników modelu jest metoda najmniejszych kwadratów oraz pochodne tej metody.

6.1. Motywacje i rodzaje podróży

W modelu podróży dla OMGGS wykorzystano podział podróży na siedem standardowych motywacji:

- dom – praca,
- praca – dom,
- dom – nauka,
- nauka – dom,
- dom – inne,
- inne – dom,
- niezwiązane z domem.

Dodatkowo, zachowując spójność z TMS zachowania transportowe mieszkańców Gdańska podzielono na dziewięć motywacji wyróżniając z motywacji związanych z nauką podróże związane z uczelnią i szkołą.

Zmiennymi objaśnianymi zatem były zmienne opisujące generację i absorpcję rejonu transportowego dla każdej z powyższych motywacji. Ponadto z uwagi na złożoność analizowanego obszaru i zróżnicowane zachowania transportowe mieszkańców Trójmiasta i pozostałego obszaru, podróże podzielono na siedem grup, dla których opracowano modele generacji i absorpcji dla każdej z powyższych siedmiu motywacji. Podziału dokonano na podstawie rodzaju podróży na następujące grupy:

- podróże wewnątrz Gdańska,
- podróże wewnątrz Gdyni,
- podróże z Gdańska do Gdyni,
- podróże z Gdyni do Gdańska,
- podróże wewnątrz pozostałego terytorium OMGGS,
- podróże z pozostałych rejonów OMGGS do Trójmiasta,
- podróże z Trójmiasta do pozostałych rejonów OMGGS.

Specyfika podróży regionalnych z uwagi na zróżnicowane uwarunkowania każdej z gmin (blisko dużych miast, dostępność transportowa itp.) powoduje, że matematyczne odwzorowanie zachowań transportowych jest bardzo trudne, zwłaszcza w przypadku braku aktualnych kompleksowych badań ruchu. Istotnie pomocnym materiałem w zakresie określania wielkości popytu na podróże oraz rozkładu przestrzennego podróży były dane pozyskane przez województwo pomorskie, Obszar Metropolitalny Gdańsk-Gdynia-Sopot oraz miasta Gdańsk i Gdynię od operatora telefonii komórkowej w zakresie przemieszczeń osób w obszarze województwa. Dane wykorzystano na etapie generacji podróży. Dla każdego z rejonów transportowych określono liczbę podróży wewnątrzpowiatowych, międzypowiatowych, do/z Trójmiasta.

Powyższe podejście wpłynęło pozytywnie na odwzorowanie zachowań transportowych podróźnych w analizowanym obszarze oraz uprościło kalibrację modelu.

6.2. Zmienne objaśniające wykorzystane podczas modelowania

Podczas modelowania generacji podróży przeanalizowano zebrane zmienne objaśniające zagregowane do poziomu rejonu transportowego. Dane te zaczerpnięto z GUS oraz modeli transportowych Gdańska, Gdyni, Sopotu oraz OMGGS. Uzyskane dane wraz z przypisanymi im symbolami zestawiono poniżej:

- LM - liczba mieszkańców,
- LM1 - liczba mieszkańców w wieku przedprodukcyjnym,
- LM2 - liczba mieszkańców w wieku produkcyjnym,
- LMP - liczba miejsc pracy ogółem,
- LMPU - liczba miejsc pracy w usługach,
- LME - liczba miejsc edukacji.

6.3. Modele generacji podróży mieszkańców

W oparciu o wykonaną analizę statystyczną zmiennych zbudowane zostały modele generowania podróży dobowych, tj. modele produkcji i atrakcji rejonów komunikacyjnych, dla poszczególnych motywacji podróży. W zaktualizowanym modelu

wykorzystano funkcje generacji i absorpcji z pierwotnego modelu z uwagi na brak nowych danych. Podjęto również próbę wykorzystania eksperckich „uniwersalnych” modeli generacji i absorpcji, jednak zrezygnowano z tego podejścia z uwagi na brak podstaw teoretycznych do przyjęcia takiego podejścia oraz nieznaczającą poprawę osiągniętych końcowych wyników. Zastosowane modele generacji i absorpcji dla każdej z grupy podróży przedstawiono poniżej (tabela 2).

Tabela 2. Modele generacji podróży mieszkańców

Wewnątrz Gdańska		
	Generacja	Absorpcja
Dom-Praca	$0.623 * LM2_GD$	$0.511 * LMPU_GD + 0.499 * LMPP_GD$
Praca-Dom	$0.4 * LMPU_GD + 0.447 * LMPP_GD$	$0.491 * LM2_GD$
Dom-Szkoła	$0.505 * LM1_GD$	$0.446 * LME0_GD + 0.694 * LM1_GD + 0.429 * LME2_GD$
Szkoła-Dom	$0.473 * LME0_GD + 0.643 * LME1_GD + 0.417 * LME2_GD$	$0.48 * LM1_GD$
Dom-Uczelnia	$0.01955 * LM_GD$	$0.11 * EDU3_GD$
Uczelnia-Dom	$0.11 * LME3_GD$	$0.016 * LM_GD$
Dom-Inne	$0.256 * LM_GD$	$0.164 * LMPU + 0.015 * POWH + 0.147 * LM_GD$
Inne-dom	$0.159 + LMPU_GD + 0.028 * POWH_GD + 0.184 * LM_GD$	$0.333 * LM_GD$
Niezwiązane z domem	$0.115 * LMPU_GD + 0.004 * POWH_GD + 0.059 * LM_GD$	$0.077 * LMPU_GD + 0.013 * POWH_GD + 0.06 * LM_GD$
Wewnątrz Gdyni i Sopotu		
	Generacja	Absorpcja
Dom-Praca	$0,32 * LM_GA^{1,02}$	$0,6 * LMP_GA^{1,03}$
Praca-Dom	$0,56 * LMP_GA^{1,01}$	$0,27 * LM_GA^{1,04}$
Dom-Nauka	$0,12 * LM_GA^{0,96}$	$0,33 * LME_GA + 0,19$
Nauka-Dom	$0,4 * LME_GA^{0,88+15}$	$0,11 * LM_GA^{0,99}$
Dom-Inne	$0,36 * LM_GA^{0,91}$	$0,93 * LMPU_GA^{0,77}$
Inne-dom	$0,99 * LMPU_GA^{0,78}$	$0,39 * LM_GA^{0,89}$
Niezwiązane z domem	$0,38 * LMPU_GA + 0,08$	$0,53 * LMPU_GA^{0,8}$
Z Gdańska do Gdyni		
	Generacja	Absorpcja
Dom-Praca	$0.623 * LM2_GD$	$0,6 * LPO_GA^{1,03}$
Praca-Dom	$0.4 * LMPU_GD + 0.447 * LMPP_GD$	$0,27 * LM_GA^{1,04}$
Dom-Nauka	$0.505 * LM1_GD$	$0,33 * LME_GA + 0,19$
Nauka-Dom	$0.473 * LME0_GD + 0.643 * LME1_GD + 0.417 * LME2_GD$	$0,11 * LM_GA^{0,99}$
Dom-Inne	$0.256 * LM_GD$	$0,93 * LPU_GA^{0,77}$
Inne-dom	$0.159 + LMPU_GD + 0.028 * POWH_GD + 0.184 * LM_GD$	$0,39 * LM_GA^{0,89}$
Niezwiązane z domem	$0.115 * LMPU_GD + 0.004 * POWH_GD + 0.059 * LM_GD$	$0,53 * LPU_GA^{0,8}$
Z Gdyni do Gdańska		

	Generacja	Absorpcja
Dom-Praca	$0,32*LM_GA^1,02$	$0.511*LMPU_GD + 0.499*LMPP_GD$
Praca-Dom	$0,56*LPO_GA^1,01$	$0.491*LM2_GD$
Dom-Nauka	$0,12*LM_GA^0,96$	$0.446*LME0_GD + 0.694*LM1_GD + 0.429*LME2_GD$
Nauka-Dom	$0,4*LME_GA^0,88+15$	$0.48*LM1_GD$
Dom-Inne	$0,36*LM_GA^0,91$	$0.164*LMPU + 0.015*POWH + 0.147*LM_GD$
Inne-dom	$0,99*LPU_GA^0,78$	$0.333*LM_GD$
Niezwiązane z domem	$0,38*LPU_GA+0,08$	$0.077*LMPU_GD + 0.013*POWH_GD + 0.06*LM_GD$

Poza Trójmiastem

	Generacja	Absorpcja
Dom-Praca	$0,4*LM_R$	$0,85*LMP_R$
Praca-Dom	$0,85*LMP_R^1,12$	$0,37*LM$
Dom-Nauka	$1,15*LM_R$	$0,9*LME_R$
Nauka-Dom	$0,9*LME_R$	$0,18*LM_R$
Dom-Inne	$0,2*LM_R^1,06$	$0,93*LMPU_R^0,77$
Inne-dom	$0,99*LMPU_R^0,78$	$0,22*LM_R$
Niezwiązane z domem	$0,03*LMP_R + 0,02*LME_R + 0,93*LMPU^0,77$	$0,03*LMP_R + 0,02*LME_R + 0,93*LMPU^0,77$

Do Trójmiasta

	Generacja	Absorpcja
Dom-Praca	$0,4*LM_R$	$0.511*LMPU_GD + 0.499*LMPP_GD + 0,6*LMP_GA^1,03$
Praca-Dom	$0,85*LMP_R^1,12$	$0.491*LM2_GD + 0,27*LM_GA^1,04$
Dom-Nauka	$1,15*LM_R$	$0.446*LME0_GD + 0.694*LM1_GD + 0.429*LME2_GD + 0,33*LME_GA+0,19$
Nauka-Dom	$0,9*LME_R$	$0.48*LM1_GD + 0,11*LM_GA^0,99$
Dom-Inne	$0,2*LM_R^1,06$	$0.164*LMPU + 0.015*POWH + 0.147*LM_GD + 0,93*LMPU_GA^0,77$
Inne-dom	$0,99*LMPU_R^0,78$	$0.333*LM_GD + 0,39*LM_GA^0,89$
Niezwiązane z domem	$0,03*LMP_R + 0,02*LME_R + 0,93*LMPU^0,77$	$0.077*LMPU_GD + 0.013*POWH_GD + 0.06*LM_GD + 0,53*LMPU_GA^0,8$

Z Trójmiasta

	Generacja	Absorpcja
Dom-Praca	$0.623*LM2_GD + 0,32*LM_GA^1,02$	$0,85*LMP_R$
Praca-Dom	$0.4*LMPU_GD + 0.447*LMPP_GD + 0,56*LMP_GA^1,01$	$0,37*LM$
Dom-Nauka	$0.505*LM1_GD + 0,12*LM_GA^0,96$	$0,9*LME_R$
Nauka-Dom	$0.473*LME0_GD + 0.643*LME1_GD + 0.417*LME2_GD + 0,4*LME_GA^0,88+15$	$0,18*LM_R$
Dom-Inne	$0.01955*LM_GD + 0,36*LM_GA^0,91$	$0,93*LMPU_R^0,77$
Inne-dom	$0.11*LME3_GD$	$0,22*LM_R$

	+0,99*LMPU_GA^0,78	
Niezwiązane	0.256*LM_GD	
z domem	+0,38*LMPU_GA+0,08	0,03*LMP_R+0,02*LME_R+0,93*LMPU^0,77

W modelu uwzględniono możliwość odwzorowania ruchu w godzinach szczytu porannego i popołudniowego. Na podstawie badań OMGGs przyjęto udziały podróży w poszczególnych motywacjach dla godziny szczytu porannego i popołudniowego (tabela 3).

Tabela 3. Wskaźniki przeliczeniowe udziału podróży w poszczególnych motywacjach w analizowanych godzinach szczytu porannego i popołudniowego

Motywacja	Udział podróży w godzinach	
	7:00-8:00	15:00-16:00
Dom - Praca	0.320	0.003
Praca - Dom	0.001	0.290
Dom - Nauka	0.590	0.001
Nauka - Dom	0.001	0.124
Dom - Inne	0.064	0.064
Inne - Dom	0.015	0.105
Niezwiązane z domem	0.078	0.209

7. Model rozkładu przestrzennego

Rozkład przestrzenny podróży jest drugim etapem czterostopniowego modelu transportowego w którym to rozdziela się podróże pomiędzy rejonami transportowymi za pomocą dostępnych algorytmów. Do budowy rozkładu przestrzennego podróży wewnętrznych wykorzystano model grawitacyjny. W modelu tym liczba podróży pomiędzy rejonami jest proporcjonalna do wartości potencjału generującego rejonu początkowego oraz potencjału absorbującego rejonu końcowego i odwrotnie proporcjonalna do odległości mierzonej czasem podróży. Zależność ta opisana jest wzorem:

$$T_{ij} = f(d_{ij}) \frac{P_i \cdot A_j}{\sum_{j=1}^n A_j}$$

gdzie:

T_{ij} - liczba podróży między rejonami,

P_i - produkcja rejonu i ,

A_j - atrakcja rejonu j ,

$f(d_{ij})$ - funkcja oporu przestrzeni.

Jednym z kluczowych elementów tej metody jest funkcja oporu przestrzeni, która opisuje nam jaki wpływ ma odległość wykonywane podróży (często mierzony czasem

podróżowania) na prawdopodobieństwo jej wykonania. Ma ona za zadanie jak najlepiej dopasować rozkład czasu podróży macierzy modelowanej oraz empirycznej.

Dla każdej z motywacji i dla każdej z grup podróży, na podstawie badań zachowań mieszkańców oraz odległości podróży między rejonami, zagregowano podróże do jednonominutowych przedziałów czasowych. Wyznaczono w ten sposób odległości podróży dla każdego z łańcuchów. Funkcja oporu przestrzeni została skalibrowana w taki sposób by uzyskać jak największe dopasowanie rozkładu odległości podróży modelu z badaniami. W zależności od rodzaju podróży, zastosowano funkcję potęgowo-wykładniczą oporu przestrzeni dla podróży wewnątrz Trójmiasta – wykorzystano parametry z Transportowego Modelu Symulacyjnego dla Miasta Gdańska z 2016 roku. Dla pozostałego obszaru konieczne było oszacowanie nowych parametrów. Powyższe wynika ze zmiany struktury modelu popytu (wydzielenie podróży do/z Trójmiasta oraz z uwagi na wadliwe podejście do rozkładu przestrzennego podróży zastosowanego w modelu pierwotnym OMGGS, polegające na ograniczeniu krótkich podróży, w efekcie czego otrzymywano ok. 2-3-krotne przeszacowanie podróży międzygminnych, co korygowane w modelu pierwotnym wskaźnikami korekcyjnymi. Do rozkładu podróży wewnątrz regionu wykorzystano funkcję logitową, zaś dla podróży do/z Trójmiasta zastosowano funkcję BoxCox opisane wzorami:

$$\text{Combined: } f(U) = U^b e^{c \cdot U}$$

$$\text{Logit: } f(U) = e^{c \cdot U}$$

$$\text{BoxCox: } f(U) = e^{c(U^b - 1)/b}$$

gdzie:

$f(U)$ - funkcja oporu przestrzeni,

U - użyteczność,

b, c - estymowane parametry funkcji.

Podobnie jak w przypadku generacji podróży w modelowaniu rozkładu przestrzennego podróży dokonano analogicznego podziału podróży na grupy.

W tabeli 4 przedstawiono parametry funkcji oporu, dla poszczególnych motywacji z podziałem na grupy podróży.

Tabela 4. Parametry funkcji oporu przestrzeni

Grupa	Motywacja	Funkcja	Użyteczność	Parametry funkcji		
				a	b	c
Wewnątrz Gdańska	Dom-Praca	Combined	DIS	-	-0.629	-0.068
	Praca-Dom	Combined	DIS	-	-0.629	-0.068
	Dom-Szkoła	Combined	DIS	-	-2.513	0.174
	Szkoła-Dom	Combined	DIS	-	-2.513	0.174
	Dom-Uczelnia	Combined	DIS	-	-0.513	-0.174
	Uczelnia-Dom	Combined	DIS	-	-0.513	-0.174
	Dom-Inne	Combined	DIS	-	-1.528	-0.012
	Inne-dom	Combined	DIS	-	-1.302	-0.061
	Niezwiązane	Combined	DIS	-	-1.081	-0.09

	z domem					
Wewnątrz Gdyni	Dom-Praca	Combined	DIS	-	-0.629	-0.068
	Praca-Dom	Combined	DIS	-	-0.629	-0.068
	Dom-Nauka	Combined	DIS	-	-2.513	0.174
	Nauka-Dom	Combined	DIS	-	-2.513	0.174
	Dom-Inne	Combined	DIS	-	-1.528	-0.012
	Inne-Dom	Combined	DIS	-	-1.302	-0.061
	Niezwiązane z domem	Combined	DIS	-	-1.081	-0.09
Z Gdańska do Gdyni	Dom-Praca	Combined	DIS	-	-0.529	0.018
	Praca-Dom	Combined	DIS	-	-0.529	0.018
	Dom-Nauka	Combined	DIS	-	-2.5132	0.174
	Nauka-Dom	Combined	DIS	-	-2.513	0.174
	Dom-Inne	Combined	DIS	-	1.566	-0.432
	Inne-Dom	Combined	DIS	-	1.566	-0.432
	Niezwiązane z domem	Combined	DIS	-	-1.528	-0.012
Z Gdyni do Gdańska	Dom-Praca	Combined	DIS	-	-0.529	0.018
	Praca-Dom	Combined	DIS	-	-0.529	0.018
	Dom-Nauka	Combined	DIS	-	-2.5132	0.174
	Nauka-Dom	Combined	DIS	-	-2.513	0.174
	Dom-Inne	Combined	DIS	-	1.566	-0.432
	Inne-Dom	Combined	DIS	-	1.566	-0.432
	Niezwiązane z domem	Combined	DIS	-	-1.528	-0.012
Wewnątrz regionu	Dom-Praca	Logit	DIS	-	-	-0.2
	Praca-Dom	Logit	DIS	-	-	-0.2
	Dom-Nauka	Logit	DIS	-	-	-0.3
	Nauka-Dom	Logit	DIS	-	-	-0.3
	Dom-Inne	Logit	DIS	-	-	-0.2
	Inne-Dom	Logit	DIS	-	-	-0.2
	Niezwiązane z domem	Logit	DIS	-	-	-0.2
Do Trójmiasta	Dom-Praca	BoxCox	DIS	-	0.6	-0.3
	Praca-Dom	BoxCox	DIS	-	0.6	-0.3
	Dom-Nauka	BoxCox	DIS	-	0.6	-0.3
	Nauka-Dom	BoxCox	DIS	-	0.6	-0.3
	Dom-Inne	BoxCox	DIS	-	0.6	-0.3
	Inne-Dom	BoxCox	DIS	-	0.6	-0.3
	Niezwiązane z domem	BoxCox	DIS	-	0.6	-0.3
Z Trójmiasta	Dom-Praca	BoxCox	DIS	-	0.6	-0.3
	Praca-Dom	BoxCox	DIS	-	0.6	-0.3
	Dom-Nauka	BoxCox	DIS	-	0.6	-0.3
	Nauka-Dom	BoxCox	DIS	-	0.6	-0.3
	Dom-Inne	BoxCox	DIS	-	0.6	-0.3
	Inne-Dom	BoxCox	DIS	-	0.6	-0.3
	Niezwiązane z domem	BoxCox	DIS	-	0.6	-0.3

źródło: opracowanie własne

7.1. Generacja i rozkład przestrzenny ruchu zewnętrznego

Do wyznaczenia wielkości ruchu wjazdowego i wyjazdowego z OMGGS wykorzystano dane pochodzące z modelu wyższego rzędu – Zintegrowanego Modelu Ruchu, opracowanego przez Centrum Unijnych Projektów Transportowych – z którego zaczerpnięto dane dotyczące wielkości ruchu na kordonach z/do OMGGS oraz liczbę przejazdów rozpoczętych i zakończonych w rejonach wewnętrznych. Potencjały te wykorzystano do oszacowania generacji i absorpcji rejonów wewnętrznych w zakresie ruchu towarowego.

Celem uniknięcia zastosowania sztywnej macierzy ruchu niereagującej na zmiany zachodzące wewnątrz OMGGS opracowano funkcje rozkładu przestrzennego ruchu generowanego i absorbowanego na kordonach. Sztywną macierz zastosowano dla ruchu tranzytowego, którą zaimportowano z modelu CUPT.

Rozkład przestrzenny ruchu zewnętrznego opracowano oddzielnie dla każdego środka transportu z wykorzystaniem udziału przejazdów na dany dystans. Do tego celu wykorzystano funkcję Combined z parametrami przedstawionymi w tabeli poniżej.

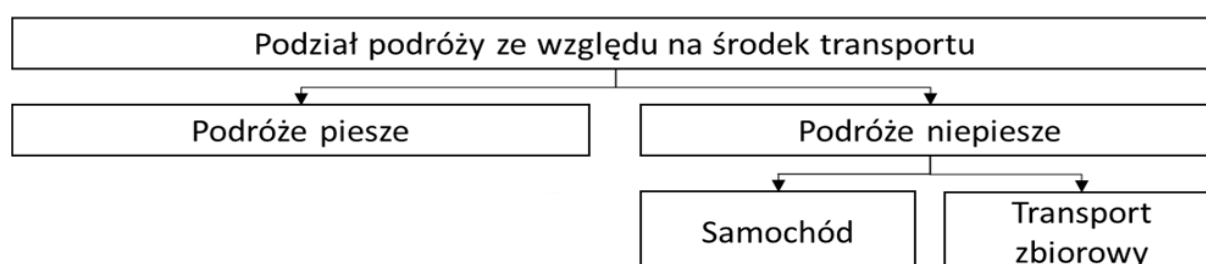
Tabela 5. Parametry funkcji oporu przestrzeni dla ruchu zewnętrznego.

Rodzaj środka transportu	Funkcja	Użyteczność	Parametry funkcji		
			a	b	c
Osobowy	Combined	DIS	0,00005	3,02644	-0,08972
Dostawczy	Combined	DIS	0,00014	2,31043	-0,05650
Ciężarowy	Combined	DIS	0,00113	1,57645	-0,04266
Ciężarowy z naczepą	Combined	DIS	0,00001	4,34401	-0,10107

8. Model podziału zadań przewozowych

Podstawą do opracowania nowego modelu podziału zadań przewozowych są dane pozyskane z badań ankietowych przeprowadzone w gospodarstwach w gospodarstwach domowych, a w szczególności dzienniczki podróży wykonane w ramach Gdańskich Badań Ruchu z 2022 roku. Możliwe sposoby wykonywania podróży, dla których oszacowane zostało prawdopodobieństwo wyboru, zostały podzielone na trzy grupy (rysunek 3): podróże piesze, samochodem, transportem zbiorowym). Jednocześnie podkreślenia wymaga fakt, iż bazy danych KBR uwzględniają jedynie podróże, które zostały wykonane na odległość co najmniej 250 metrów.

Rysunek 3. Schemat podziału zadań przewozowych



źródło: opracowanie własne

Podział na środki transportu dokonano dwuetapowo. W pierwszym etapie wydzielono podróże piesze i niepiesze z wykorzystaniem regresji nieliniowej. Następnie w drugim etapie dokonano podziału podróży niepieszych na rowerowe, realizowane samochodem albo transportem zbiorowym z wykorzystaniem wielomianowego modelu logitowego. Zasadność zastosowania powyższego podejścia jest jednym z wyników badań prowadzonych przez członka zespołu autorskiego niniejszego opracowania w ramach rozprawy doktorskiej⁴.

8.1. Wydzielenie podróży pieszych

W celu wydzielenia podróży pieszych dokonano zestawienia odległości na jakich zostały wykonane podróże w bazie danych zbudowanej na podstawie dzienniczka podróży, wraz z przypisanym środkiem transportu. Uwzględniając te odległości oraz udział podróży pieszych, z wykorzystaniem funkcji logarytmicznej (X) dokonano regresji, estymując wartości parametrów α_0 i α_1 . Wartości te wyznaczono z osobna dla każdej motywacji wewnątrz Gdańska, zaś dla obszaru poza Gdańskiem z uwagi na zbieżność wyników, która wynika z wielkości rejonów transportowych, opracowano ogólną funkcję. Parametry funkcji przedstawiono w tabeli poniżej.

⁴ Birr K.: Modelowanie podziału zadań przewozowych w obszarach zurbanizowanych; Rozprawa doktorska, Politechnika Krakowska, Kraków 2018

$$U_p = \alpha_0 e^{\alpha_1 DIS}$$

gdzie:

U_p - udział podróży pieszych,

DIS - odległość podróży,

α_0, α_1 - parametry funkcji.

Tabela 6. Parametry funkcji wydzielenia podróży pieszych.

Trójmiasto				Poza Trójmiastem			
Motywacja	α_0	α_1	R ²	Motywacja	α_0	α_1	R ²
Dom-Praca	0.839	-0.836	0.96	Dom-Praca	0.67	-0.474	0.92
Praca-Dom	0.824	-0.860	0.96	Praca-Dom			
Dom-Szkoła	1.004	-0.493	0.93	Dom-Nauka			
Szkoła-Dom	0.998	-0.513	0.91	Nauka-Dom			
Dom-Uczelnia	1.004	-0.493	0.93	-			
Uczelnia-Dom	0.998	-0.513	0.91	-			
Dom-Inne	1.121	-0.787	0.92	Dom-Inne			
Inne-Dom	1.062	-0.700	0.94	Inne-Dom			
Niezwiązane z domem	0.764	-0.771	0.92	Niezwiązane z domem			

8.2. Podział podróży niepieszych

Do podzielenia podróży pieszych na podróże rowerowe, samochodem i transportem zbiorowym wykorzystano wielomianowy model logitowy wyboru dyskretnego. Zastosowanie tego narzędzia wymusza określenie funkcji użyteczności dla każdego ze środków transportu. Poprzez użyteczność danego środka transportu należy rozumieć stopień jego atrakcyjności, określanej wybranymi zmiennymi. Użyteczność ta jest określana dla każdej alternatywy z osobna jako funkcja, której zmienne są czynnikami wpływającymi istotnie na atrakcyjność podróży danym środkiem transportu. Ze względu na późniejsze założenia modelu logitowego użyteczność wyrażona jest jako składowa dwóch elementów: użyteczności mierzalnej V_{ij}^m , oraz losowej części ε_{ij}^m , zgodnie z poniższym wzorem. Część mierzalna została określona w modelu na podstawie zmiennych danej sytuacji, natomiast o części losowej założony został jedynie rozkład prawdopodobieństwa.

$$U_{ij}^m = V_{ij}^m + \varepsilon_{ij}^m$$

Ujęcie takie pozwala na uchwycenie po pierwsze różnych preferencji użytkowników i ich subiektywnych, odczuwalnych użyteczności alternatywy (np. nie dla każdego przesiadka jest tak samo uciążliwa), po drugie pozwala uwzględnić błędy użytkowników w ocenie użyteczności (niedoszacowanie, przeszacowanie), po trzecie pozwala uchwycić wszelkie niemierzalne czynniki losowe wpływające na wybór środka transportu (np. komfort, przyzwyczajenie, modę, itp.). Opisane za pomocą wybranych zmiennych funkcje użyteczności wykorzystane zostały w modelach wyboru dyskretnego. Modele logitowe wyboru dyskretnego pozwalają na określenie użyteczności dla każdej alternatywy z osobna i na podstawie różnicy między nimi określane jest prawdopodobieństwo wyboru.

Zatem, zgodnie z powyższym, każdy ze środków transportu m został opisany funkcją użyteczności V_{ij}^m dla relacji podróży między źródłem podróży i i celem podróży j . Model logitowy zakłada, że użytkownik wybierze opcję o największej użyteczności spośród dostępnych alternatyw.

$$V_{ij}^m = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n$$

gdzie:

- V_{ij}^m – użyteczność środka m w podróży relacji ij ,
- x_n – zmienne modelu.
- β_n – parametry modelu.

Scharakteryzowane w ten sposób funkcje użyteczności wykorzystane zostały w modelu wyboru dyskretnego, którego parametry dopasowane zostały za pomocą modelu ekstremalnych wartości GEV, który jest zgodny z zasadą maksymalizacji stochastycznie zdefiniowanej funkcji użyteczności. Do oszacowania prawdopodobieństwa wyboru poszczególnych środków transportu wykorzystany został zagnieżdżony model logitowy.

$$P_{ij}^m = \frac{e^{\mu U_{ij}^m}}{\sum_m e^{\mu U_{ij}^m}}$$

gdzie:

- P_{ij}^m – prawdopodobieństwo wyboru środka transportu m do realizacji podróży między rejonami ij ,
- U_{ij}^m – użyteczność środka m w podróży relacji ij ,
- μ – parametr skali.

Do oszacowania poziomu atrakcyjności podróży samochodem wykorzystano zmienną opisującą stosunek postrzeganego czasu podróży transportem samochodowym TTC do postrzeganego czasu podróży transportem zbiorowym PJT. Zmienną tą dotychczas wykorzystywano w standardowym podejściu do modelowania podziału zadań przewozowych. Dodatkowo z uwagi na wysoką istotność statystyczną w badaniach autora do modelu włączono zmienną dychotomiczną opisującą występowanie strefy płatnego parkowania u źródła lub celu podróży (zależnie od motywacji).

Zatem ostatecznie w modelu wykorzystano zmienne: odległość podróży, postrzegany czas podróży transportem indywidualnym, postrzegany czas podróży transportem zbiorowym, występowanie strefy płatnego parkowania. Zmienne te przypisano do funkcji użyteczności poszczególnych środków transportu zgodnie z zależnościami przedstawionymi poniżej:

$$V_{TI} = \beta_{30} + \beta_{32} \cdot \frac{TTC}{PJT} + \beta_{33} \cdot PARK$$

$$V_{TZ} = \beta_{40}$$

gdzie:

V_{TI}, V_{TZ} - użyteczność odpowiednio: samochodu, transportu zbiorowego,

DIS - odległość podróży [km],

TTC - czas podróży transportem samochodowym [min],

$PARK$ - występowanie strefy płatnego parkowania [0;1]

PJT - postrzegany czas podróży transportem zbiorowym [min].

β - parametry funkcji.

Do estymacji parametrów poszczególnych funkcji użyteczności wykorzystano program Biogeme, który został opracowany przez Michela Bierlaire'a do rozwiązywania tego rodzaju zadań. Otrzymane dane poddano korekcie w zakresie wartości stałych, celem dokalibrowania do wartości w poszczególnych godzinach szczytów.

Tabela 7. Bazowe parametry funkcji użyteczności w modelu wyboru środka transportu dla łańcuchów motywacji – uzyskane w wyniku estymacji.

Trójmiasto				
Motywacja	β_{30}	β_{32}	β_{33}	β_{40}
Dom-Praca-Dom	1.750	-4.130	-0.540	0.000
Dom-Szkoła	0.227	-2.180	-0.943	0.000
Dom-Uczelnia	-1.310	-0.139	-1.020	0.000
Dom-Inne-Dom	1.390	-3.140	-0.814	0.000
Niezwiązane z domem	1.800	-2.690	-0.573	0.000
Poza Trójmiastem				
Motywacja	β_{30}	β_{32}	β_{33}	β_{40}
Dom-Praca-Dom	1.530	-0.216	0.000	0.000
Dom-Nauka-Dom	-0.730	-0.461	0.000	0.000
Dom-Inne-Dom i NZD	1.930	-0.133	0.000	0.000
Dom-Inne-Dom i NZD	2.070	-0.041	0.000	0.000

źródło: opracowanie własne – GBR 2022

Tabela 8. Parametry funkcji użyteczności w modelu wyboru środka transportu dla łańcuchów motywacji dla szczytu porannego.

Trójmiasto				
Motywacja	β_{30}	β_{32}	β_{33}	β_{40}
Dom-Praca-Dom	2.250	-4.130	-0.540	0.000
Dom-Szkoła	0.327	-2.180	-0.943	0.000
Dom-Uczelnia	-1.110	-0.139	-1.020	0.000
Dom-Inne-Dom	1.890	-3.140	-0.814	0.000
Niezwiązane z domem	2.100	-2.690	-0.573	0.000
Poza Trójmiastem				
Motywacja	β_{30}	β_{32}	β_{33}	β_{40}
Dom-Praca-Dom	2.330	-0.216	0.000	0.000
Dom-Nauka-Dom	0.070	-0.461	0.000	0.000
Dom-Inne-Dom i NZD	2.730	-0.133	0.000	0.000
Dom-Inne-Dom i NZD	2.070	-0.041	0.000	0.000

źródło: opracowanie własne – GBR 2022

Tabela 9. Parametry funkcji użyteczności w modelu wyboru środka transportu dla łańcuchów motywacji dla szczytu popołudniowego.

Trójmiasto				
Motywacja	β_{30}	β_{32}	β_{33}	β_{40}
Dom-Praca-Dom	1.750	-4.130	-0.540	0.000
Dom-Szkoła	0.327	-2.180	-0.943	0.000
Dom-Uczelnia	-1.110	-0.139	-1.020	0.000
Dom-Inne-Dom	1.890	-3.140	-0.814	0.000
Niezwiązane z domem	2.100	-2.690	-0.573	0.000
Poza Trójmiastem				
Motywacja	β_{30}	β_{32}	β_{33}	β_{40}
Dom-Praca-Dom	1.380	-0.216	0.000	0.000
Dom-Nauka-Dom	-0.880	-0.461	0.000	0.000
Dom-Inne-Dom i NZD	1.780	-0.133	0.000	0.000
Dom-Inne-Dom i NZD	2.070	-0.041	0.000	0.000

źródło: opracowanie własne – GBR 2022

9. Rozkład ruchu na sieć

Rozkład ruchu na sieć jest ostatnim etapem czterostopniowego modelu ruchu. Na jego potrzeby wykorzystano przygotowane wcześniej macierze ruchu między rejonami transportowymi. Macierze opracowano dla poszczególnych środków transportu. Rozkład przeprowadzono dla transportu indywidualnego, zbiorowego i ciężarowego, w którego rezultacie otrzymano wartości natężeń ruchu w sieci drogowej oraz potoki pasażerskie w liniach transportu zbiorowego. Do rozkładu ruchu wykorzystano procedury zaimplementowane w programie VISUM. W przypadku transportu

indywidualnego zastosowano standardową procedurę równoważenia sieci (Equilibrium Assignment Bi-conjugate Frank-Wolfe), natomiast do rozkładu ruchu na sieć dla transportu zbiorowego wykorzystany został rozkład „headway-based” oparty na częstotliwości i postrzeganym czasie podróży poszczególnymi wariantami tras dla każdej relacji.

9.1. Funkcja oporu odcinka

W celu odwzorowania wpływu zmian natężenia ruchu drogowego na czas przejazdu poszczególnych odcinków sieci transportowej, na podstawie badań wykonanych na potrzeby opracowania TMS dla Miasta Gdańska z 2022 roku, opracowano funkcje oporu odcinka dla każdej z klas technicznych dróg. Funkcje te zostały zaimplementowane w aktualnym modelu Gdańska (TMS). W zaktualizowanym modelu OMGGS wykorzystano te same parametry funkcji oporu odcinka.

Z uwagi na duże zróżnicowanie przekrojów w grupach, opracowano modele VDF dla przekrojów pogrupowanych dodatkowo z uwzględnieniem prędkości dopuszczalnej, dzięki czemu udało się uzyskać lepsze odwzorowanie zależności prędkości od natężenia (popytu) i stopnia wykorzystania przepustowości. W przypadku, gdy charakterystyka zależności w poszczególnych grupach była zbliżona, grupy były łączone w jedną (tylko w obrębie tej samej klasy i przekroju; np. w przypadku L1x2 połączone zostały dane z przekrojów o prędkościach dopuszczalnych 40 i 50 km/h).

Wyniki zbiorcze kalibracji funkcji BPR2 z uwzględnieniem prędkości dopuszczalnej zestawiono w tabeli 10. Średni błąd, wyznaczany jako pierwiastek błędu średniokwadratowego, wynosi od 0.97 do 14.69 km/h, przy czym najwyższe średnie błędy występują w przypadku dróg klasy GP. Duże błędy mogą wynikać z niewielkiej reprezentacji przekrojów w danej grupie. W pozostałych przekrojach średni błąd nie przekracza 6 km/h.

Funkcja BPR2 opisywana jest za pomocą poniższych wzorów:

$$t_{cur} = t_0 \cdot (1 + a \cdot sat^b) \quad \text{gdy} \quad sat \leq sat_{crit}$$

$$t_{cur} = t_0 \cdot (1 + a \cdot sat^{b'}) \quad \text{gdy} \quad sat > sat_{crit}$$

gdzie:

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

Oznaczenia:

t_{cur}	-	czas przejazdu odcinka jednostkowego w sieci obciążonej,
t_0	-	czas przejazdu odcinka jednostkowego w ruchu swobodnym,
q	-	potok na odcinku,
q_{max}	-	przepustowość odcinka,
a, b, b', c	-	parametry modelu.

Tabela 10. Wyniki kalibracji modelu BPR2 dla odcinków dróg miejskich według klasy, przekroju i prędkości dopuszczalnej.

Klasa drogi i przekrój	V _{dop}	V _{sw}	C	a	b	b'
L1x2	30	37.5	600	0.51	2.7	6.95
	40, 50	46,3	709	0.64	3.3	9.03
Z1x2	30	38	800	0.71	2.47	5.84
	40, 50	44.3	878.9	0.67	2.7	9.9
Z2x2	30	28	950	1.65	3.1	7.78
	40, 50	45	1500	0.62	4.07	8.31
Z2x3	50	53.8	1892.5	0.65	2.71	7.12
G1x2	50	49.7	1144.9	0.38	6.7	7.91
G2x2	40, 50	57	1750	0.61	1.58	5.38
	70	75	1830.5	0.38	2.47	10.1
	100	112	2000	0.37	3.17	9.34
G2x3	50	54	2400	0.61	2.1	9.19
GP2x2	40, 50	54	1908	0.68	1.89	7.78
	70	105	2100	0.18	3	7.78
	80	93	2100	0.68	1.89	7.78
	100	101	2600	0.37	3.47	10

źródło: opracowanie własne – GBR 2022

10. Modele sieci transportowej

10.1. Model sieci drogowej

Model sieci drogowej jest jednym z podstawowych elementów transportowego modelu podróży. Model sieci transportowej OMGGs dla roku 2022 opracowano na bazie schematów istniejącej infrastruktury drogowej i transportu zbiorowego. Odzworowując sieć transportu drogowego wyodrębniono szereg podtypów odcinków sieci, z których każdy uwzględnia:

- klasę drogi,
- przepustowość odcinka drogi w przeliczeniu na 1 pas ruchu,
- prędkość swobodną pojazdów na odcinku,
- warunki ruchu transportu zbiorowego,
- limit prędkości,
- typ pojazdu który może się po nim poruszać (uwzględnienie zakazu ruchu),
- liczbę pasów ruchu.

Nie wszystkie z zakodowanych typów odcinków zostały wykorzystane w modelu, jednak pozostawia się możliwość ich wykorzystania w przyszłych pracach na modelu.

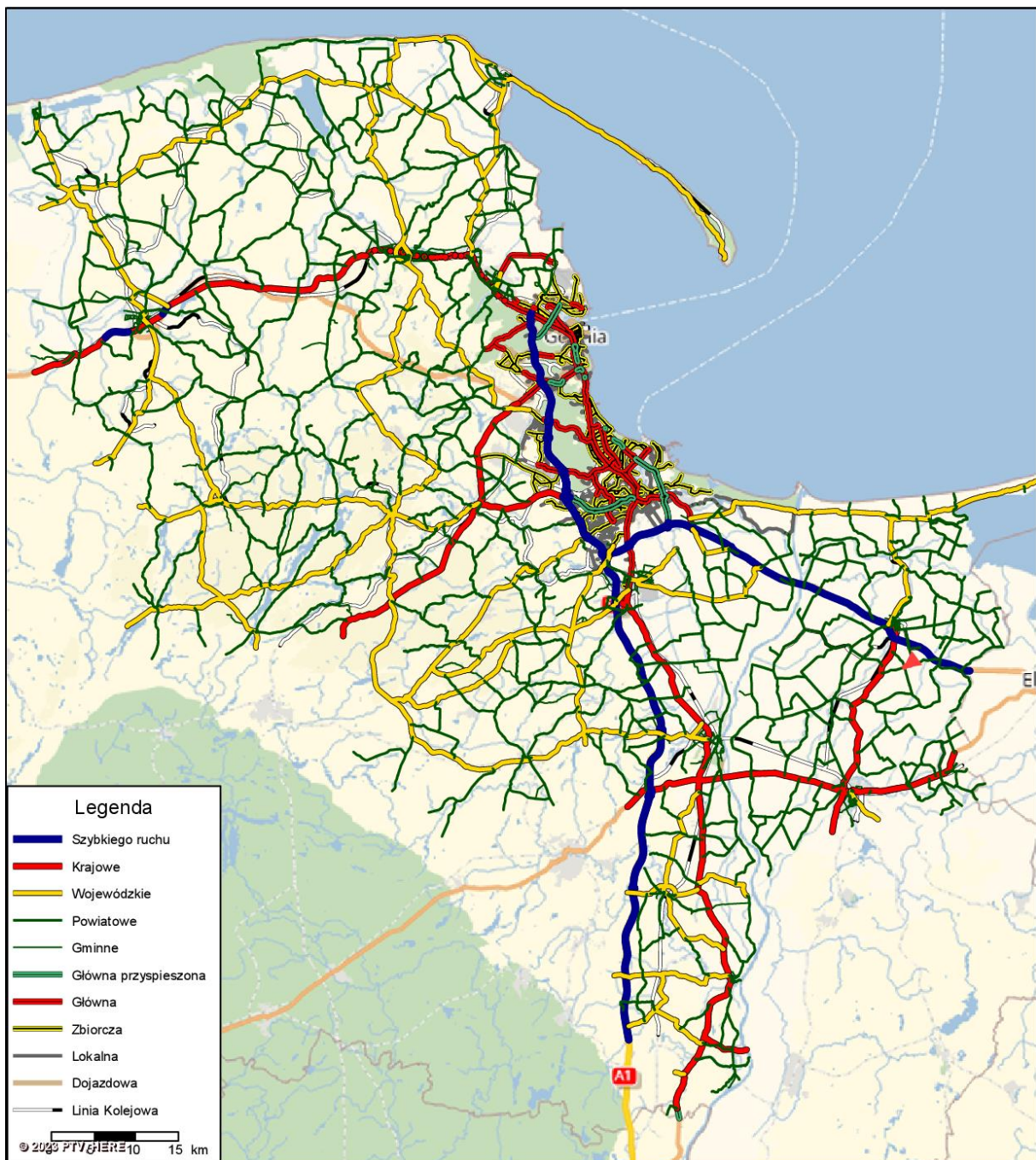
Tabela 11. Spis odcinków wykorzystanych w modelu transportu indywidualnego

Nr odcinka	Opis / Nazwa	Przepustowość dla jednego pasa ruchu	Prędkość w ruchu swobodnym
		[poj./godz.]	[km/h]
1	Autostrada	4400	130
3	Ekspresowa 2x3	4400	120
4	Ekspresowa 2x2	3600	120
10	K 2x2	3000	101
11	K 2+1	99999	50
12	K >12	1650	86
13	K 9-12	1600	85
14	K 7-9	1400	81
15	K 6-7	1350	74
16	K <6	1100	66
18	K Miejska	950	50
20	W 2x2	2400	80
21	W 2+1	1800	75
22	W >12	1700	73
23	W 9-12	1650	71
24	W 7.5-9	1450	65
25	W 6-7.5	1300	62
26	W <6	1200	50
30	P 2x2	1000	70
31	P G 1x2	700	40
32	P Z 1x2	900	60
33	P L 1x2	800	50
34	P M 1x2	700	50
35	G Z 1x2	800	55
36	G M 1x2	600	35
40	Główna przyspieszona_Węzły 2x3	3200	120
41	Główna przyspieszona_Sygn 2x3	2800	85
42	Główna przyspieszona_Węzły 2x2	3200	115
43	Główna przyspieszona_Sygn 2x2	2300	80
44	Serwisowa 2x2	2600	80
45	Serwisowa 1x2	1400	70
47	Łącznica bezpośrednia	2200	60
48	Łącznica pół-bezpośrednia	2000	60
49	Łącznica z sygnalizacją	1000	40
50	Główna_Cmin 1x2	850	50
51	Główna 1x2	1000	55
52	Główna_Cmax 1x2	1200	60
53	Główna_Cmin 2x2	1400	55
54	Główna 2x2	1700	60
55	Główna_Cmax 2x2	2150	65
57	Główna 2x3	2300	60
58	Główna_Cmax 2x3	2500	65
60	Zbiorcza_Cmin 1x2	600	40
61	Zbiorcza 1x2	750	45
62	Zbiorcza_Cmax 1x2	1000	50
63	Zbiorcza_Cmin 2x2	950	45
64	Zbiorcza 2x2	1150	50
65	Zbiorcza_Cmax 2x2	1500	50
67	Zbiorcza 2x3	1800	55

Nr odcinka	Opis / Nazwa	Przepustowość dla jednego pasa ruchu	Prędkość w ruchu swobodnym
		[poj./godz.]	[km/h]
70	Lokalna_Cmin 1x2	300	30
71	Lokalna 1x2	450	35
72	Lokalna_Cmax 1x2	600	40
73	Lokalna 2x2	800	50
78	Dojazdowa	-	20

Podczas procesu budowy sieci w Trójmieście, szczególną uwagę i staranność poświęcono ograniczeniom relacji skrętnych występujących na skrzyżowaniach. Ma to niebagatelny wpływ na prawidłowe odwzorowanie rzeczywistych zachowań kierujących. Relacje skrętne zostały przeanalizowane i odpowiednio zakodowane zarówno dla pojazdów transportu indywidualnego, jak i dla pojazdów transportu zbiorowego, w zależności od organizacji ruchu na skrzyżowaniach występujących w rzeczywistości.

Rysunek 4. Sieć transportowa OMGGŚS ujęta w modelu.



źródło: opracowanie własne

W oparciu o studia uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miast będących w zakresie, strategii rozwoju województwa oraz innych dokumentów planistycznych dla poszczególnych stanów prognostycznych przyjęto założenia odnośnie rozwoju sieci transportowej zgodnie z założeniami RPT.

Tabela 12. Założenia rozwoju krajowej sieci transportowej

L.p.	Działanie	Stan prognostyczny		
		2030	2040	2050
Infrastruktura transportu drogowego				
1	Budowa drogi ekspresowej S6 Gdynia „Wielki Kack” – Strzebielino	+	+	+
2	Budowa Obwodnicy Metropolitalnej Trójmiasta	+	+	+
3	Budowa drogi ekspresowej S6 Koszalin – Słupsk	+	+	+
4	Budowa drogi ekspresowej S6 Słupsk – Łębork	+	+	+
5	Budowa drogi ekspresowej S6 odc. Łębork – Strzebielino	+	+	+
6	Budowa południowej obwodnicy Starogardu Gdańskiego	+	+	+
7	Budowa obwodnicy Brzezia	+	+	+
8	Budowa obwodnicy Słupska i Kobylnicy	+	+	+
9	Wsparcie działań poprawiających dostęp do terminali intermodalnych (OIU) od strony sieci dróg krajowych.	+	+	+
Infrastruktura transportu kolejowego				
15	Poprawa dostępu kolejowego do portu morskiego w Gdyni	+	+	+
16	Poprawa infrastruktury kolejowego dostępu do portu Gdańsk	+	+	+
17	Prace na linii kolejowej nr 202 na odcinku Gdynia Chylonia – Słupsk	+	+	+
18	Prace na linii kolejowej nr 202 na odcinku Gdynia Chylonia – Słupsk – budowa przedłużenia linii kolejowej nr 250 na odcinku Rumia - Wejherowo	+	+	+
19	Prace na alternatywnym ciągu transportowym Bydgoszcz – Trójmiasto - etap I (na odcinku linii kolejowej nr 234 Kokoszki – Stara Piła oraz na odcinku linii kolejowej nr 229 Stara Piła – Gliniec jako trasy objazdowej na czas modernizacji linii 201)	+	+	+
20	Włączenie północnych dzielnic Gdyni i Gminy Kosakowo w system kolei aglomeracyjnej	-	+	+

źródło: Regionalny Plan Transportowy dla województwa pomorskiego

Tabela 13. Założenia rozwoju wojewódzkiej sieci transportowej

L.p.	Działanie	Stan prognostyczny		
		2030	2040	2050
Infrastruktura drogowa				
1	Przebudowa drogi nr 211 na odcinku Sierakowice – Kartuzy (odcinek Sierakowice – Mojusz)	+	+	+
2	Przebudowa drogi nr 213 na odcinku Wicko - Krokowa	-	+	+
3	Przebudowa drogi nr 213 na odcinku Krokowa - Celbowo	-	+	+
4	Przebudowa drogi nr 214 na odcinku ulica Gdańska - węzeł Łębork Wschód	-	+	+
5	Przebudowa drogi nr 214 na odcinku Łębork - Osowo Łęborskie	+	+	+
6	Przebudowa drogi nr 214 na odcinku Osowo Łęborskie - Sierakowice	+	+	+
7	Przebudowa drogi nr 216 na odcinku Władysławowo - Hel	+	+	+
8	Przebudowa drogi nr 218 na odcinku Krokowa – Wejherowo (droga nr 6)	+	+	+
9	Przebudowa drogi nr 218 na odcinku Wejherowo (droga nr 6) - droga nr 224	+	+	+
10	Przebudowa drogi nr 221 na odcinku droga nr S6 węzeł „Kowale” – Nowa Karczma - Kościerzyna	+	+	+
11	Przebudowa drogi nr 224 na odcinku Sopieszyno – Kartuzy - droga nr A1 węzeł „Tczew” - droga nr 91 Tczew	+	+	+
12	Przebudowa drogi nr 501 na odcinku Stegna (sk. DW nr 502) - Krynica Morska - Nowa Karczma	-	+	+
13	Przebudowa drogi nr 502 na odcinku Stegna - droga nr S7 węzeł „Nowy Dwór Gdański”	+	+	+
14	Budowa odcinka ulicy nowej Kielnieńskiej w Gdańsku (od węzła „Chwaszczyno” do granicy miasta Gdańska)	+	+	+

L.p.	Działanie	Stan prognostyczny		
		2030	2040	2050
15	Budowa nowego połączenia Obwodnicy Metropolii Trójmiejskiej (węzeł „Miszewo”) z Portem Lotniczym Gdańsk	+	+	+
16	Budowa nowego połączenia od drogi nr 224 (m. Przdokowo) do drogi nr S7 węzeł „Miszewo”	-	+	+
17	Budowa nowego połączenia od drogi nr 211 do węzła „Żukowo” poprzez drogę nr 20 jako obejście m. Żukowo	-	+	+
18	Budowa/przebudowa połączenia od drogi nr 213 (m. Główny) – droga nr S6 węzeł „Bobrowniki”	+	+	+
19	Przebudowa drogi na odcinku Kartuska – łącznik Obwodnicy Trójmiasta - Obwodnica Metropolitalna	+	+	+
20	Przebudowa węzła drogowego „Szadółki” na drodze nr S6	-	+	+
21	Przebudowa węzła drogowego „Kowale” na drodze nr S6	-	+	+
22	Modernizacja Estakady Kwiatkowskiego w Gdyni	+	+	+
23	Budowa układu drogowego zapewniającego dostęp do terenów Doliny Logistycznej portu morskiego w Gdyni od strony północno zachodniej	+	+	+
Obwodnice i obejścia miejscowości				
24	Budowa obwodnicy Kartuz w ciągu drogi nr 211 (etap II i III)	+	+	+
25	Budowa obwodnicy Sierakowic w ciągu drogi nr 211	-	+	+
26	Budowa obwodnicy Sierakowic w ciągu drogi nr 214	-	+	+
27	Budowa obwodnicy Władysławowa w ciągu drogi nr 215 (Chłapowo – droga nr 216)	+	+	+
28	Budowa obwodnicy Lęborka w ciągu drogi nr 214	+	+	+
29	Budowa Obwodnicy Północnej Aglomeracji Trójmiasta (OPAT)	+	+	+
Regionalne linie kolejowe				
30	Elektryfikacja linii kolejowych nr 248 i 253 (PKM)	+	+	+
31	Przebudowa linii kolejowej nr 234 Gdańsk Kiełpiniek – Gdańsk Kokoszeki	+	+	+
32	Budowa Pomorskiej Kolei Metropolitalnej II – Gdańsk Śródmieście - Gdańsk Południe – linia kolejowa nr 229 wraz z przystankami i węzłami integracyjnymi	+	+	+
Węzły integracyjne				
33	Budowa węzła integracyjnego w Łebie	+	+	+
34	Budowa węzła integracyjnego w Pelplinie	+	+	+
35	Budowa węzła integracyjnego w Luzinie	+	+	+
36	Budowa węzła integracyjnego w Bolszewie	+	+	+
37	Budowa węzła integracyjnego przy SKM Reda Pieleszewo	+	+	+
38	Budowa węzła integracyjnego w Stegnie	+	+	+
39	Budowa węzła integracyjnego przy SKM Wejherowo Śmiechowo	+	+	+
40	Węzeł integracyjny Kosakowo Centrum	+	+	+
41	Budowa węzła integracyjnego Władysławowo Południe	+	+	+
42	Rozbudowa węzła integracyjnego SKM Rumia	+	+	+
43	Budowa węzła integracyjnego SKM Rumia Janowo	+	+	+
44	Rozbudowa węzła integracyjnego Gdynia Wzgórze Św. Maksymiliana dla PKM	+	+	+
45	Budowa węzła integracyjnego Gdynia Mały Kack PKM	+	+	+
46	Budowa węzła integracyjnego Gdynia Wielki Kack PKM	+	+	+
47	Budowa węzła integracyjnego Gdynia Karwiny II PKM	+	+	+
48	Budowa węzła integracyjnego Gdynia Śródmieście SKM	-	+	+
49	Budowa węzła integracyjnego Gdynia Wielkopolska SKM	-	+	+
50	Budowa węzła integracyjnego przy PKM Gdańsk Port Lotniczy	+	+	+
51	Budowa węzła integracyjnego w Baninie	+	+	+

L.p.	Działanie	Stan prognostyczny		
		2030	2040	2050
52	Budowa węzła integracyjnego w Słupsku – II etap	+	+	+
53	Budowa węzła integracyjnego Reda Centrum	+	+	+
54	Budowa węzła integracyjnego Reda Rekowo	-	+	+
55	Rozbudowa węzła integracyjnego w Kartuzach	+	+	+
Rozwój PTZ regionalnego i miejskiego				
56	Rozbudowa sieci tramwajowej o nowe odcinki: Gdańsk – Południe – Wrzeszcz, Nowa Wałowa - wraz z tunelem pod Motławą, Zielony Bulwar, Nowa Abrahama, Klonowa / Wyspiańskiego, Nowa Bulońska Południowa *	+	+	+
57	Rozwój sieci buspasów w miastach	+	+	+

źródło: Regionalny Plan Transportowy dla województwa pomorskiego

Tabela 14. Założenia rozwoju sieci transportowej Gdańska

Nazwa inwestycji	2030	2040	2050
Sieć transportu drogowego			
Obwodnica Metropolitalna	+	+	+
Obwodnica Trójmiasta - rozbudowa do 2x3	-	-	+
Nowa Kielnieńska	-	+	+
ul. Kartuska (od Otomińskiej do granicy miasta)	+	+	+
Nowa Meteorytowa 1x2	-	+	+
Nowa Meteorytowa 2x2	-	-	+
Nowa Spadochroniarzy 1x2	+	+	+
Nowa Spadochroniarzy 2x2	-	-	+
Zielony Bulwar (od al. Hallera do Jana Pawła II) 2x2	+	+	+
Zielony Bulwar (od Jana Pawła II do Obrońców Wybrzeża) 1x2	+	+	+
Zielony Bulwar (od Obrońców Wybrzeża do Pomorska) 1x2	-	-	+
Zielony Bulwar (od Pomorska do Gospody) 1x2	-	+	+
Zielony Bulwar (od Pomorska do Gospody) 2x2	-	-	+
Nowa Kościszki	-	+	+
Nowa Gdańska	-	+	+
Nowa Wałowa 1x2 (od ul. Rybaki Górne do Stępkarskiej)	+	+	+
Nowa Wałowa 1x2 (od Stępkarskiej do Elbląskiej)	-	+	+
Nowa Wałowa 2x2 (od ul. Rybaki Górne do ul. Elbląskiej)	-	-	+
Nowa Cienista	-	-	+
Nowa Podmiejska 1x2 (odcinek od Równej do Traktu św. Wojciecha)	+	+	+
Nowa Podmiejska 1x2 - Nowa Małomiejska 1x2 (od Trasa PP do Traktu św. Wojciecha)	+	+	+
Nowa Małomiejska 1x2 (od Havła do Trasa PP)	-	+	+
Nowa Świętokrzyska 1x2 (odcinek od Havła do ul. Kampinoskiej)	+	+	+
Nowa Świętokrzyska 1x2 (całość)	-	+	+
Nowa Bulońska odcinek południowy 1x2	-	+	+
Nowa Warszawska 1x2	-	+	+
Nowa Jabłoniowa 1x2 +buspas	+	+	+
Trasa PP	-	+	+
Nowa Stężycka	-	-	+
Nowa Leszczynowa	-	+	+
Nowa Unruga 1x2	+	+	+
Nowa Zakonczyńska 1x2	-	+	+
rozbudowa ul. Budowlanych do przekroju 1+2	+	+	+
rozbudowa ul. Budowlanych do przekroju 2x2	-	-	+
Nowa Spacerowa (rozbudowa o buspas - bez tunelu pod wzgórzem Pachotek)	+	+	+
Nowa Spacerowa 2x2 (z tunelem pod wzgórzem Pachotek)	-	-	+
ul. Hallera – łącznik al. Grunwaldzka - ul. Kliniczna 2x2	-	-	+
Nowa Politechniczna 1x2 + tramwaj	-	-	+

Nazwa inwestycji	2030	2040	2050
Sieć transportu drogowego			
Nowa Smęgorzyńska	-	+	+
Nowa Inżynierska	-	+	+
Nowa Abrahama 1x2 (odcinek Grunwaldzka - Rzeczypospolitej)	-	+	+
Nowa Abrahama 1x2 (odcinek leśny) + 2x2 (odcinek Grunwaldzka - Rzeczypospolita) + tramwaj od Brętowa	-	-	+
Nowa Bursztynowa	-	+	+
Jana Pawła II 2x2	-	-	+
Nowa Sandomierska	-	-	+
Nowa Niepołomicka 1x2	-	-	+
Nowa Muzyczna (odcinek: Płażyńskiego-Starowiejska)	+	+	+
Nowa Muzyczna 1x2 (odcinek: Starowiejska-Marynarki Polskiej)	-	+	+
Nowa Wyzwolenia (odcinek Robygowy)	-	+	+
Nowa Wyzwolenia	-	+	+
Nowa Chmielna	-	+	+
Nowa Pruszczańska	-	+	+
węzeł Szadółki	+	+	+
węzeł Kowale	-	+	+
Nowa Lubiowidzka	-	+	+
Droga Czerwona 1x2 (od Kołobrzesckiej - do Galeria Metropolia)	-	+	+
Droga Czerwona 1x2 (od Zielony Bulwar - do Kołobrzaska)	-	-	+
Droga Czerwona 1x2 (od Galeria Metropolia - do Kliniczna)	-	-	+
połączenie węzeł Lotnisko - węzeł Miszewo	-	+	+
Nowatorów 2x2 (od Kartuskiej do Budowlanych)	-	-	+
łącznie na Armii Krajowej (Łostowicka, Cedrowa, Leszczynowa)	-	+	+
Nowa Keplera	-	+	+
Nowa Myśliwska (od Kartuska Północna do Gronostajowa)	-	+	+
Nowa Myśliwska (od Kartuska Północna do Gronostajowa)	-	-	+
Lema	+	+	+
Nowa Kadmowa	-	+	+
droga do szkoły Metropolitalnej	+	+	+
Osińskiego (odcinek od Andersa do Osińskiego)	-	+	+
Ciesielska (odcinek od Kartuskiej Północnej do Osińskiego)	-	+	+
Sieć transportu szynowego			
PKM Gdańsk Południe (do Kowal)	+	+	+
PKM Gdańsk Południe (połączenie do LK248)	-	+	+
PKM Gdańsk Południe (połączenie do LK229)	-	-	+
Trasa GPW (przez ul. Wileńską)	+	+	+
Nowa Politechniczna	-	+	+
Nowa Warszawska	+	+	+
Nowa Świętokrzyska	-	-	-
Nowa Bulońska odcinek południowy	+	+	+
Nowa Wałowa (od ul. Rybaki Górne do Stępkarskiej)	+	+	+
Nowa Wałowa (od Stępkarskiej do Siennickiej)	-	+	+
Zielony Bulwar - Obrońców Wybrzeża (odc. al. Hallera - ul. Chłopska)	+	+	+
Zielony Bulwar (odc. Obrońców Wybrzeża - Jelitkowo)	-	-	+
Nowa Abrahama (Strzyża – Zaspą)	-	+	+
Nowa Abrahama (Brętowo – Strzyża)	-	+	+
Klonowa (odc. al. Grunwaldzka - dworzec Wrzeszcz)	+	+	+
Klonowa (odc. dworzec Wrzeszcz - al. Legionów)	-	+	+
tramwaj Letnica (Nowa Muzyczna, Uczniowska, Nowa Kościuszki)	-	-	+
tramwaj Żabianka (od Pomorskiej do Rybackiej)	+	+	+
tramwaj w Śródmieściu	-	-	+
Nowa Kościuszki (od Legionów do Hallera)	-	+	+
ul. Hallera – łącznik al. Grunwaldzka - ul. Kliniczna	+	+	+
tramwaj Wyspiańskiego	-	-	+

źródło: opracowanie własne

Tabela 15. Założenia rozwoju sieci transportowej Gdyni

Nazwa inwestycji	2030	2040	2050
Nowa Rdestowa	+	+	+
Nowa Chwarznieńska	+	+	+
Nowa Węglowa	+	+	+
Nowa Waszyngtona	+	+	+
Nowa Kielecka	+	+	+
OPAT	-	+	+
Droga Gdynńska	-	+	+
Węzeł Chwarzno	+	+	+
J. N. Jeziorańskiego	-	+	+
Obwodnica Witomina	+	+	+
Droga Czerwona	-	+	+
Nowa Unruga	-	+	+
Dąbka (wiadukt)	+	+	+
Łącznik Morska-Hutnicza	-	+	+
Droga Różowa – Śródmieście	-	-	+
Droga Różowa – do Sopotu 2x2	-	-	+
Małokacka	-	-	+
Nowa Wrocławska	-	-	+
Łącznik N. Węglowa – Morska	-	-	+

źródło: opracowanie własne

10.2. Sieć transportu zbiorowego

Siecią transportu zbiorowego objęto wszystkie systemy transportu zbiorowego funkcjonujące w modelowanym obszarze: kolejowy (z podziałem na połączenia aglomeracyjne i regionalne), autobusowy miejski, autobusowy podmiejski, trolejbusowy i tramwajowy. W celu jak najdokładniejszego odwzorowania obciążenia poszczególnych odcinków sieci zakodowano wszystkie miejskie oraz międzygminne połączenia transportu zbiorowego. W przypadku występowania wielu wariantów przebiegu danej linii, uogólniono przebieg danej linii sprowadzając je do jednego lub dwóch wariantów. Układ połączeń oraz czasy przejazdu poszczególnych odcinków przez pojazdy transportu zbiorowego został skalibrowany w odniesieniu do rzeczywistego rozkładu jazdy obowiązującego w listopadzie 2022 roku.

Sieć transportu zbiorowego zakodowano poprzez odwzorowanie infrastruktury transportowej w postaci przystanków oraz odcinków. Lokalizacje przystanków zakodowano wspomagając się lokalizacją GPS. Siecią transportu zbiorowego objęto wszystkie systemy transportu zbiorowego funkcjonujące w modelowanym obszarze: kolejowy, tramwajowy, trolejbusowy, autobusowy.

W celu jak najdokładniejszego odwzorowania obciążenia poszczególnych odcinków sieci zakodowano wszystkie połączenia transportu zbiorowego z podziałem na kategorie zależne od systemu transportowego, taryfy lub organizatora: kolejowe regionalne, kolejowe aglomeracyjne, tramwajowe, trolejbusowe, autobusowe miejskie, autobusowe regionalne i prywatne.

Lokalizacje istniejących przystanków zakodowano w oparciu o współrzędne GPS, zaś w przypadku przystanków na nieistniejących obecnie odcinkach, na podstawie dostępnych projektów budowlanych lub projektów koncepcyjnych.

Układ połączeń oraz czasy przejazdu poszczególnych odcinków przez pojazdy transportu zbiorowego został skalibrowany w odniesieniu do rzeczywistego rozkładu jazdy obowiązującego w 2022 roku. Układ połączeń tramwajowych i wybranych autobusowych w stanach prognostycznych został opracowany na podstawie dostępnych ogólnych przesłanek pochodzących od organizatorów transportu, innych opracowań strategicznych i operacyjnych. Pozostałe połączenia zakodowano z wykorzystaniem wiedzy eksperckiej autorów dążąc do optymalizacji sieci z uwzględnieniem maksymalizacji efektywności i minimalizacji kosztów. Uwzględniono takie czynniki jak:

- planowana infrastruktura,
- wzajemne uzupełnianie się poszczególnych gałęzi systemu transportowego (hierarchizacja),
- komfort i ograniczona liczba przesiadek,
- skoordynowanie ze sobą częstotliwości linii,
- zmiany w strukturze przestrzennej w poszczególnych dzielnicach miasta,
- przepustowość odcinków i skrzyżowań,
- pojemności pętli tramwajowych,
- możliwą integrację taryfową.

Rozkład jazdy zbudowano w oparciu o częstotliwość obsługi linii. Częstotliwość podzielono na cztery okresy doby:

- szczyt poranny (godz. 4:30 - 9:00),
- okres między szczytami (godz. 9:00 - 14:00),
- szczyt popołudniowy (godz. 14:00 - 18:30),
- okres wieczorny (godz. 18:30 - 23:30).

Zdecydowano się na zastosowanie odniesienia do częstotliwości, a nie szczegółowego rozkładu jazdy ze względu na funkcję i przeznaczenie modelu, tzn. prognoz na kolejne lata, dla których brak jest tak szczegółowych danych. Podejście bazujące na częstotliwości wymaga specyficznego potraktowania estymacji czasu przejazdu poszczególnych odcinków na sieci przez pojazdy transportu zbiorowego. Dlatego też w modelu zdecydowano uzależnić czas przejazdu od średniej prędkości danego środka transportu na danym typie odcinka (klasy drogi). Prędkości te zostały dopasowane w taki sposób, aby czas przejazdu między przystankami, a zarazem czas wykonywania półkursu na danej linii był możliwie jak najbardziej zbliżony do czasu rzeczywistego. Sposób ten pozwala na samoczynne określenie czasu przejazdu na nowych odcinkach sieci w stanach prognostycznych, zależnie od klasy drogi. Ponadto wyróżniono odcinki, na których funkcjonują buspasy, a w przypadku braku takiego odcinka opracowano uproszczoną funkcję (4), która uwzględnia wpływ zatoru drogowego na czas przejazdu danego odcinka. Wyróżnione typy odcinków przedstawiono w tabeli poniżej.

$$tPuT(a) = \begin{cases} L/35 \cdot 3600 & buspas = 1 \\ tPuT(a)_{def} & tPuT(a) \geq tCur_{PrT} \\ \min(tCur_{PrT}; tPuT(a)_{def} \cdot 3) & tPuT(a) < tCur_{PrT} \end{cases} \quad (4)$$

gdzie:

$tPuT(a)$ - czas przejazdu odcinka przez autobus [sek],

$tPuT(a)_{def}$ - domyślny czas przejazdu odcinka przez autobus [sek],

$tCur_{PrT}$ - czas przejazdu odcinka przez samochody w sieci obciążonej [sek],

L - długość odcinka [km],

$buspas$ - zmienna dychotomiczna opisująca występowanie pasa autobusowego.

Tabela 16. Prędkości pojazdów transportu zbiorowego z podziałem na typy odcinków

Typ odcinka	Prędkość
Droga główna	35 km/h
Droga zbiorcza	27 km/h
Droga lokalna	20 km/h
Odcinek z buspasem	35 km/h
Torowisko tramwajowe w jezdni lub z gęsto występującymi punktami kolizyjnymi	15 km/h
Torowisko tramwajowe wydzielone zwykłe	21 km/h
Torowisko tramwajowe wydzielone bezkolizyjne lub z priorytetem dla tramwajów	26 km/h
Torowisko kolejowe	kolej aglomeracyjna: 40 km/h
	kolej regionalna: 50-70 km/h

Przystanki i węzły przesiadkowe zakodowano w modelu jako pojedyncze przystanki połączone ciągami pieszymi, celem umożliwienia przesiadki. Ponadto do każdego z przystanków został przypisany atrybut "opór przystanku", którego celem jest kategoryzacja typów przystanków pod względem komfortu przesiadki. Atrybut ten wykorzystano podczas wyznaczania postrzeganego czasu podróży transportem zbiorowym poprzez iloczyn jego wartości przez czas przesiadki. Dzięki zastosowaniu "oporu przystanku" możliwe było dokładniejsze skalibrowanie sieci ze szczególnym uwzględnieniem komfortu przesiadki na węzłach. Wyróżniono trzy podstawowe kategorie przystanków:

- przystanek zwykły,
- przystanek w węźle integracyjnym/przesiadkowym - najbardziej komfortowy z uwagi na przesiadki "drzwi w drzwi", oraz skomunikowanie linii,
- przystanek "niekomfortowy" - gdzie przesiadki są niekomfortowe np. z powodu barier architektonicznych (schody, przejście podziemne, konieczność "nadrabiania drogi").

Ponadto w incydentalnych przypadkach (sygnalizacja świetlna, częste zatory, infrastruktura itp.) zastosowano wymuszenie mniejszej prędkości na danym odcinku, co pozwoliło na dokładniejsze czasu przejazdu dopasowanie do rzeczywistego

rozkładowego czasu przejazdu. Przyjęto również czas stały czas wymiany pasażerów na przystankach, będący średnią z wartości uzyskanych empirycznie:

- dla autobusów i tramwajów: 15 sekund,
- dla kolei: 25 sekund.

Istotne w modelowaniu podróży transportem zbiorowym jest uwzględnienie integracji taryfowej pomiędzy organizatorami transportu, a szczególnie jej brak. W Trójmieście integracja taryfowa jest niepełna, co wpływa na decyzje podróżnych na wybór środka transportu zbiorowego. Choć w obszarze Miasta Gdańska występuje integracja taryfowa na przewozy w granicach miasta, to ograniczona informacja o tym rodzaju integracji, a także zaszłości historyczne i wynikające z nich zachowania transportowe wpływają na specyficzny rozkład przejazdów pomiędzy poszczególnymi środkami transportu zbiorowego. Taka sytuacja wymusza uwzględnienie w modelu podróży zróżnicowania taryfy i wprowadzenia dodatkowego oporu. Z uwagi na powyższą sytuację w modelu zdecydowano się rozwiązać ten problem poprzez wprowadzenie dodatkowego atrybutu przypisanego do linii nazwanego "oporem linii". Zadaniem atrybutu jest odzwierciedlenie dodatkowego kosztu, jaki pasażer musi ponieść poprzez zakup dodatkowego biletu, w postaci postrzeganego czasu oczekiwania na pojazd. Atrybut ten wykorzystano podczas wyznaczania postrzeganego czasu podróży transportem zbiorowym poprzez dodanie jego wartości do postrzeganego czasu podróży. Wartości "oporu linii" dobrano poprzez kalibrację względem liczby podróżnych pomierzonych na wybranych odcinkach sieci.

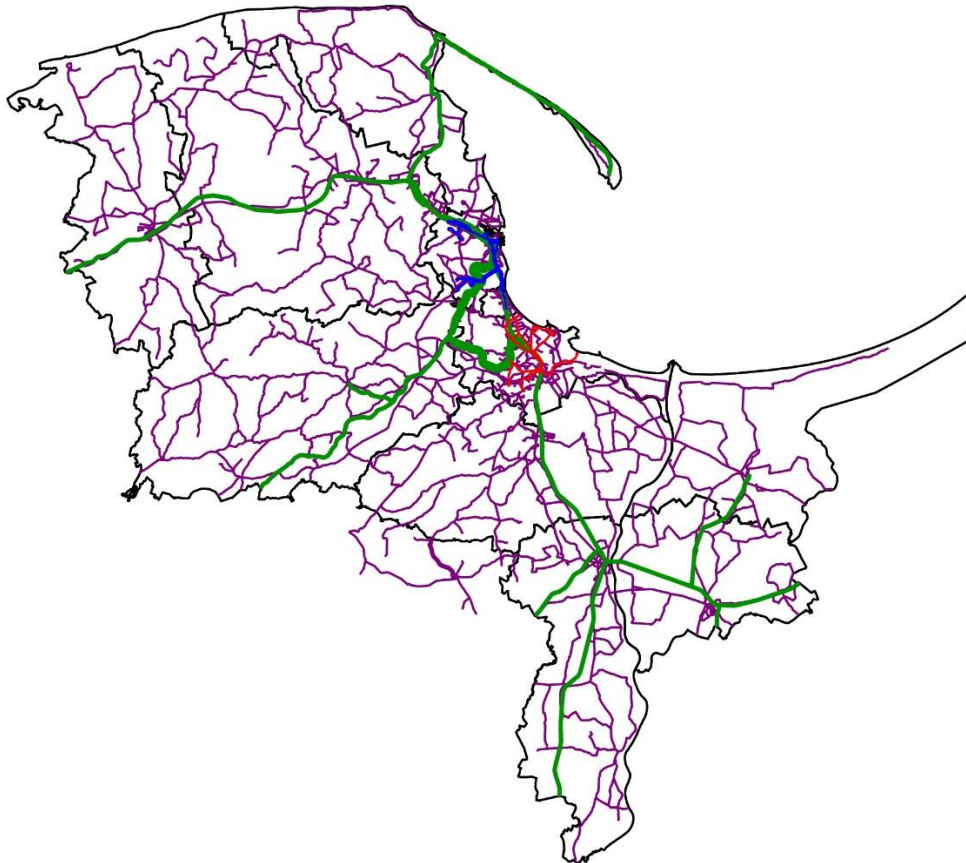
W modelu wyszczególniono i przypisano do odpowiednich linii typy pojazdów, dla których określono parametr komfortu wpływający na postrzegany czas spędzony w pojeździe. Parametr ten ma na celu ujęcie w sieci linii o większej atrakcyjności wyrażonej popytem. Wartości parametrów określono ekspercko podczas rozkładu ruchu pasażerskiego na sieć.

Tabela 17. Typy pojazdów transportu zbiorowego ujęte w modelu

Typ pojazdu	Pojemność	Liczba miejsc siedzących	Parametr komfortu
Autobus Sn	100	35	1,00
Autobus Pn	150	45	1,02
Autobus Mn	22	10	1,00
Autobus Regio	55	40	1,00
Tramwaj 30m	200	40	1,03
Tramwaj 45m	320	90	1,05
Kolej Aglo	1200	300	1,07
Kolej Regio	1600	340	1,07

Sieci transportu zbiorowego w miastach odwzorowano zgodnie z założeniami zawartymi w modelach podróży tych miast. Uproszczony schemat sieci zakodowanej w modelu przedstawiono na rysunek 5.

Rysunek 5. Uproszczony schemat zakodowanej sieci transportu zbiorowego w modelu podróży OMGGS.



źródło: opracowanie własne

11. Moduł ruchu towarowego

Modelowanie ruchu towarowego z uwagi na nieregularność przewozów oraz ograniczoną dostępność danych o przewozach i czynnikach determinujących wielkość generowanego i absorbowanego ruchu oraz rozkład przestrzenny przewozów, jest zagadnieniem złożonym. Obecnie nie opracowano efektywnej metody modelowania przewozu ładunków w skali metropolii. Najszerze prace w tym zakresie przeprowadził dr Tomasz Kulpa w rozprawie doktorskiej pt. *Modelowanie potencjałów ruchotwórczych w drogowych przewozach ładunków w skali regionu*⁵, w której podjął próbę budowy modeli cząstkowych dla ruchu towarowego. Jednym z podstawowych wniosków pracy został sformułowany następująco: „Zastosowanie nawet bardzo wyrefinowanej metody będzie obarczone błędem szacowania wartości zmiennych z uwagi na ich ograniczoną dostępność. Ponadto, patrząc również na doświadczenie projektowe autora, rzadko

⁵ Kulpa T.: Modelowanie potencjałów ruchotwórczych w drogowych przewozach ładunków w skali regionu, Rozprawa doktorska, Politechnika Krajowska, Kraków 2013.

kiedy po rozłożeniu więźb ruchu samochodów ciężarowych dostajemy zadowalającą zgodność modelowanych natężeń ruchu z pomierzonymi. Powinno się przeprowadzić proces kalibracji, w którym korygowane są wartości potencjałów ruchotwórczych.”

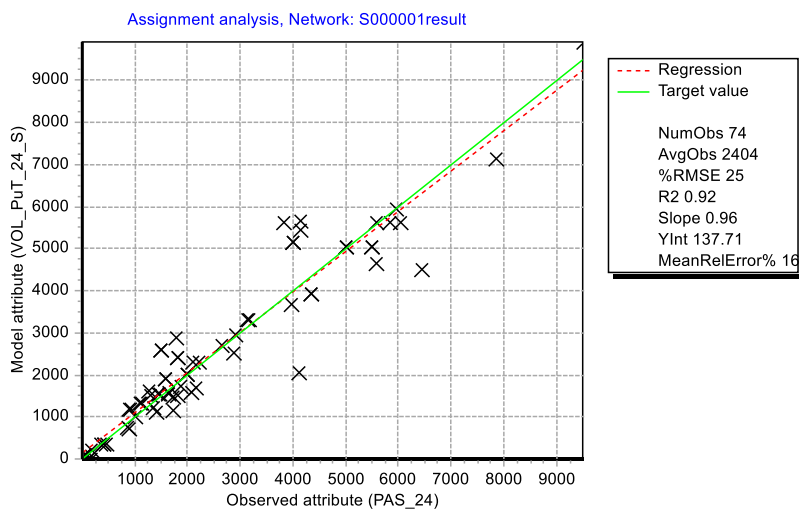
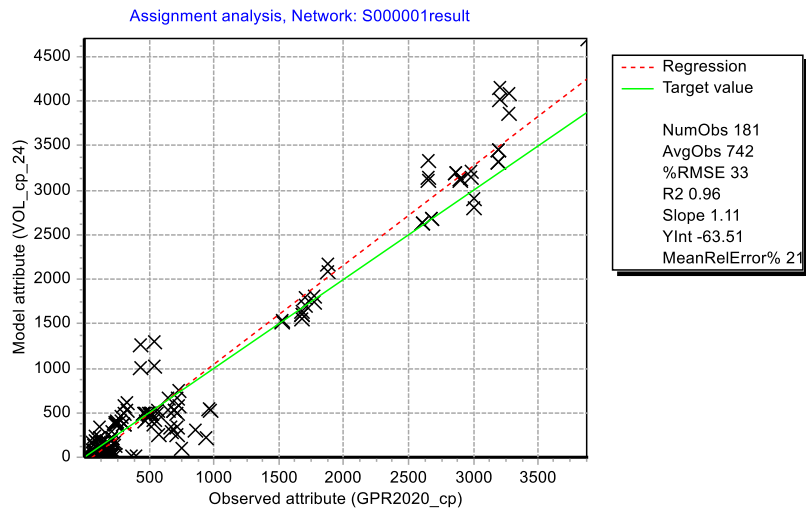
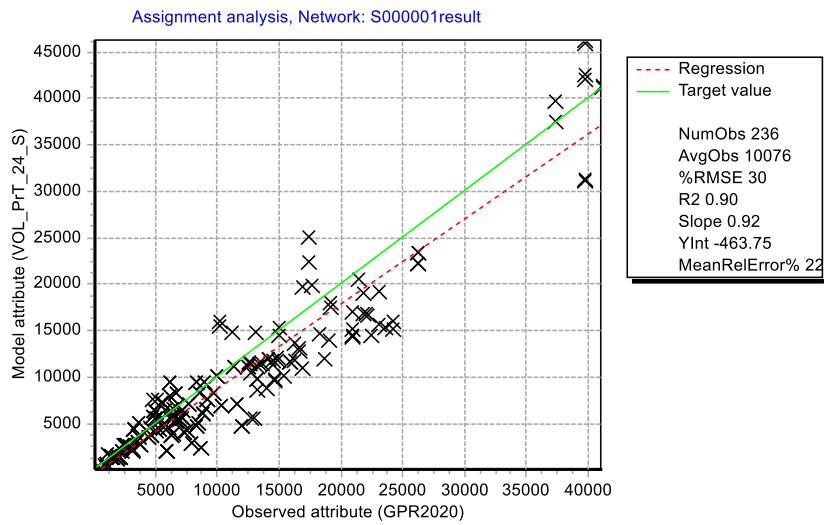
Powyższe trudności są potwierdzone przez zespół aktualizujący model OMGGS. Podjęto jednak próbę budowy uproszczonego modelu ruchu towarowego wykorzystując potencjały ruchotwórcze opracowane przez zespół ds. modelowania CUPT w ramach budowy Zintegrowanego Modelu Podróży. Potencjały dla rejonów transportowych wewnątrz Trójmiasta rozłożono proporcjonalnie do liczby miejsc pracy poza usługami. Potencjały te poddano korekcie na etapie kalibracji modelu względem wyników rozkładu ruchu na sieci. Korekta dotyczyła przede wszystkim obszaru Trójmiasta, w tym obszarów około portowych.

Moduł ruchu towarowego składa się z dwóch elementów: przewozów zewnętrznych i przewozów wewnątrz OMGGS. Przewozy zewnętrzne opracowano poprzez określenie wielkości generacji i absorpcji ruchu na kordonach OMGGS na podstawie wyników symulacji z ZMR. Wygenerowane w ten sposób podróże rozłożono w przestrzeni z wykorzystaniem funkcji rozkładu przestrzennego opisanych w rozdziale 0. Otrzymane macierze rozłożono na sieć transportową. Prognozy wewnętrzne wygenerowano na podstawie potencjałów dla rejonów transportowych opracowanych w ZMR, co opisano powyżej. Wygenerowany ruch rozłożono w przestrzeni za pomocą funkcji rozkładu przestrzennego z zastosowaniem eksperckich parametrów (z uwagi na brak danych o tego rodzaju przewozach).

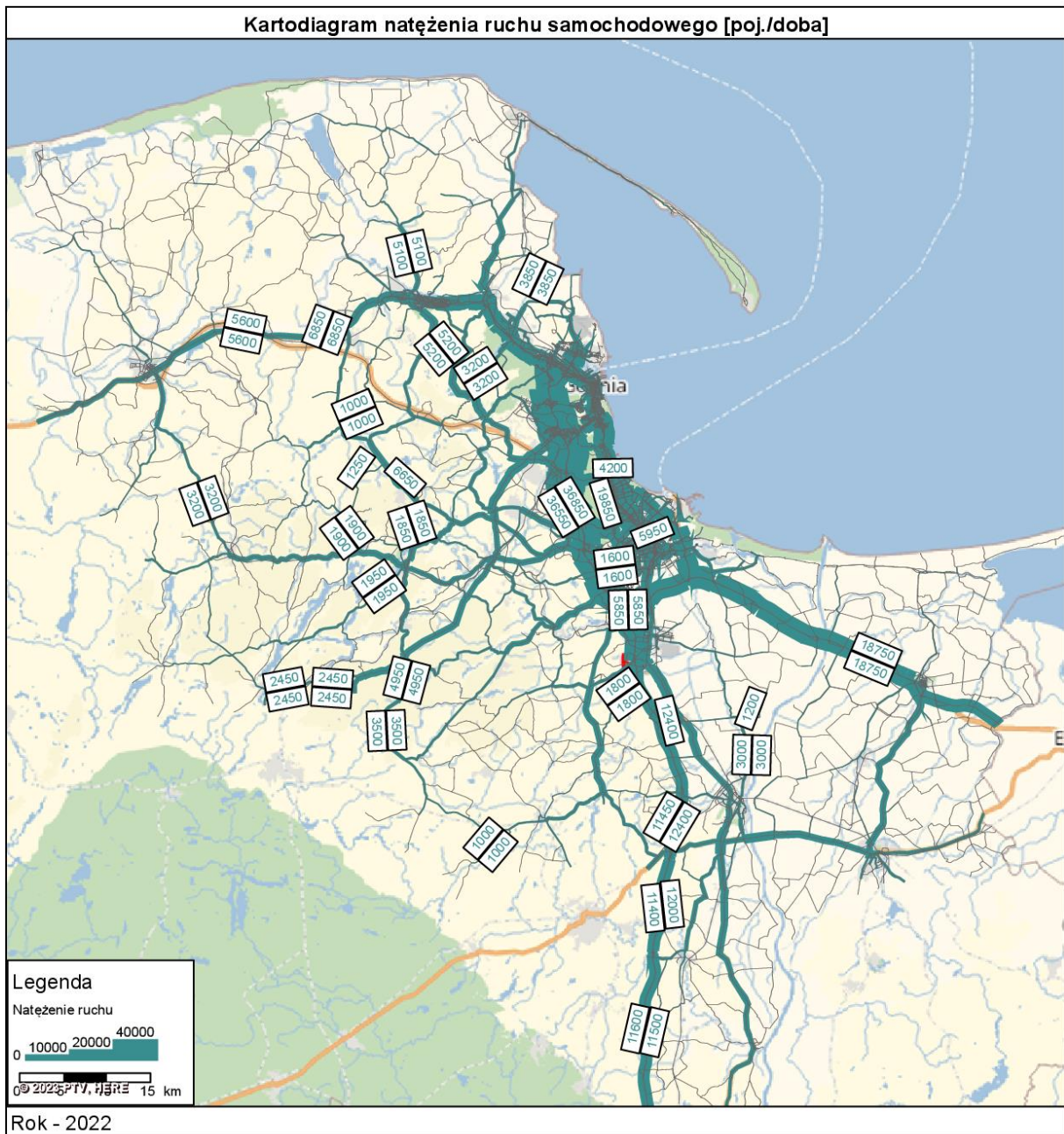
12. Kalibracja modelu

Podstawowym elementem odniesienia do kalibracji modelu było natężenie ruchu drogowego i pasażerskiego na sieci transportowej. W zakresie modeli cząstkowych popytu, z uwagi na brak aktualnych pomiarów ruchu nie było możliwe odniesienie się do aktualnych danych o podróżach i zachowaniach transportowych ludności. Ponadto z uwagi na nieaktualność danych o zachowaniach transportowych mieszkańców w procesie kalibracji modelu do danych o natężeniu ruchu konieczne było wybiórcze zastosowanie korekty tych modeli w szczególności w obszarze sąsiadującym z PKM, ale także na Gdańsku Południu, Rumi, Redzie, Wejherowie, Kosakowie, Straszynie i innych miejscach. Na potrzeby kalibracji nie wykorzystano automatycznych procedur korygujących typu TFlowFuzy. W efekcie parametryzacji sieci transportowej i oferty transportu zbiorowego, korekty połączeń rejonów transportowych uzyskano akceptowalny wynik zgodności rozkładu ruchu na sieci transportowej osiągający wartości wskaźnika determinacji R^2 wynoszący 0,9 dla transportu samochodowego ogółem, 0,96 dla transportu ciężarowego i 0,92 dla transportu zbiorowego. Uzyskany wynik można uznać za dobry, lecz należy mieć na uwadze, że dane te pochodzą z różnych źródeł (GPR 2020, GBR 2016, PBPR 2021, UMWP (kolej) 2019), co zarówno utrudnia kalibrację modelu, jak i ogranicza wiarygodność uzyskanych wyników. Docelowo do rozwoju modelu wysoce zalecane jest wykonanie kompleksowych pomiarów ruchu zarówno na sieci drogowej, jak i transportu zbiorowego i dokonanie weryfikacji i kalibracji wyników.

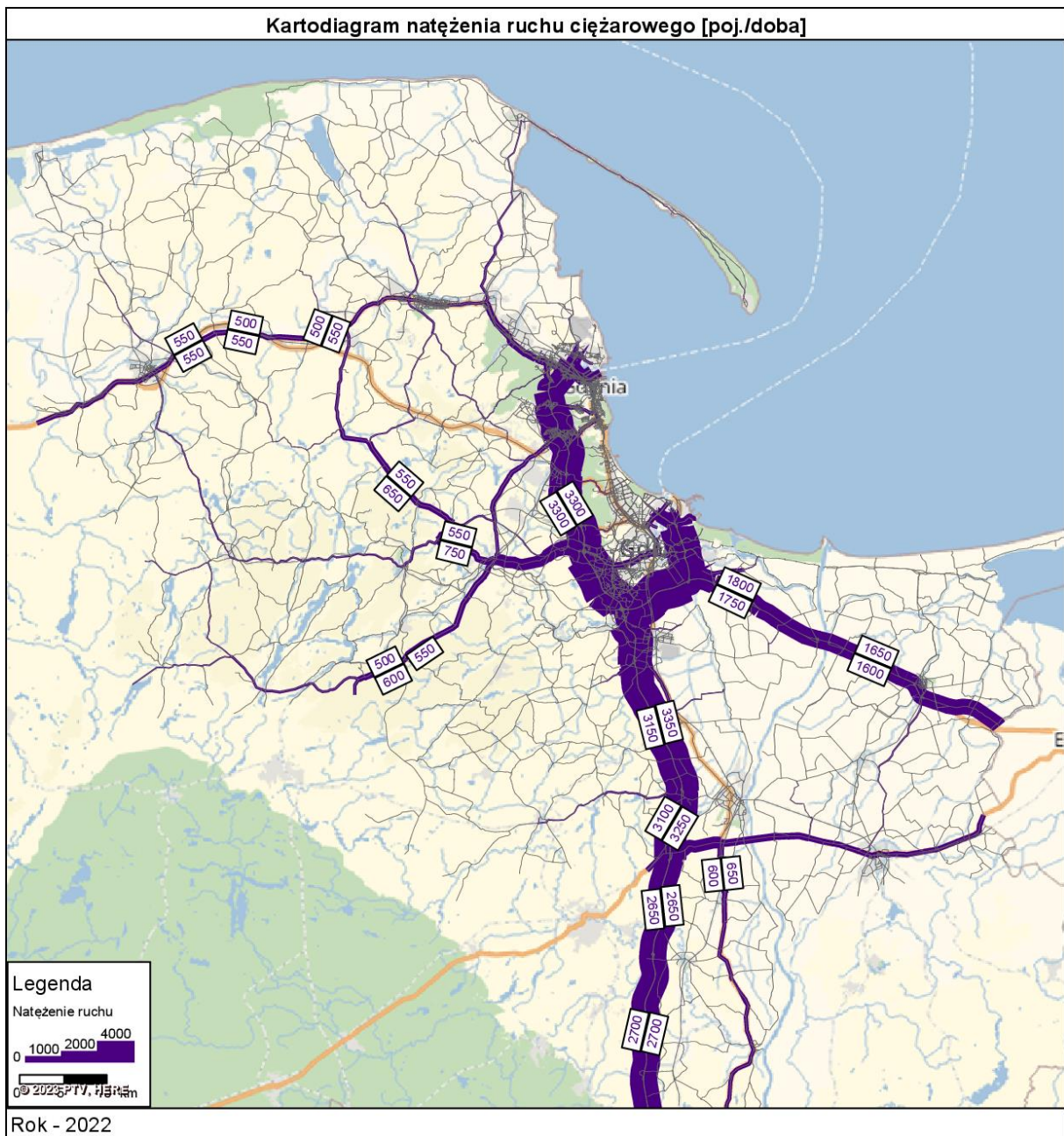
Rysunek 6. Wykresy zgodności rozkładu ruchu na sieć z danymi o natężeniu ruchu drogowego ogółem, ciężarowego i pasażerskiego.



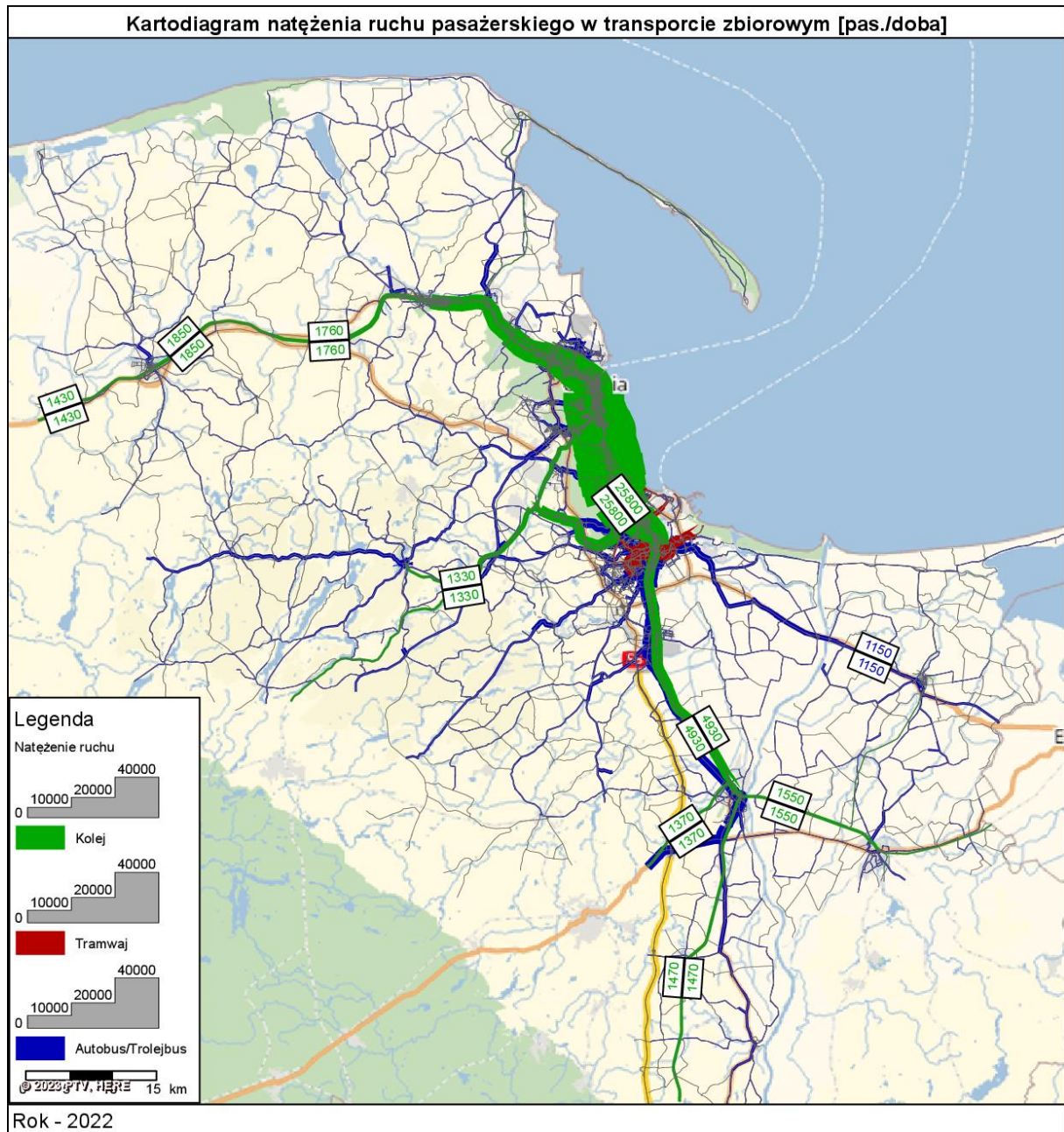
Rysunek 7. Kartodiagram rozkładu natężenia ruchu samochodowego.



Rysunek 8. Kartodiagram rozkładu natężenia ruchu ciężarowego.



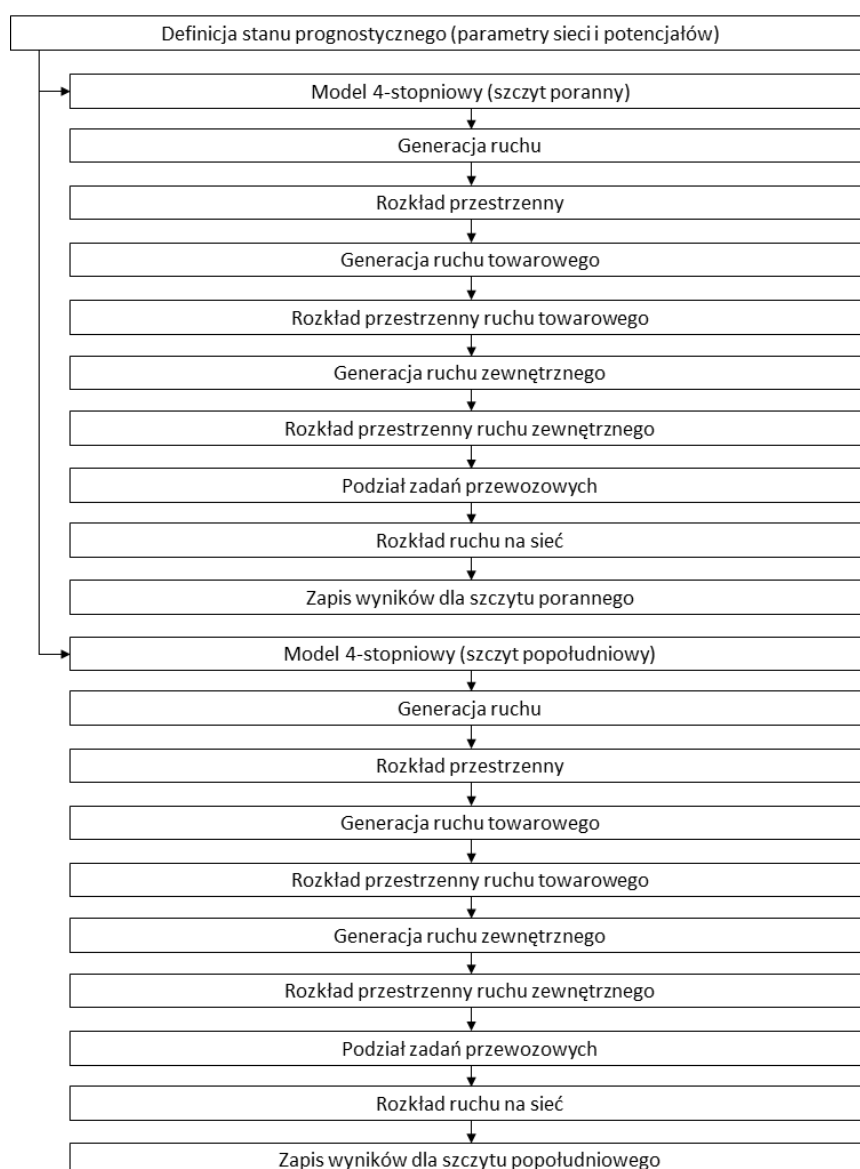
Rysunek 9. Kartodiagram rozkładu natężenia ruchu pasażerskiego w transporcie zbiorowym.



13. Struktura procedur obliczeniowych w modelu

Jednym z podstawowych celów opracowanego modelu, oprócz możliwie dokładnego odwzorowania podróży i ruchu w systemie transportowym, jest możliwość jego prostej obsługi i praktycznego wykorzystania na potrzeby prowadzonych analiz. Z uwagi na powyższe z uwzględnieniem zmian i założeń przedstawionych w poprzednich rozdziałach opracowano nową strukturę procedur obliczeniowych, która została zaimplementowana do pliku modelu. Struktura ta umożliwi prostą aktywację elementów i parametrów sieci transportowej oraz potencjałów ruchotwórczych dla poszczególnych stanów progностycznych, a także prosta możliwość wyboru okresu, dla którego ma zostać wykonane przeliczenie – tylko dla szczytu porannego, tylko dla szczytu porannego, dla obu szczytów z rozszerzeniem do doby. Ogólny schemat przebudowanej struktury procedur obliczeniowych przedstawiono na rysunku poniżej.

Rysunek 10. Schemat przebudowanej struktury procedur obliczeniowych w modelu



14. Spis tabel, rysunków, wykresów

14.1. Spis tabel

Tabela 1. Zestawienie danych charakteryzujących rejony transportowe.....	14
Tabela 2. Modele generacji podróży mieszkańców.....	21
Tabela 3. Wskaźniki przeliczeniowe udziału podróży w poszczególnych motywacjach w analizowanych godzinach szczytu porannego i popołudniowego.....	23
Tabela 4. Parametry funkcji oporu przestrzeni.....	24
Tabela 5. Parametry funkcji oporu przestrzeni dla ruchu zewnętrznego.....	26
Tabela 6. Parametry funkcji wydzielenia podróży pieszych.....	28
Tabela 7. Bazowe parametry funkcji użyteczności w modelu wyboru środka transportu dla łańcuchów motywacji – uzyskane w wyniku estymacji.....	30
Tabela 8. Parametry funkcji użyteczności w modelu wyboru środka transportu dla łańcuchów motywacji dla szczytu porannego.....	31
Tabela 9. Parametry funkcji użyteczności w modelu wyboru środka transportu dla łańcuchów motywacji dla szczytu popołudniowego.....	31
Tabela 10. Wyniki kalibracji modelu BPR2 dla odcinków dróg miejskich według klasy, przekroju i prędkości dopuszczalnej.....	33
Tabela 11. Spis odcinków wykorzystanych w modelu transportu indywidualnego.....	34
Tabela 12. Założenia rozwoju krajowej sieci transportowej.....	37
Tabela 13. Założenia rozwoju wojewódzkiej sieci transportowej.....	37
Tabela 14. Założenia rozwoju sieci transportowej Gdańska.....	39
Tabela 15. Założenia rozwoju sieci transportowej Gdyni.....	41
Tabela 16. Prędkości pojazdów transportu zbiorowego z podziałem na typy odcinków.....	43
Tabela 17. Typy pojazdów transportu zbiorowego ujęte w modelu.....	44

14.2. Spis rysunków

Rysunek 1. Ogólny schemat budowy modelu i jego wykorzystania do prognoz ruchu.....	8
Rysunek 2. Podział OMGGS na rejony transportowe.....	11
Rysunek 3. Schemat podziału zadań przewozowych.....	27
Rysunek 4. Sieć transportowa OMGGS ujęta w modelu.....	36
Rysunek 5. Uproszczony schemat zakodowanej sieci transportu zbiorowego w modelu podróży OMGGS.....	45
Rysunek 6. Wykresy zgodności rozkładu ruchu na sieć z danymi o natężeniu ruchu drogowego ogółem, ciężarowego i pasażerskiego.....	47
Rysunek 7. Kartodiagram rozkładu natężenia ruchu samochodowego.....	48
Rysunek 8. Kartodiagram rozkładu natężenia ruchu ciężarowego.....	49
Rysunek 9. Kartodiagram rozkładu natężenia ruchu pasażerskiego w transporcie zbiorowym.....	50
Rysunek 10. Schemat przebudowanej struktury procedur obliczeniowych w modelu.....	51