



Strategia
Transportu i Mobilności

STRATEGIA TRANSPORTU
I MOBILNOŚCI OBSZARU
METROPOLITALNEGO GDAŃSK-
GDYNIA-SOPOT DO ROKU 2030

Załącznik nr 4

Transportowy model prognostyczny
podróży dla Obszaru Metropolitalnego

Gdańsk, październik 2015

Opracowanie wykonała



FUNDACJA
ROZWOJU INŻYNIERII LĄDOWEJ

na zlecenie



Zamawiający



Autorzy opracowania:

dr hab. inż. Kazimierz Jamroz

mgr inż. Krystian Birr

mgr inż. Wojciech Kustra

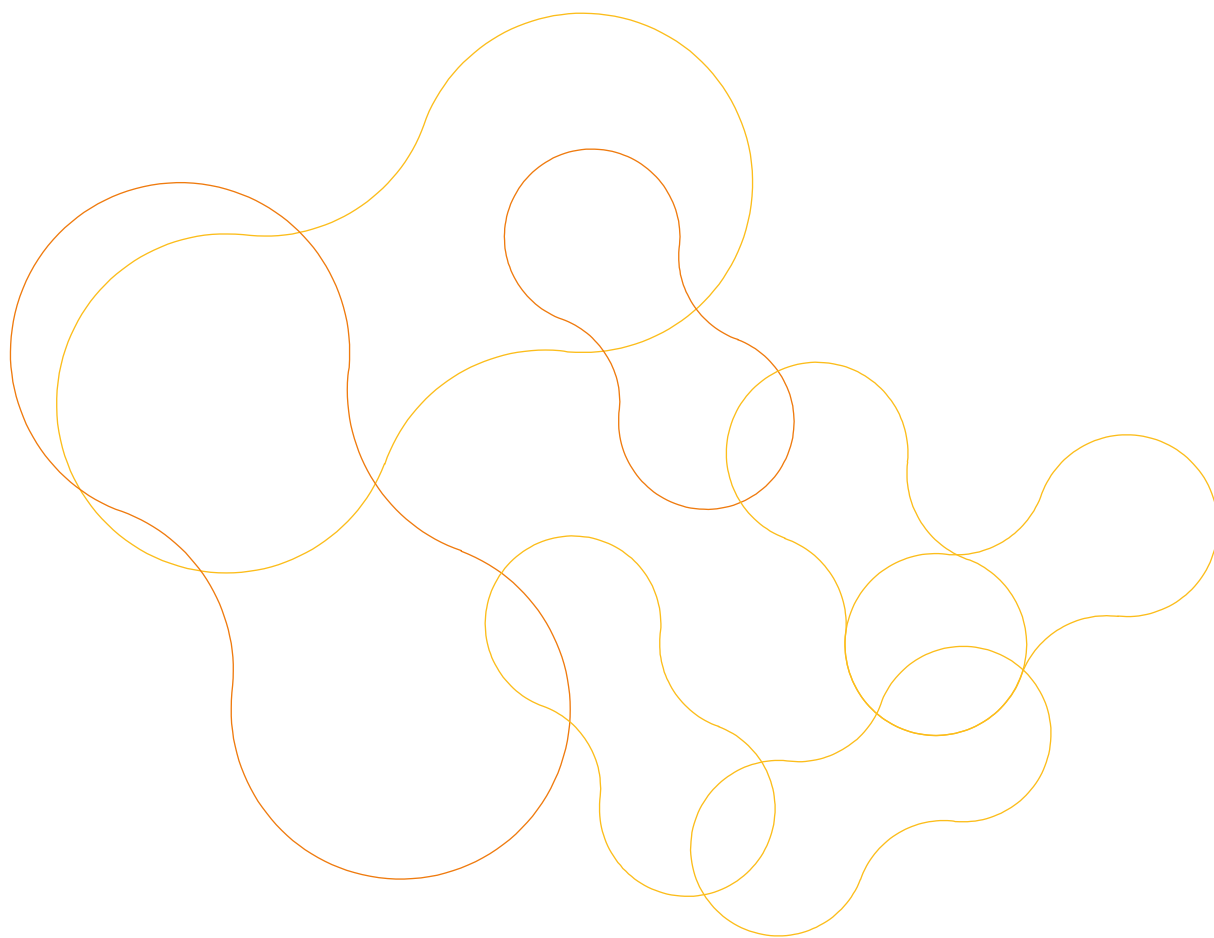
inż. Barbara Strzebrakowska

SPIS TREŚCI

1.	Wstęp	5
1.1	Podstawa opracowania	5
1.2	Cel i zakres opracowania	5
1.3	Metodyka pracy	5
1.4	Źródła danych	6
1	Budowa modelu	7
2.	Budowa modelu	8
2.1	Podstawowe dane wejściowe	8
2.1.1	Podział obszaru na rejony transportowe	8
2.1.2	Dane demograficzne i społeczno-ekonomiczne	9
2.1.3	Badania i pomiary ruchu	12
2.1.3.1	Zachowania transportowe mieszkańców	12
2.1.3.2	Pomiary ruchu	13
2.1.3.3	Dane uzupełniające	14
2.2	Modelowanie generacji podróży	15
2.2.1	Zmienne objaśniane w modelu – generacja podróży	16
2.2.2	Zmienne objaśniające wykorzystane podczas modelowania	16
2.2.3	Generacja podróży mieszkańców OM	25
2.2.4	Generacja ruchu zewnętrznego	27
2.3	Założenia do prognoz ruchu	27
2.3.1	Analizowane okresy	27
2.3.2	Ruchliwość	27
2.3.3	Napełnienie pojazdów	28
2.4	Modele sieci transportowych	28
2.4.1	Model sieci drogowej	28
2.4.2	Funkcja oporu odcinka	32
2.4.3	Sieć transportu zbiorowego	36
2.5	Model rozkładu przestrzennego	37
2.6	Model podziału zadań przewozowych	39
2.7	Rozkład ruchu na sieć	42
2.8	Atrybuty modelu	44
3.	Podsumowanie i wnioski	49

Rozdział 1

Wstęp



1. Wstęp

1.1 Podstawa opracowania

Opracowanie wykonano w ramach opracowania Strategii Transportu i Mobilności do roku 2030 na zlecenie PBS Sp. z o.o. z siedzibą w Sopocie.

1.2 Cel i zakres opracowania

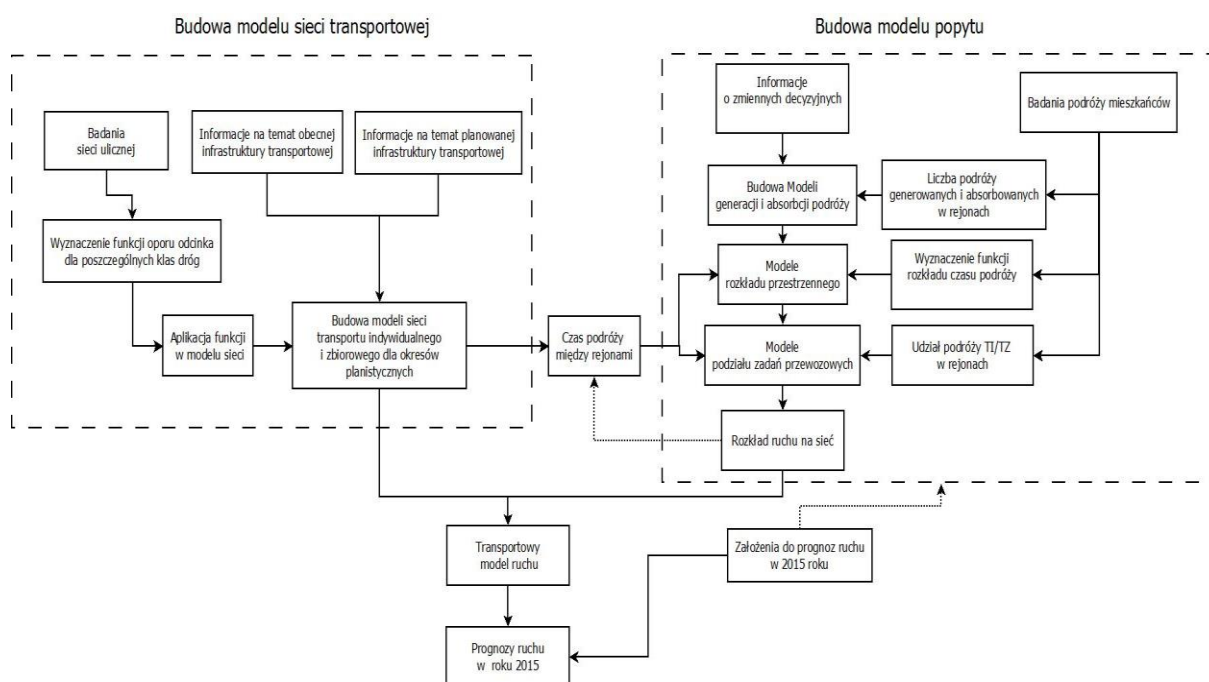
Celem opracowania jest budowa makroskopowego modelu podróży dla Obszaru Metropolitalnego Obszaru Metropolitalnego Gdańsk-Gdynia-Sopot (dalej OM), będącego narzędziem do analizy rozwoju sieci transportowej, zmian organizacji ruchu, zagospodarowania przestrzennego, funkcjonowania publicznego transportu zbiorowego. Otrzymane przy jego pomocy wyniki pozwolą na tworzenie scenariuszy rozwoju sieci transportowej, w której składzie znajdują się zarówno sieć drogowa, sieć kolejowa, jak i sieć połączeń transportu zbiorowego. Model makroskopowy może dostarczać także dane wejściowe do bardziej szczegółowych analiz opartych na mezo i mikrosymulacji.

1.3 Metodyka pracy

Do budowy modelu transportowego Obszaru Metropolitalnego, 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.



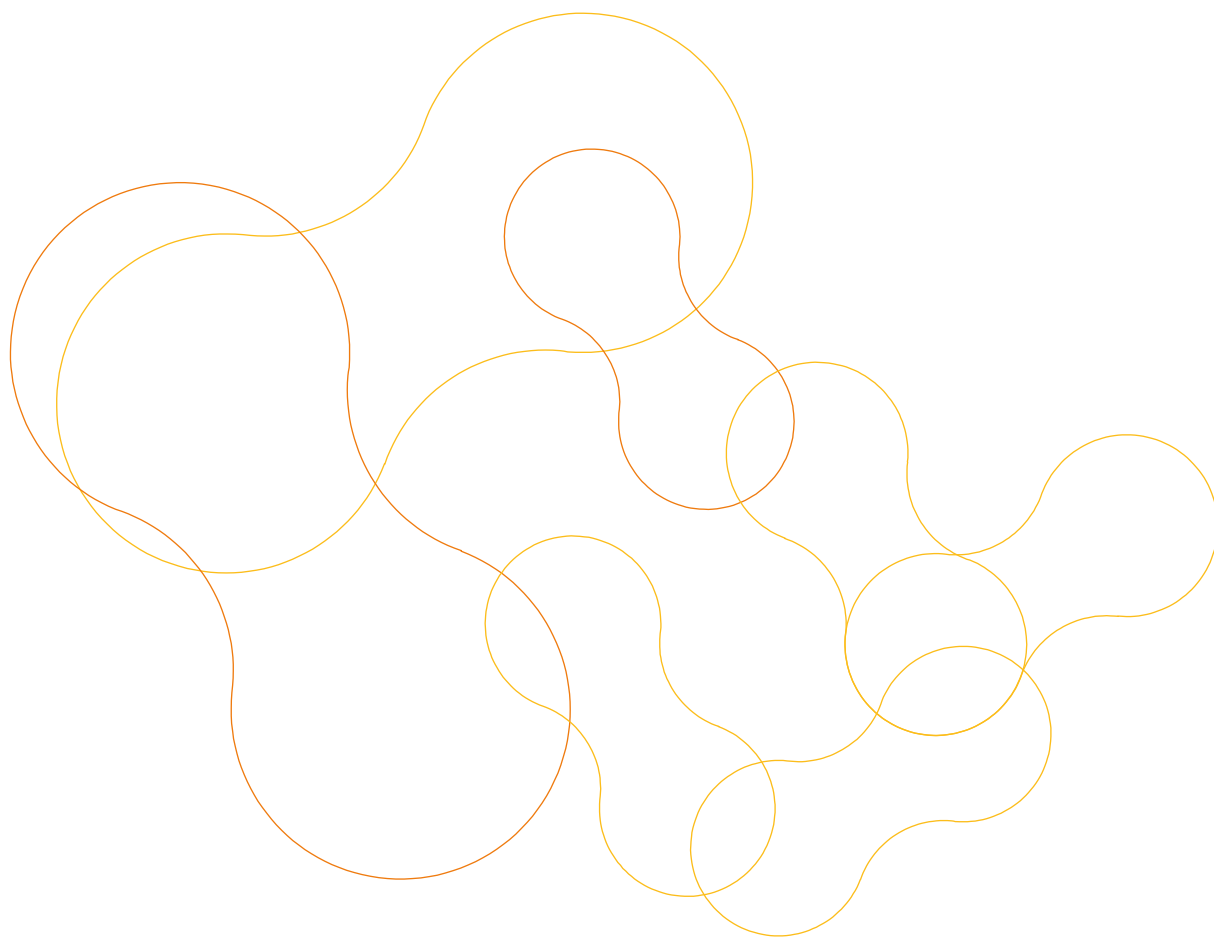
Rys. 1.1. Schemat blokowy budowy transportowego modelu prognostycznego Obszaru Metropolitalnego (źródło: opracowanie własne)

1.4 Źródła danych

Opracowanie wykonano w oparciu o dane uzyskane z badań przeprowadzonych w ramach opracowania Strategii Transportu i Mobilności do roku 2030. W zakresie badań znajdują się badania preferencji i zachowań transportowych mieszkańców Obszaru Metropolitalnego oraz badania wielkości popytu na sieci transportowej – pomiary natężenia ruchu drogowego oraz napełnienia pojazdów transportu zbiorowego w wybranych newralgicznych punktach sieci transportowej. W opracowaniu wykorzystano także dane pochodzące z baz danych własnych (FRIL), danych Głównego Urzędu Statystycznego, badań marketingowych dot. preferencji i zachowań komunikacyjnych mieszkańców Gdyni z 2013r., Kompleksowych Badań Ruchu z 1998 i 2009 roku dla Gdańska¹. Do kalibracji modelu wykorzystano także dane dotyczące pomiarów ruchu pochodzące z systemu sterowania ruchem TRISTAR. Wykorzystano również badania zachowań transportowych oraz potoków pasażerskich wykonanych w ramach opracowania Planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego dla województwa pomorskiego z 2014 roku.

Rozdział 2

Budowa modelu



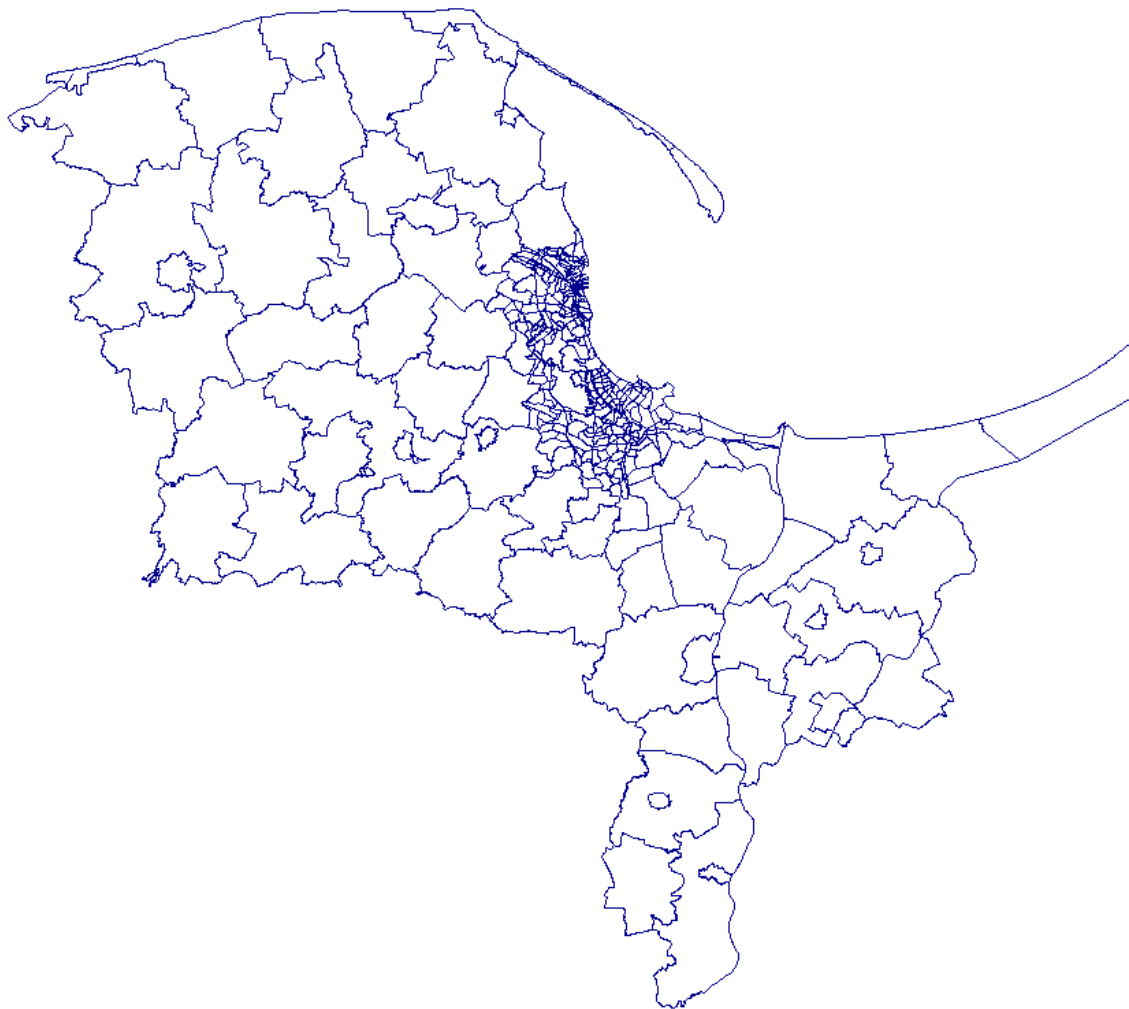
2. Budowa modelu

2.1 Podstawowe dane wejściowe

2.1.1 Podział obszaru na rejony transportowe

Model podróży swoim zasięgiem terytorialnym obejmuje granice administracyjne Obszaru Metropolitalnego. Podczas modelowania podróży przyjęto podział tego obszaru na 417 rejonów. 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 TRISTAR. Gdańsk podzielono na 161 rejonów, Gdynię na 173 rejony, Sopot na 6 rejonów.



Rys. 2.1. Podział OM na rejony transportowe.

W podziale na rejony transportowe Trójmiasta, uwzględniono wielkości potencjałów, tj. warunki fizjograficzne, liczbę mieszkańców oraz dostępność do sieci drogowej. Pod uwagę wzięto 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.

2.1.2 Dane demograficzne i społeczno-ekonomiczne

Demografia jest jedną z najbardziej istotnych determinant popytu na usługi transportowe. Podstawowymi czynnikami demograficznymi są:

- liczba mieszkańców;
 - struktura wiekowa mieszkańców;
 - aktywność zawodowa i edukacyjna mieszkańców, w tym liczba uczniów i studentów;
 - wielkość i kierunki migracji;
 - czynniki pochodne, takie jak liczba zarejestrowanych samochodów osobowych.

Liczbę mieszkańców, powierzchnię oraz gęstość zaludnienia w poszczególnych powiatach należących do OM przedstawiono w

Tabl. 2.1.

Tabl. 2.1. Liczba mieszkańców i gęstość zaludnienia w poszczególnych powiatach OM województwa pomorskiego – wg stanu na 31.12.2013 r.

Lp.	Powiat	Liczba mieszkańców	Struktura [%]	Powierzchnia [km ²]	Struktura [%]	Gęstość zaludnienia [miesz./km ²]
Trójmiasto						
1	m. Gdańsk	461,9	20,1	261,96	1,43	1 763,4
2	m. Gdynia	247,8	10,8	135,14	0,74	1 833,6
3	m. Sopot	37,7	1,6	17,28	0,09	2 180,6
Razem Trójmiasto		747,4	32,6	440,25	2,40	1 697,7
Pozostałe powiaty						
4	gdański	106,4	4,6	793,75	4,33	134,0
5	kartuski	126,1	5,5	1 120,54	6,12	112,5
6	łęborski	66,1	2,9	706,02	3,86	93,7
7	malborski	64,3	2,8	494,23	2,70	130,1
8	nowodworski	36,2	1,6	671,53	3,67	54,0
9	pucki	81,9	3,6	572,14	3,12	143,2
10	tczewski	116,0	5,1	697,11	3,81	166,3
11	wejherowski	206,9	9,0	1 285,25	7,02	161,0
Razem pozostałe powiaty		803,9	35,0	6 340,57	34,63	126,8
Razem OM		1551,3	67,6	6780,8	37,03	228,8
Ogółem województwo pomorskie		2 295,8	100	18 310,34	100,00	125,4

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS.

Według stanu na dzień 31 grudnia 2013 r., obszar metropolitalny zamieszkiwało ponad **1,55 mln osób**, tj. 67,6 % mieszkańców województwa pomorskiego, w tym 747,4 tys. zamieszkałych na obszarze Trójmiasta. Gęstość zaludnienia wynosiła 229 osób na 1 km², tj. prawie dwukrotnie więcej niż w województwie pomorskim, natomiast na obszarze Trójmiasta gęstość zaludnienia wynosi prawie 1,7 tys. osób na 1 km² i jest kilkanaście razy większa niż na pozostałych obszarach OM. Poza Trójmiastem dość duża gęstość zaludnienia występuje w powiatach graniczących z Trójmiastem będących częścią aglomeracji gdańskiej: gdańskim, kartuskim, puckim i wejherowskim oraz tczewskim i malborskim.

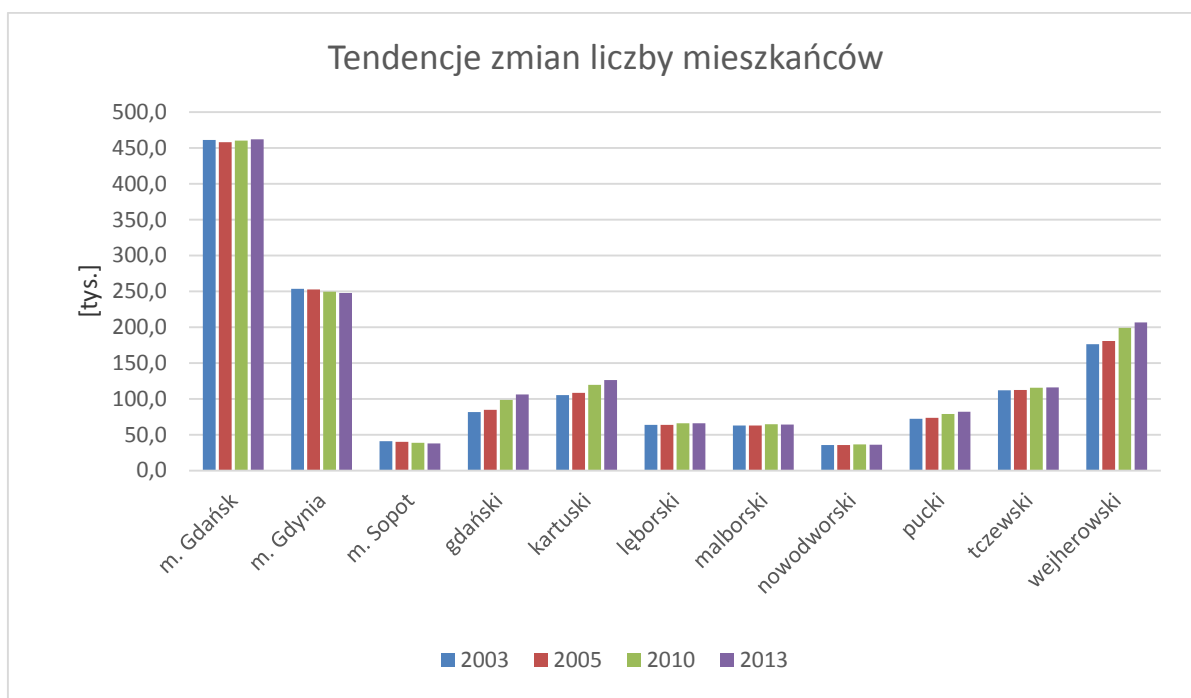
W ciągu ostatnich 10 lat liczba mieszkańców OM województwa pomorskiego wzrastała o 5,9 %, wzrost ten występował we wszystkich powiatach ziemskich oraz w Gdańsku. Największy wzrost liczby mieszkańców zarejestrowano w powiatach: gdańskim, wejherowskim, kartuskim i puckim.. W Tabl. 2.2 i na przedstawiono zmiany w liczbie mieszkańców powiatów w OM województwa pomorskiego.

Tabl. 2.2. Zestawienie liczby mieszkańców w poszczególnych powiatach OM województwa pomorskiego w latach 2003-2013

Lp.	Powiat	Liczba mieszkańców				Zmiana liczby mieszkańców w latach 2003-2013	
		w roku 2003	w roku 2005	w roku 2010	w roku 2013	(tys.)	[%]
Trójmiasto							
1	m. Gdańsk	461,0	458,1	460,5	461,9	0,93	0,2
2	m. Gdynia	253,5	252,8	249,5	247,8	-5,71	-2,3
3	m. Sopot	41,0	40,1	38,9	37,7	-3,34	-8,1
Razem Trójmiasto		755,5	750,9	748,8	747,4	-8,12	-1,1
Pozostałe powiaty							
4	gdański	81,7	84,7	98,4	106,4	24,68	30,2
5	kartuski	105,4	108,6	119,5	126,1	20,70	19,6
6	łęborski	63,6	63,7	66,2	66,1	2,58	4,1
7	malborski	63,0	63,1	64,9	64,3	1,33	2,1
8	nowodworski	35,7	35,5	36,5	36,2	0,52	1,4
9	pucki	72,3	73,8	79,2	81,9	9,64	13,3
10	tczewski	112,2	112,5	115,7	116,0	3,77	3,4
11	wejherowski	176,2	180,7	199,0	206,9	30,64	17,4
Razem pozostałe powiaty		710,0	722,6	779,4	803,9	93,87	13,2
Razem OM		1 465,5	1 473,5	1 528,2	1 551,3	85,75	5,9
Ogółem województwo pomorskie		2 183,6	2 199,0	2 275,5	2 295,8	112,16	5,1

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS.

Wzrost liczby ludności w tym okresie jest efektem dodatniego salda migracji. Przy wzroście ludności w OM nastąpił spadek liczby mieszkańców miast: Gdyni o 2,3% i Sopotu o 8,1%. W powiatach otaczających Trójmiasto wzrost liczby mieszkańców był największy w OM (w powiecie gdańskim o 30,2 %, w powiecie kartuskim o 19,6 % i w powiecie wejherowskim o 17,4 %. Wzrost ten jest efektem złożonego procesu: migracji wewnętrznej mieszkańców z Trójmiasta do ościennych powiatów i migracji zewnętrznej do całego obszaru aglomeracji.



Rys. 2.2. Zmiany liczby mieszkańców w poszczególnych powiatach OM województwa pomorskiego w latach 2003-2013

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS.

2.1.3 Badania i pomiary ruchu

2.1.3.1 Zachowania transportowe mieszkańców

Celem identyfikacji zachowań transportowych mieszkańców wykorzystano badania przeprowadzone na potrzeby niniejszego opracowania jesienią 2014 roku oraz badania wykonane w ramach opracowania Planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego dla województwa pomorskiego jesienią 2013 roku. Badania przeprowadzono łącznie na ponad 16 000 mieszkańców w wieku 13 lat i więcej w zakresie realizacji podróży, oceny i oczekiwań dotyczących sposobu przemieszczania się – szczególnie transportem zbiorowym.

W badaniach położono szczególny nacisk na poznanie liczby podróży międzygminnych wraz z ich szczegółową charakterystyką, co do takich parametrów jak: motywacja podróży, czas podróży, miejsca rozpoczęcia i zakończenia podróży, wybierane środki transportu.

Istotnym elementem badania było również określenie struktury demograficznej osób wykonujących podróże ponadgminne. W badaniach podjęto również próbę poznania przyczyn wyboru poszczególnych środków transportu do realizacji podróży ponadgminnych z uwzględnieniem problemu wysokiego udziału transportu indywidualnego w kontekście niskiej atrakcyjności transportu zbiorowego..

Jednym z końcowych efektów tej części opracowania jest opracowanie więzby podróży ponadgminnych dla populacji mieszkańców OM w wieku 13 lat i więcej.

Badanie ankietowe zrealizowane w ramach projektu było ukierunkowane na:

- zgromadzenie szczegółowych informacji na temat podróży mieszkańców OM, umożliwiających weryfikację modelu symulacyjnego podróży w OM,
- poznanie preferencji użytkowników systemu transportowego w zakresie korzystania z transportu zbiorowego,
- opis gospodarstw domowych z badanego obszaru pod względem:
 - liczby osób, ich cech społeczno-demograficznych oraz opisu typu podróży obligatoryjnych i lokalizacji ich celów,
 - wyposażenia w samochody oraz rowery.

2.1.3.2 Pomiary ruchu

W ramach opracowania Strategii Transportu i Mobilności Obszaru Metropolitalnego do roku 2030 wykonano pomiary natężenia ruchu drogowego na skrzyżowaniach i wybranych przekrojach, które zostały przeprowadzone w okresie 28.10 – 6.11.2014. Badanie zostało przeprowadzone przez okres 10,5 godzin (6:30 – 17:00) w typowym dniu tygodnia: wtorek, środa, czwartek. Pomiar natężeń i struktury rodzajowej ruchu na skrzyżowaniach przeprowadzono w interwale 1 godzinnym. Na wszystkich skrzyżowaniach była uwzględniona struktura rodzajowa pojazdów z podziałem na kierunki ruchu:

- Osobowe, miniwany
- Furgony (samochody dostawcze, mikrobusy)
- Ciężarowe bez przyczepy
- Ciężarowe z przyczepą, naczepą
- Autobusy i trolejbusy
- Motocykle
- Rowery
- Inne

W celu przeliczenia pojazdów rzeczywistych na umowne przyjęto następujące współczynniki przeliczeniowe:

• Osobowe, miniwany	1,0
• Furgony (samochody dostawcze, mikrobusy)	1,2
• Ciężarowe bez przyczepy	1,7
• Ciężarowe z przyczepą, naczepą	2,5
• Autobusy i trolejbusy	1,7
• Motocykle	0,5
• Rowery	0,5
• Inne	2,0

Badanie napełnienia autobusów zostało przeprowadzone w okresie 28.10 – 6.11.2014 przez okres 10,5 godzin (6:30 – 17:00) w typowym dniu tygodnia: wtorek, środa, czwartek.

Badanie napełnienia pojazdów zostało przeprowadzone poprzez obserwację pojazdów z zewnątrz. Odpowiednio przeszkolony obserwator odnotowywał godzinę przejazdu pojazdu, numer linii (jeśli oznaczenie będzie widoczne), typ pojazdu (bus, midibus, autobus miejski, autobus przegubowy, autokar), przybliżoną (± 5 osób) liczbę pasażerów w pojeździe oraz stopień napełnienia pojazdu (zgodnie ze wzorem arkusza), a także liczbę osób wsiadających i wysiadających z pojazdu na wszystkich przystankach na danym odcinku sieci. Uzyskane w ten sposób dane wykorzystano do kalibracji rozkładu podróży transportem indywidualnym i transportem zbiorowym na poszczególnych odcinkach sieci transportowej w analizowanym obszarze.

Tabl. 2.3. Wskaźniki rozszerzenia natężenia ruchu na dobę (źródło: opracowanie własne)

Wskaźniki rozszerzenia na dobę						
Wsp.	Motocykle / Rowery	Osobowe	Dostawcze	Ciężarowe	Ciężarowe z naczepą	Razem
Względem dwóch szczytów						
$N_{24} = a \cdot N_7 + b \cdot N_{15}$						
a	6,73	5,68	6,85	7,11	8,92	6,10
b	5,68	7,48	7,90	7,71	9,98	7,66
Względem szczytu porannego						
$N_{24} = c \cdot N_7$						
c	18,52	14,40	14,63	14,31	19,85	14,74
Względem szczytu popołudniowego						
$N_{24} = d \cdot N_{15}$						
d	8,93	12,35	14,85	15,32	18,14	13,06

2.1.3.3 Dane uzupełniające

Oprócz pomiarów przeprowadzonych w ramach projektu TRISTAR wykorzystano zbiory danych będące w posiadaniu FRIL, a pochodzące z licznych badań ruchu prowadzonych na obszarze Trójmiasta i województwa pomorskiego. W szczególności wykorzystano;

- dane z pomiarów natężeń ruchu na sieci dróg położonych na obszarze Trójmiasta,
- dane z pomiarów dobowych rozkładów natężeń ruchu w wybranych punktach pomiarowych w Trójmieście,
- dane z pomiarów prędkości na wybranych odcinkach sieci drogowej,

2.2 Modelowanie generacji podróży

Modelowanie generacji podróży polega na zamianie miar aktywności transportowej mieszkańców obszaru na liczby 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 komunikacyjnych.

Z uwagi na obszar objęty analizą, jego zagospodarowanie przestrzenne, a w szczególności zróżnicowanych zachowań transportowych mieszkańców dużych miast i obszarów pozamiejskich zdecydowano się rozróżnić modele generacji na obszar Trójmiejski (z przyległymi rejonami i gminami) oraz pozostały obszar.

Do modelowania generacji podróży poza obszarem Trójmiasta wykorzystano zagregowane wyniki badań zachowań transportowych mieszkańców tego obszaru przeprowadzone na potrzeby niniejszego opracowania w roku 2014, oraz na potrzeby Planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego dla województwa pomorskiego.

Do modelowania generacji podróży dla Trójmieście wykorzystano wyniki kompleksowych badań ruchu przeprowadzonych w Gdańsku w 2009 roku. Założono analogię w zachowaniach transportowych mieszkańców Gdańska, Gdyni i Sopotu. Założenie to wynika ze zbliżonego charakteru tych miast, które stanowią jedną aglomerację miejską, co przekłada się również na podobne zachowania transportowe jej mieszkańców. Na podstawie tych danych dokonano walidacji więźby podróży, modelu podziału zadań przewozowych oraz przyjęto bazowy wskaźnik ruchliwości mieszkańców.

W modelu zbudowanych zarówno dla Trójmiasto, jak i obszarów zamiejskich do modelowania generacji podróży (a ściślej produkcji² i atrakcji³ rejonów transportowych) wykorzystano metodę regresji, która polega na opisie statystycznym zależności występujących pomiędzy produkcją i atrakcją rejonów komunikacyjnych a zmiennymi charakteryzującymi podróżujących, rejon komunikacyjny 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.

² Produkcja rejonu komunikacyjnego – liczba podróży generowanych, czyli wyjazdowych z rejonu komunikacyjnego.

³ Atrakcja rejonu komunikacyjnego – liczba podróży absorbowanych, czyli wjazdowych do rejonu komunikacyjnego.

2.2.1 Zmienne objaśniane w modelu – generacja podróży

W modelu dla OM wykorzystano podział podróży na siedem motywacji:

- dom – praca,
- praca – dom,
- dom – nauka,
- nauka – dom,
- dom – inne,
- inne – dom,
- nie związane z domem.

Zmienne objaśniane (zmienne zależne w modelach podróży) wraz z przypisanymi im symbolami zestawiono poniżej.

A_{DP}	-	Liczba podróży wjazdowych (atrakcja) w motywacji dom-praca [tys.]
P_{DP}	-	Liczba podróży wyjazdowych (produkcja) w motywacji dom-praca [tys.]
A_{PD}	-	Liczba podróży wjazdowych (atrakcja) w motywacji praca-dom [tys.]
P_{PD}	-	Liczba podróży wyjazdowych (produkcja) w motywacji praca-dom [tys.]
A_{DN}	-	Liczba podróży wjazdowych (atrakcja) w motywacji dom-nauka [tys.]
P_{DN}	-	Liczba podróży wyjazdowych (produkcja) w motywacji dom-nauka [tys.]
A_{ND}	-	Liczba podróży wjazdowych (atrakcja) w motywacji nauka-dom [tys.]
P_{ND}	-	Liczba podróży wyjazdowych (produkcja) w motywacji nauka-dom [tys.]
A_{DI}	-	Liczba podróży wjazdowych (atrakcja) w motywacji dom-inne [tys.]
P_{DI}	-	Liczba podróży wyjazdowych (produkcja) w motywacji dom-inne [tys.]
A_{ID}	-	Liczba podróży wjazdowych (atrakcja) w motywacji inne-dom [tys.]
P_{ID}	-	Liczba podróży wyjazdowych (produkcja) w motywacji inne-dom [tys.]
A_{NZD}	-	Liczba podróży wjazdowych (atrakcja) w motywacji nie związane z domem [tys.]
P_{NZD}	-	Liczba podróży wyjazdowych (produkcja) w motywacji nie związane z domem [tys.]

2.2.2 Zmienne objaśniające wykorzystane podczas modelowania

Podczas modelowania generacji podróży przeanalizowano zebrane zmienne objaśniające zagregowane do poziomu rejonu transportowego. Uzyskane dane wraz z przypisanymi im symbolami zestawiono poniżej.

LM	-	Liczba mieszkańców [tys.]
LM_{przed}	-	Liczba mieszkańców w wieku przedprodukcyjnym
LM_{prod}	-	Liczba mieszkańców w wieku produkcyjnym
LME	-	Liczba miejsc w szkołach [tys.]
LPO	-	Liczba miejsc pracy ogółem [tys.]
LPU	-	Liczba miejsc pracy w usługach [tys.]

Zmienne objaśniające zagregowane do poziomu rejonu komunikacyjnego dla całego badanego obszaru zostały określone na podstawie istniejących modeli transportowych oraz własnych szacunków. Poniżej przedstawiono opis zmiennych objaśniających dla poszczególnych obszarów.

- Dane dla Gdańska w podziale na rejon transportowy uzyskano z Transportowego modelu symulacyjnego miasta Gdańska – aktualizacja rok 2014
- Dane dla Sopotu w podziale na rejon transportowy uzyskano z modelu symulacyjnego podróży zbudowanego w ramach projektu TRISTAR – rok 2012
- Dane dla Gdyni w podziale na rejon transportowy uzyskano z modelu prognostycznego do makrosymulacji dla miasta Gdynia zbudowanego w ramach projektu CIVITAS DYNAMO – rok 2014
- Dane dla pozostałych rejonów transportowych OM poza trójmiastem uzyskano z banku danych lokalnych GUS.

GDAŃSK

Dane demograficzne i społeczno-ekonomiczne rejonów transportowych Gdańska oraz prognozy w tym zakresie dla kolejnych stanów planistycznych zostały wykonane w Biurze Rozwoju Gdańska. Podstawę dla prognozy liczby miejsc pracy stanowiły dane z 2007 r. w podziale na rejon transportowy. Zostały one zaktualizowane wg wyników GUS w zakresie przyrostu miejsc pracy dla Gdańska ogółem do 2009 r. Przyrost rozłożono na jednostki transportowe równomiernie.

Zespoły urbanistyczne BRG podały wielkości powierzchni usługowych, przemysłowych i in., które potencjalnie realizowane będą kolejno w okresach: zdeterminowanym – rok 2015, w perspektywie – rok 2025 i wypełnieniu struktur urbanistycznych – rok 2035. Powierzchnie oraz ich funkcje w połączeniu ze wskaźnikami zatrudnienia w poszczególnych branżach pozwoliły oszacować liczbę pracujących w przypadku realizacji 100% planowanych inwestycji.

Następnie założono, że w okresie zdeterminowanym (do 2015 r.) zrealizuje się 92% spośród wszystkich planowanych na ten okres inwestycji, w perspektywie (do ok. 2025 r.) pewne jest 85%, zaś w okresie wypełnienia struktur (do ok. 2035r.) - około 65% - jest to pierwsze założenie do analizy. W badaniu liczby miejsc pracy brano pod uwagę powierzchnie usługowe, przemysłowe i in., w połączeniu ze wskaźnikami

zatrudnienia (100% planowanych inwestycji). Dodatkowym badaniem dla pokazania rzeczywistego przyrostu było zbadanie trendu wzrostu liczby miejsc pracy i konfrontacja z danymi od urbanistów. Ponadto brano pod uwagę nie tylko przyrost, ale też ubytek tkanki usługowej i przemysłowej. Na 2015 r. można sporządzić prognozę z dużym prawdopodobieństwem, dlatego wynik to 92%. Po drugie założono, że do 2015 r. liczba wyjściowa miejsc pracy w danych jednostkach zmniejszy się o około 10%, w latach kolejnych będzie to 15% i więcej, co spowodowane będzie likwidacją miejsc pracy lub przeprowadzką do nowych kubatur. Założeniem trzecim, bardzo istotnym, jest utrzymanie trendu wzrostu liczby miejsc pracy w Gdańsku, mimo niekorzystnych danych demograficznych. Założenie to oparte jest na przesłankach społecznych i gospodarczych związanych głównie z suburbanizacją, zwiększającym się odsetkiem pracujących w Gdańsku mieszkańców gmin sąsiednich, planów rozwoju infrastruktury drogowej i kolejowej w regionie oraz umacnianiem pozycji Gdańska jako gospodarczego lidera regionu itd.

Prognozowaną liczbę mieszkańców w poszczególnych okresach uzyskano przez podzielenie przewidywanej powierzchni użytkowej mieszkań w każdym ze 161 rejonów transportowych przez wskaźnik powierzchni użytkowej, jaka będzie przypadać na 1 mieszkańca w kolejnych okresach.

Założono zróżnicowanie wskaźników mieszkaniowych wg trzech typów zabudowy (mieszkalnictwo wielorodzinne – 5 i więcej mieszkań w budynku, mieszkalnictwo jednorodzinne – 1-2 mieszkania w budynku i małe domy mieszkalne – 3-4 mieszkania w budynku) oraz poprawę wskaźników mieszkaniowych w kolejnych okresach. Całkowitą chłonność inwestycyjnych terenów mieszkaniowych Gdańska oszacowano na około 6,5 mln m² powierzchni użytkowej.

Z kolei wyliczając prognozowaną liczbę uczniów szkół średnich i studentów w kolejnych okresach planistycznych przyjęto następujące przesłanki:

- spadającą liczbę młodzieży w przedziale wiekowym 16-24,
- promowanie studiów na kierunkach ścisłych i przyrodniczych (co przyczyni się do upadku części uczelni prywatnych oraz mniejszego naboru na kierunki humanistyczne),
- założenie, że współczynnik skolaryzacji w studenckiej grupie wiekowej na poziomie 50% jest zbyt wysoki, jak na potrzeby rynku pracy, co pociąga za sobą planowaną rozbudowę oferty kształcenia w technikach oraz kształcenia zawodowego.

W 2014r. została przeprowadzona aktualizacja Transportowego modelu symulacyjnego miasta Gdańska. Na jej potrzeby przeprowadzone zostały przez Biuro Rozwoju Gdańska badania ruchu, obejmujące pomiary natężeń ruchu na skrzyżowaniach, w przekrojach ulicznych, jak również pomiary napełnień w środkach transportu zbiorowego.

Transportowy model symulacyjny miasta Gdańska został zaktualizowany również pod względem przyjętych wielkości zmiennych objaśniających do modeli generacji

podróży: liczby mieszkańców, liczby miejsc w szkołach średnich i na studiach, liczby miejsc pracy ogółem i liczby miejsc pracy w usługach. Dane te zostały opracowane przez Zespół Programowania Urbanistycznego BRG na podstawie zmian wynikających w zagospodarowaniu przestrzennym poszczególnych rejonów transportowych.

SOPOT

Dane demograficzne i społeczno-ekonomiczne rejonów transportowych Gdańska oraz prognozy w tym zakresie dla kolejnych stanów planistycznego na rok 2015 zostały wykonane na podstawie danych uzyskanych z Głównego Urzędu Statystycznego oraz Wydziału Urbanistyki i Architektury Urzędu Miasta Sopotu.

Podstawę dla prognozy liczby ludności, miejsc w szkołach Średnich i na studiach, miejsc pracy ogółem i w usługach stanowiły dane uzyskane z Wydziału Urbanistyki i Architektury Urzędu Miasta Sopotu.

Założono zróżnicowanie wskaźników mieszkaniowych wg trzech typów zabudowy (mieszkalnictwo wielorodzinne – 5 i więcej mieszkań w budynku, mieszkalnictwo jednorodzinne – 1-2 mieszkania w budynku i małe domy mieszkalne – 3-4 mieszkania w budynku) oraz poprawę wskaźników mieszkaniowych w kolejnych okresach.

Z kolei wyliczając prognozowaną liczbę uczniów szkół średnich i studentów w kolejnych okresach planistycznych przyjęto następujące przesłanki:

- spadającą liczbę młodzieży w przedziale wiekowym 16-24,
- promowanie studiów na kierunkach ścisłych i przyrodniczych (co przyczyni się do upadku części uczelni prywatnych oraz mniejszego naboru na kierunki humanistyczne),
- założenie, że współczynnik skolaryzacji w studenckiej grupie wiekowej na poziomie 50% jest zbyt wysoki, jak na potrzeby rynku pracy, co pociąga za sobą planowaną rozbudowę oferty kształcenia w technikach oraz kształcenia zawodowego.

GDYNIA

W latach 2014-2015 zaplanowano stworzenie modelu transportowego dla miasta Gdynia. Dane wyjściowe do ww. modelu stanowią źródła ruchu kołowego w mieście, tj.: liczba ludności, liczba miejsc pracy oraz liczba uczniów i studentów. Ruch kołowy generowany jest bowiem w największym stopniu przez dojazdy do pracy, jak w związku z innymi aktywnościami mieszkańców, jak np. zakupy, odwiedziny rodziny i znajomych, nauka, itd.

Trzy ww. zbiory to tzw. zmienne objaśniające do modelu transportowego. Prognozę ich zmiany zaprogramowano na lata 2020 (okres zdeterminowany), 2030 (okres perspektywy), 2040 (okres wypełnienia struktur). Dane aktualne z 2013 r. (stan

istniejący) oraz prognozowane agregowano wg wyznaczonych rejonów transportowych w mieście Gdynia. Każdemu z rejonów przypisano kolejne zmiennych, wg czterech ww. okresów.

Dane agregowane w tak szczegółowym podziale pozwalają na dokładne stworzenie modelu transportowego. Dotychczasowe prognozy i agregacja danych prezentowana np. przez GUS dotyczyła całego miasta ogółem, ewentualnie miasta wg jednostek administracyjnych (dzielnic), wg prac Biura Planowania Przestrzennego Miasta Gdyni (por. SUIKZP miasta Gdyni, 2013).

Rozmieszczenie ludności według rejonów transportowych w Gdyni dla stanu istniejącego – 2013 r., zostało oparte o dane Referatu Ewidencji Ludności i Meldunków oraz dane z Wydziału Geodezji Urzędu Miasta Gdyni. Stan liczby ludności dotyczy osób zameldowanych na stałe i czasowo w mieście wg zestawienia na koniec 2013 r. Do zestawienia wykorzystano bazę ludnościową Gdyni, tj. do punktów adresowych przypisano osoby zameldowane. Zbiór podzielono wg płci i grup wiekowych. Tak wyodrębnione grupy mieszkańców podzielono na wyznaczone rejony komunikacyjne.

Wg stanu istniejącego w 2013 r. zamieszkiwało ponad 240,2 tys. osób. Największe skupiska ludności to tzw. stare dzielnice mieszkaniowe, jak rejon Chyloni, Cisowej, Pogórza i Obłuża. Z nowych dzielnic na uwagę zasługuje rejon Dąbrowy i Karwin. Obszarem wysokiej koncentracji ludności jest centralne pasmo miejskie wzdłuż kolejki SKM, od Cisowej, przez Leszczyńki i Grabówek, po Wzgórze Św. Maksymiliana, Redłowo i Mały Kack.

Sytuacja rozkładu liczby ludności w mieście będzie się jednak zmieniać w związku z ogólnie prognozowanym spadkiem liczby ludności. Wpływ na to zjawisko ma po pierwsze coraz niższy, od kilku lat ujemny przyrost naturalny, a także ujemne saldo migracji, generowane przez postępującą suburbanizację. Mieszkańcy Gdyni wyprowadzają się głównie do gmin sąsiadujących z miastem, tj. do gm. Kosakowo, Reda, Rumia, czy Szemud. Szczególnym przypadkiem suburbanizacji jest rejon wsi Pogórze w gm. Kosakowo, granicząca z dzielnicą miasta Gdynia-Pogórze. Jest to przykład intensywnej i ciągłej zabudowy miejskiej poza granicami administracyjnego miasta, nazywany adurbanizacją⁴.

Prognoza liczby ludności została oparta o prognozę GUS⁵ (ogólna liczba mieszkańców miasta) oraz o dane z zakresu planowania i rozwoju terenów mieszkaniowych i usługowych BPPMG⁶ (dot. rozmieszczenia prognozowanej liczby ludności wg rejonów). W celu prognozowania liczby ludności przebadano chłonność terenów mieszkaniowych zapisaną w aktualnym SUIKZP⁷ miasta Gdyni. Uzyskane wartości skonfrontowano z zapisanym w SUIKZP wskaźnikiem wykorzystania chłonności

⁴ Por. M. Turzyński, 2014, *Gdzie kończy się miasto, a zaczyna wieś...*, XXVII KWoM, UŁ, Łódź.

⁵ Główny Urząd Statystyczny

⁶ Biuro Planowania Przestrzennego Miasta Gdyni

⁷ Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego

terenów mieszkaniowych wg jednostek urbanistycznych miasta, a także z trendami przyrostu demograficznego i migracji, oraz analizą rozwoju rynku mieszkaniowego.

Rozmieszczenia ludności w poszczególnych rejonach transportowych dokonano na podstawie ww. analiz, w których kluczową rolę odegrały trzy wskaźniki: intensywności zabudowy, standardów zamieszkiwania (powierzchni mieszkaniowej przypadającej na mieszkańca w zabudowie jedno- i wielorodzinnej), oraz stopnia wykorzystania chłonności zabudowy. Pomocna była też inwentaryzacja i wskazanie planowanych, trwających i prawdopodobnych inwestycji mieszkaniowych.

Efektorem przemian ludnościowych w Gdyni, jest zmniejszenie liczby ludności ogółem do około 225,4 tys. mieszkańców w 2040 r., oraz znaczne zmiany rozmieszczenia ludności wewnątrz miasta. W 2040 r. ludność będzie bardziej rozproszona, niż w 2013 r. Ubytek ludności spotka nie tylko dzielnice stare, jak Pogórze, Obłuze, dzielnice centralne, ale też po części jednostki traktowane w 2014 r. jeszcze jako młode: Wielki Kack, Dąbrowa, Karwiny. Efektorem procesu wypełniania struktur miasta będzie zasiedlenie kolejnych rejonów Chwarzna-Wiczlina, Wielkiego Kacka, itp., przy jednoczesnym spadku gęstości zaludnienia współcześnie zabudowanych rejonów. Nastąpi powiększenie obszaru silnie urbanizowanego, przy jednoczesnym złagodzeniu różnic gęstości zaludnienia.

Rozmieszczenie liczby uczniów i studentów opracowane zostało na podstawie informacji z Wydziału Edukacji Urzędu Miasta Gdyni oraz danych GUS dotyczących liczby studentów, a także danych bezpośrednio uzyskanych od uczelni wyższych oraz szkół średnich i policealnych. Liczba studentów i uczniów odnosi się do tylko do uczących się w trybie dziennym.

Prognozowana liczba uczniów i studentów została wyszacowana w powiązaniu z prognozą liczby ludności na poszczególne okresy oraz na podstawie danych o powierzchniach użytkowych z zakresu nauki przewidywanych do realizacji w poszczególnych rejonach transportowych, a także zasilona informacjami od uczelni oraz informacjami prasowymi.

Rozmieszczenie liczby miejsc pracy w rejonach transportowych w Gdyni w stanie istniejącym 2013 r. wyszacowane zostało na podstawie danych o podmiotach gospodarczych z rejestru REGON. Z bazy wybrano aktywne podmioty gospodarcze, podzielono je według przedziałów zatrudnienia i na podstawie wskaźników wyszacowano liczbę pracujących osób. Wskaźniki zaczerpnięto z publikacji: Działalność gospodarcza przedsiębiorstw o liczbie pracujących do 9 osób w 2012 r. GUS, październik 2013, Warszawa oraz Analiza Zróźnicowania Regionalnego Aktywności Inwestycyjnej Sektora MSP, ze szczególnym uwzględnieniem działalności innowacyjnej. Departament Analiz i Prognoz, Ministerstwo Gospodarki, lipiec 2010, Warszawa.

Miejsca pracy w usługach wyselekcjonowano na podstawie numerów Polskiej Klasyfikacji Działalności (PKD).

Wskazane miejsca pracy należy traktować jako szacunek, gdyż precyzyjne ich wyliczenie zakłócone jest przez fakt, że miejsce zarejestrowania działalności nie musi oznaczać, że działalność jest w danym miejscu faktycznie prowadzona.

Prognozowane rozmieszczenie miejsc pracy w mieście zostało wyszacowane na podstawie danych otrzymanych od Biura Planowania Przestrzennego Miasta Gdyni. Dane te obejmowały prognozowaną na stan wypełnienia struktur powierzchnię mieszkań, usług i przemysłu w każdym rejonie transportowym. Dla rejonów, w zależności od ich lokalizacji oraz od przewidywanej do realizacji funkcji przyjęto wskaźniki pozwalające doprecyzować prognozowaną powierzchnię użytkową. Następnie możliwe było wyliczenie szacowanej liczby miejsc pracy na stan wypełnienia struktur. Ponieważ nie przekazano danych dotyczących przewidywanych etapów realizacji poszczególnej zabudowy, przyjęto zatem równy podział na każdy z prognozowanych stanów.

Okres do 2040 r. to czas przemian miasta rozpoczętych około 15 lat temu. Postępująca suburbanizacja i konkurencja na rynku lokalnym (m.in. z Gdańskiem) i ponadregionalnym, to dwa czynniki wpływające na charakter miasta. Procesy suburbanizacji, której w najbliższej dekadzie raczej nie uda się wyhamować, kreuje Gdynię, jako miasto centralne otaczane coraz gęstszą zabudową podmiejską, stanowiącą bezpośrednie zaplecze, sypialnie miasta. W niektórych przypadkach wsi podmiejskich tylko podział administracyjny jest widoczną granicą miasta i wsi, bo bariery te nie istnieją ani w terenie, ani w poczuciu przynależności mieszkańców. Ubytek ludności miasta na poziomie około 15 tys. osób w okresie ponad 25 lat to dużo, ale pamiętać należy, że duża część z nich zamieszka tuż za granicą miasta, w którym nadal będą się uczyć, pracować, robić zakupy, korzystać z usług kultury, itp. Wg prognoz gmin sąsiadujących wynika, że liczba ludności będzie tam wzrastać odwrotnie proporcjonalnie do miasta. W okresie 2013 - 2020 r. np. w gm. Kosakowo prognozuje się przyrost o około 3-4 tys. osób⁸. Podobne wyniki może osiągać też gm. Szemud, czy Rumia. Ich przyrost będzie generowany też przez inne gminy, stąd można domniemać, że otoczenie Gdyni będzie rozwijać się bardzo dynamicznie.

Gdynia będzie miejscem wzrostu liczby miejsc pracy. Ich liczba wzrośnie o około 32 tys. co stanowiłoby wzrost rzędu 29%. Taka skala zmian może być realna przy założeniu rozwoju otoczenia Gdyni. W perspektywie rozwoju idei obszaru metropolitalnego, obniżania bezrobocia, a także rozwoju transportu zbiorowego i dróg dla transportu indywidualnego, taki wzrost jest wysoce prawdopodobny.

OBSZAR METROPOLITALNY POZA TRÓJMIASTEM

Dane dotyczące liczby mieszkańców ogółem, liczby mieszkańców w wieku przedprodukcyjnym, liczbę mieszkańców w wieku produkcyjnym liczbę miejsc w szkołach określono na podstawie dostępnych danych w banku danych lokalnych GUS.

⁸ SUIKZP gminy Kosakowo, 2014.

Dane te zostały zestawione do rejonów transportowych. Prognoza liczby ludności została oparta o prognozę GUS.

Rozmieszczenie liczby miejsc pracy w rejonach transportowych, wyznaczane zostało na podstawie danych o podmiotach gospodarczych z rejestru REGON. Z bazy wybrano aktywne podmioty gospodarcze, podzielono je według przedziałów zatrudnienia i na podstawie wskaźników wyznaczano liczbę pracujących osób. Wskaźniki zaczerpnięto z publikacji: Działalność gospodarcza przedsiębiorstw o liczbie pracujących do 9 osób w 2012 r. GUS, październik 2013, Warszawa oraz Analiza Zróżnicowania Regionalnego Aktywności Inwestycyjnej Sektora MSP, ze szczególnym uwzględnieniem działalności innowacyjnej. Departament Analiz i Prognoz, Ministerstwo Gospodarki, lipiec 2010, Warszawa.

Miejsca pracy w usługach wyselekcjonowano na podstawie numerów Polskiej Klasyfikacji Działalności (PKD).

Wskazane miejsca pracy należy traktować jako szacunek, gdyż precyzyjne ich wyliczenie zakłócone jest przez fakt, że miejsce zarejestrowania działalności nie musi oznaczać, że działalność jest w danym miejscu faktycznie prowadzona.

Tabl. 2.4. Dane dotyczące rejonów transportowych dla potrzeb modelu transportowego - stan istniejący (2013)

Gmina	Powiat	Liczba mieszkańców	Liczba miejsc pracy ogółem	Liczba miejsc pracy w usługach	Liczba miejsc edukacji
GDAŃSK	Miasto Gdańsk	461531	215293	163137	59734
SOPOT	Miasto Sopot	37903	27736	22016	13507
GDYNIA	Miasto Gdynia	248042	110513	83878	18560
HEL	Pucki	3668	1164	883	325
JASTARNIA	Pucki	3874	1233	935	371
WŁADYSŁAWOWO	Pucki	15400	5833	4427	1544
KROKOWA	Pucki	10658	2776	2106	1406
PUCK	Pucki	24850	4531	3438	3017
Puck miasto	Pucki	11396	4252	3227	1891
KOSAKOWO	Pucki	11751	3183	2415	890
CHOCZEWO	Wejherowski	5647	1038	787	574
GNIEWINO	Wejherowski	7329	1767	1341	905
ŁĘCZYCE	Wejherowski	11888	1856	1408	1421
WEJHEROWO	Wejherowski	23039	7364	5589	2601
LUZINO	Wejherowski	14953	2889	2192	2060
WEJHEROWO MISTO	Wejherowski	50340	16085	12208	7620
REDA	Wejherowski	23135	5345	4056	2535
RUMIA	Wejherowski	47374	12088	9174	5499
SZEMUD	Wejherowski	16076	3964	3008	1955

Gmina	Powiat	Liczba mieszkańców	Liczba miejsc pracy ogółem	Liczba miejsc pracy w usługach	Liczba miejsc edukacji
LINIA	Wejherowski	6111	937	711	811
ŁEBA	Lęborski	3824	2413	1831	383
WICKO	Lęborski	6046	1205	914	527
NOWA WIEŚ LĘBORSKA	Lęborski	13378	2710	2056	1091
LĘBORK	Lęborski	35526	12100	9183	5236
CEWICE	Lęborski	7356	1103	837	881
SIERAKOWICE	Kartuski	18581	3908	2966	2817
KARTUZY - OBSZAR WIEJSKI	Kartuski	18157	3869	2936	5625
KARTUZY - MIASTO	Kartuski	14866	7188	5455	5625
PRZODKOWO	Kartuski	8401	2317	1758	1191
ŻUKOWO - OBSZAR WIEJSKI	Kartuski	26021	8200	6223	2248
ŻUKOWO - MIASTO	Kartuski	6521	3673	2787	1968
CHMIELNO	Kartuski	7261	1425	1081	876
SULĘCZYNO	Kartuski	5247	803	609	555
STĘŻYCA	Kartuski	9928	2121	1609	1492
SOMONINO	Kartuski	10093	1880	1426	1461
KOLBUDY	Gdański	15307	4677	3549	1081
PRUSZCZ GDAŃSKI	Gdański	24734	7840	5950	2335
PRUSZCZ GDAŃSK miasto	Gdański	28858	11157	8468	3108
CEDRY WIELKIE	Gdański	6848	1211	919	731
SUCHY DĄB	Gdański	4149	734	557	362
PSZCZÓŁKI	Gdański	8837	2040	1548	873
TRĄBKI WIELKIE	Gdański	10757	1605	1218	1273
PRZYWIDZ	Gdański	5757	1028	780	583
TCZEW	Tczewski	13508	4304	3266	1093
TCZEW MIASTO	Tczewski	60610	21190	16082	7757
SUBKOWY	Tczewski	5487	810	614	591
PELPLIN - OBSZAR WIEJSKI	Tczewski	16675	1229	932	381
PELPLIN - MIASTO	Tczewski	8254	2423	1839	1653
MORZESZCZYN	Tczewski	3807	486	368	454
GNIEW - OBSZAR WIEJSKI	Tczewski	9007	1138	863	578
GNIEW - MIASTO	Tczewski	6868	2116	1606	1056
KRYNICA MORSKA	Powiat nowodworski	1351	605	459	115
SZTUTOWO	Powiat	3650	776	588	332

Gmina	Powiat	Liczba mieszkańców	Liczba miejsc pracy ogółem	Liczba miejsc pracy w usługach	Liczba miejsc edukacji
	nowodworski				
STEGNA	Powiat nowodworski	9949	2387	1811	896
OSTASZEWO	Powiat nowodworski	3213	423	321	261
NOWY DWÓR GDAŃSKI - OBSZAR WIEJSKI	Powiat nowodworski	8086	629	477	2179
NOWY DWÓR GDAŃSKI - MIASTO	Powiat nowodworski	10083	3360	2550	2179
NOWY STAW - OBSZAR WIEJSKI	Powiat malborski	7821	190	144	711
NOWY STAW - MIASTO	Powiat malborski	4335	655	497	711
LICHNOWY	Powiat malborski	4782	542	411	513
STARE POLE	Powiat malborski	4719	798	605	496
MALBORK	Powiat malborski	4651	732	555	309
MALBORK MIASTO	Powiat malborski	39022	12300	9335	5662
MIŁORADZ	Powiat malborski	3376	347	263	317

2.2.3 Generacja podróży mieszkańców OM

W oparciu o wykonaną analizę statystyczną zmiennych zbudowane zostały modele generowania podróży, tj. modele produkcji i atrakcji rejonów komunikacyjnych, dla poszczególnych motywacji podróży. Przedstawione modele zostały wybrane spośród wielu zbudowanych dla każdej kategorii funkcji, na podstawie wybranych wskaźników, pozwalających na ocenę dopasowania i prawidłowość modeli⁹:

- **Współczynnik determinacji R^2** – „informuje, jaka część danego zjawiska jest wyjaśniona przez obserwowane w próbie zmiany w wartościach zmiennych objaśniających”¹⁰:

⁹ Birr K., Maciasz K., Romanowska A., Zawisza M.: *Metodyka budowy prognostycznego modelu transportowego na przykładzie Miasta Gdańska*. Praca dyplomowa magisterska. Politechnika Gdańska. Gdańsk, 2012.

¹⁰ S.M. Kot, J. Jakubowski, A. Sokołowski: „Statystyka”. Wydanie drugie, poprawione. Difin. Warszawa, 2011.

$$R^2 = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (\hat{y}_t - \bar{y})^2}{\sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2}} \quad (1.1)$$

gdzie:

- y_t - Wartość obserwowana zmiennej y w chwili t ,
- \hat{y}_t - Wartość przewidywana zmiennej y w chwili t (na podstawie modelu),
- \bar{y} - Średnia arytmetyczna obserwowanych wartości zmiennej objaśnianej.

- **Ocena logiczności modelu** – wykorzystanie praktyki inżynierskiej do oceny istotności czy prawdziwości związków zachodzących między danymi, oceny możliwości pozyskania danych, itd.

Zbudowane dla poszczególnych motywacji modele produkcji i atrakcji przedstawiono w Tabl. 2.5. odpowiednio dla obszaru Trójmiasta, oraz poza Trójmiastem.

Tabl. 2.5. Modele generacji podróży obszaru Trójmiasta (źródło: opracowanie własne na podstawie KBR Gdańsk 2009).

Motywacja	Produkcja	R ²	Atrakcja	R ²
dom - praca	$P_{DP} = 0,32 * LM^{1,02}$	0,90	$A_{DP} = 0,6 * LPO^{1,03}$	0,77
praca – dom	$P_{PD} = 0,56 * LPO^{1,01}$	0,76	$A_{PD} = 0,27 * LM^{1,04}$	0,89
dom - nauka	$P_{DN} = 0,12 * LM^{0,96}$	0,77	$A_{DN} = (0,33 * LME + 0,19)$	0,76
nauka - dom	$P_{ND} = (0,4 * LME^{0,88} + 0,15)$	0,72	$A_{ND} = 0,11 * LM^{0,99}$	0,75
dom - inne	$P_{DI} = 0,36 * LM^{0,91}$	0,81	$A_{DI} = 0,93 * LPU^{0,77}$	0,54
inne - dom	$P_{ID} = 0,99 * LPU^{0,78}$	0,49	$A_{ID} = 0,39 * LM^{0,89}$	0,81
nie związane z domem	$P_{NZD} = 0,38 * LPU + 0,08$	0,73	$A_{NZD} = 0,53 * LPU^{0,8}$	0,56

Tabl. 2.6. Modele generacji podróży obszaru poza Trójmiastem (źródło: opracowanie własne na podstawie KBR Gdańsk 2009).

Motywacja	Produkcja	R ²	Atrakcja	R ²
dom - praca	$DP_G = 0,47 * LM_{prod}^{0,98}$	0,86	$DP_A = 0,28 * LPO^{1,1}$	0,85
praca - dom	$PD_G = 0,18 * LPO^{1,12}$	0,83	$PD_A = 0,22 * LM_{prod}^{1,05}$	0,81
dom - nauka	$\ln(DN_G) = 1,24 * \ln(LM_{przed}) - 3,38$	0,58	$DN_A = 0,55 * LME - 379,56$	0,51
nauka - dom	$ND_G = 0,5 * LME - 380,62$	0,52	$\ln(ND_A) = 1,3 * \ln(LM_{przed}) - 3,96$	0,57
dom - inne	$DI_G = 0,2 * LM^{1,06}$	0,84	$DI_A = 0,29 * LPU^{1,19}$	0,91
Inne - dom	$ID_G = 0,53 * LPU^{1,13}$	0,91	$ID_A = 0,37 * LM^{1,01}$	0,86
nie związane z domem	$NZD_G = 1,18 * LPU^{0,96}$	0,70	$NZD_A = 2,16 * LPU^{0,89}$	0,66

2.2.4 Generacja ruchu zewnętrznego

Do wyznaczenia wielkości ruchu wjazdowego i wyjazdowego z obszaru OM wykorzystano dane pochodzące z modeli wyższego rzędu, tzn.:

- Krajowy model ruchu drogowego Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad – z którego zaczerpnięto dane dotyczące rozkładu przestrzennego podróży wjazdowych i wyjazdowych z/do OM.
- Model województwa pomorskiego – opracowany przez FRIL na podstawie badań przeprowadzonych na potrzeby opracowania Planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego – z którego zaczerpnięto rozkład przestrzenny podróży oraz wielkość potoków pasażerskich.

Ponadto do kalibracji wielkości ruchu wjazdowego i wyjazdowego z OM wykorzystano dane z pomiarów ruchu przeprowadzonych w ramach realizacji STiM.

2.3 Założenia do prognoz ruchu

2.3.1 Analizowane okresy

Kalibrację modelu oraz prognozę dla każdego z etapów wykonano dla następujących okresów stanu istniejącego:

- szczytu porannego (7:00 – 7:59),
- szczytu popołudniowego (15:00 – 15:59),
- doby (00:00 – 23:59).

2.3.2 Ruchliwość

Poniżej przedstawiono założony wariant tempa wzrostu wskaźnika ruchliwości mieszkańców OM. Do obliczeń przyjęto wzrost wskaźnika ruchliwości mieszkańców OM w kolejnych latach do wartości podróży wykonanych przez jedną osobę w ciągu doby zgodnie z Tabl. 2.7. Założenia te są niezbędne do oszacowania prognozowanej liczby podróży wykonywanych w ciągu doby w stanach prognostycznych. Założono wzrost wskaźnika ruchliwości mieszkańców OM stanie docelowym w roku 2040 do poziomu 2,8 podróży wykonanych przez jedną osobę w ciągu doby. Spowodowane jest to wzrostem tempa rozwoju gospodarczego. Odpowiada to wzrostem liczby podróży o ok 20% w stosunku do stanu istniejącego.

Tabl. 2.7. Prognozowane wskaźniki ruchliwości mieszkańców OM w podróżach pieszych – założenia (źródło: praca własna na podstawie Raportu szczegółowy z badań ankietowych dotyczących zachowań transportowych mieszkańców Obszaru Metropolitalnego oraz pomiarów natężenia ruchu i napelnienia pojazdów transportu zbiorowego, PBS Sp. z o.o., FRIL 2014).

Rok prognozy	2015	2020	2030	2040
Wskaźnik ruchliwości	2,38	2,45	2,62	2,8

2.3.3 Napelnienie pojazdów

Zakłada się zmniejszenie średniego napełnienia pojazdów w podróżach mieszkańców Trójmiasta z 1,37 (przyjęto analogię w stosunku do Gdańska - dane na podstawie Kompleksowych badań ruchu, Gdańsk 2009) do 1,34 osób w roku 2015 i 1,22 w roku 2040. Szczegółowe dane przedstawiono w poniższej tabeli. Na podstawie tych samych badań, lecz z uwzględnieniem wyłącznie punktów kordonowych założono, że dla pozostałego obszaru średnie napełnienie samochodów osobowych będzie się zmniejszało z wartości 1,51 (rok 2009) do wartości 1,33 (rok 2040). Założenia te są niezbędne do oszacowania prognozowanej liczby podróży wykonywanych w ciągu doby w stanach prognostycznych.

Tabl. 2.8. Średnie napełnienie środków transportu indywidualnego (źródło: opracowanie własne na podstawie KBR Gdańsk 2009).

Rok progn.	Napełnienie środków transportu indywidualnego w podróżach mieszkańców Trójmiasta	Napełnienie środków transportu indywidualnego w podróżach mieszkańców poza Trójmiastem
2015	1,45	1,61
2020	1,42	1,58
2030	1,36	1,51
2040	1,32	1,46

2.4 Modele sieci transportowych

2.4.1 Model sieci drogowej

Model sieci drogowej jest jednym z podstawowych elementów modelu transportowego. Model sieci transportowej OM dla roku 2015 opracowano na bazie schematów istniejącej infrastruktury drogowej i transportu zbiorowego. Z uwagi na zróżnicowaną parametry charakterystyki jazdy w obszarach miejskich (obszary miast) i pozamiejskich sieć uliczną obszaru OM podzielono na dwie kategorie: drogi miejskie i drogi zamiejskie. Takie samo podejście przyjęto w krajowym modelu ruchu drogowego GDDKiA. W każdej z kategorii wyróżniono pięć głównych grup odcinków odwzorowujących klasyfikację drogi. W każdej grupie wyodrębniono szereg podtypów, z których każdy uwzględnia (Tabl. 2.9):

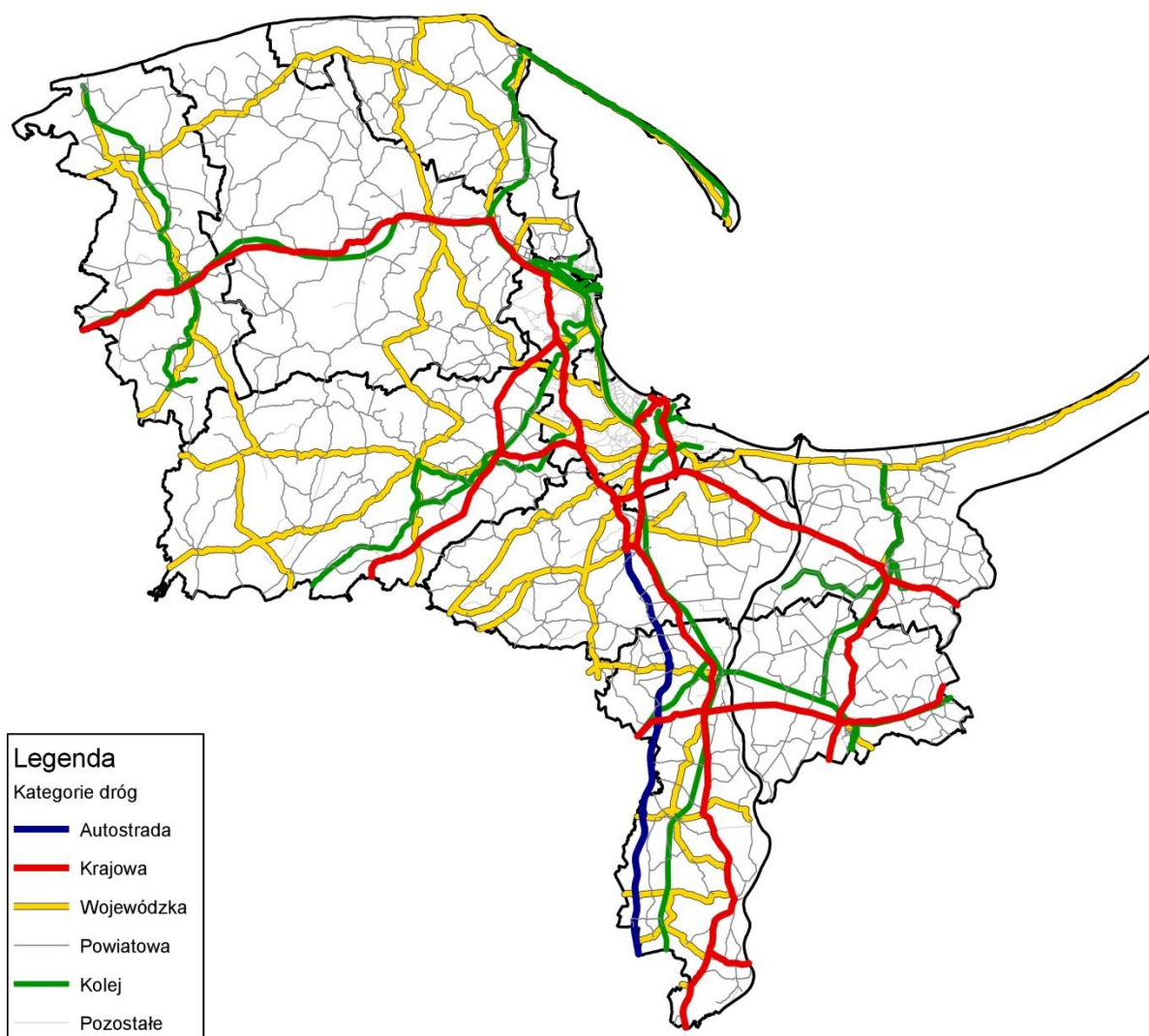
- klasę drogi,
- przepustowość odcinka drogi w przeliczeniu na 1 pas ruchu,
- prędkość swobodną pojazdów na odcinku,
- warunki ruchu transportu zbiorowego,
- limit prędkości,
- typ pojazdu który może się po nim poruszać (uwzględnienie zakazu ruchu),
- liczbę pasów ruchu.

Tabl. 2.9. Spis odcinków wykorzystanych w modelu transportu indywidualnego¹¹.

Typ odcinka	Przepustowość [poj./h/pas]	Prędkość w ruchu swobodnym [km/h]
Autostrada	2100	121
Ekspresowa miejska	2100	95
Ekspresowa zamiejska	2100	108
Serwisowa A, S	1000	60
Łącznica A, S	900	50
Krajowa 2x2	1850	101
Krajowa o przekroju >12 m	1650	86
Krajowa o przekroju 9-12 m	1600	85
Krajowa o przekroju 7-9 m	1400	81
Krajowa o przekroju 6-7 m	1350	74
Krajowa o przekroju <6 m	1100	66
Krajowa miejska	950	50
Wojewódzka 2x2	1850	96
Wojewódzka 2+1	1670	90
Wojewódzka o przekroju >12 m	1700	83
Wojewódzka o przekroju 9-12 m	1650	81
Wojewódzka o przekroju 7,5-9 m	1450	75
Wojewódzka o przekroju 6-7,5 m	1300	72
Wojewódzka o przekroju 5-6 m	1100	62
Wojewódzka o przekroju <5 m	750	50
Wojewódzka miejska	700	45
Powiatowa 2x2	1100	80
Powiatowa klasy G	1000	70
Powiatowa klasy Z	900	60
Powiatowa klasy L	800	50
Powiatowa miejska	700	40
Gminna zamiejska	800	55
Gminna miejska	600	35
Miejska klasy GP bezkolizyjna	2000	80
Miejska klasy GP	1600	70
Serwisowa GP	1400	70
Miejska klasy G	950	65
Miejska klasy G (o zwiększonej przepustowości)	1100	65
Miejska klasy G (o zmniejszonej przepustowości)	700	65
Miejska klasy Z	700	45
Miejska klasy Z (o zwiększonej przepustowości)	1000	55
Miejska klasy Z (o zmniejszonej przepustowości)	500	45
Miejska klasy L	400	40
Miejska klasy L (z ruchem uspokojonym)	300	35

¹¹ Birr K., Maciasz K., Romanowska A., Zawisza M.: *Metodyka budowy prognostycznego modelu transportowego na przykładzie Miasta Gdańska*. Praca dyplomowa magisterska. Politechnika Gdańska. Gdańsk, 2012.

Podczas procesu budowy sieci, 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 wybranych typów systemu transportowego, w zależności od organizacji ruchu na skrzyżowaniach występujących w rzeczywistości.



Rys. 2.3. Sieć transportowa OM (źródło: opracowanie własne).

W oparciu o studia uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miast będących w zakresie OM oraz innych dokumentów planistycznych dla poszczególnych stanów prognostycznych przyjęto założenia odnośnie rozwoju sieci transportowej, które przedstawiono w Tabl. 2.10

Tabl. 2.10. Rozwój drogowej sieci transportowej dla okresów czasowych (źródło: opracowanie własne).

Nazwa inwestycji	2020	2030	2040
Obwodnica Metropolitalna 2x2	+	+	+
nowa Kielnieńska 2x2	-	+	+
nowa Meteorytowa 1x2	-	+	+
nowa Spadochroniarzy 1x2	-	+	+
Droga Zielona (od al. Hallera do ul. Gospody) 1x2/2x2	-	+	+
nowa Kościuszki 2x2	-	+	+
nowa Gdańska 2x2	-	+	+
nowa Wałowa (od ul. Rybaki Górne do ul. Elbląskiej) 2x2	-	+	+
nowa Cienista 1x2	-	+	+
nowa 3-go Maja 2x2	-	+	+
nowa Podmiejska 2x2	-	+	+
nowa Świętokrzyska 2x2	-	+	+
nowa Bulońska odcinek północny 1x2/2x2	+	+	+
nowa Bulońska odcinek południowy 2x2	-	+	+
nowa Warszawska 1x2	-	+	+
nowa Jabłoniowa 2x2	+	+	+
nowa Myśliwska 1x2	-	+	+
nowa Gronostajowa 1x2	+	+	+
Trasa PP 2x2	-	+	+
nowa Stężycka 1x2	-	-	+
nowa Leszczyńska 1x2	-	+	+
nowa Unruga 1x2	-	+	+
nowa Zakonicyńska 1x2	-	+	+
nowa Nowy Świat	-	+	+
rozbudowa ul. Budowlanych do przekroju 2x2	-	+	+
rozbudowa ul. Nowatorów do przekroju 2x2	-	+	+
rozbudowa Traktu św. Wojciecha do przekroju 2x3 (na odcinku od nowej Cienistej do węzła UE)	+	+	+
nowa Spacerowa (z tunelem pod wzgórzem Pachotek)	-	+	+
ul. Hallera – łącznik 2x2	-	+	+
nowa Politechniczna 1x2	+	+	+
nowa Smęgorzyńska 1x2	-	+	+
Trasa Lęborska 2x2	+	+	+
Nowa Rdestowa L1x2	+	+	+
Węzeł Wielki Kack	+	+	+
Nowa Chwarznieńska 2x2	+	+	+
Nowa Węglowa 2x2	+	+	+
Nowa Waszyngtona 2x2	+	+	+
Nowa Kielecka 2+1	+	+	+
OPAT 2x2	-	+	+
Droga Gdyńska G2x2	-	+	+
Węzeł Chwarzno	-	+	+

Nazwa inwestycji	2020	2030	2040
J. N. Jeziorańskiego Z2x2	-	+	+
Nowa Chwarznieńska 2x2	-	+	+
Droga Czerwona G2x2	-	+	+
Nowa Unruga Z2x2	-	+	+
Kwiatkowskiego i Dąbka Z2x2	-	+	+
Łącznik Morska-Hutnicza 2x2	-	+	+
Droga Różowa – Śródm. 2x2	-	-	+
Droga Różowa – do Sopotu 2x2	-	-	+
Małokacka 2+1	-	-	+
Nowa Wrocławska Z2x2	-	-	+
Łącznik N. Węglowa – Morska 2x2	-	-	+
S7: Gdańsk - Warszawa 2x2	+	+	+

Tabl. 2.11. Rozwój kolejowej sieci transportowej dla okresów czasowych (źródło: opracowanie własne).

Nazwa inwestycji	2020	2030	2040
Gdynia - Kosakowo - Rewa	-	+	+
Gdańsk Wrzeszcz - Gdańsk Rębiechowo	+	+	+
Kartuzy - Glinicz	+	+	+
SKM: Gdańsk Śródmieście – Tczew	-	+	+
SKM: Rumia – Wejherowo	-	+	+
Kartuzy - Sierakowice	-	+	+

Tabl. 2.12. Rozwój kolejowej sieci transportowej dla okresów czasowych (źródło: opracowanie własne).

Nazwa inwestycji	2020	2030	2040
Nowa Politechniczna	+	+	+
Siedlce - Piecki-Migowo/Brętowo	+	+	+
Nowa Bulońska odcinek północny	+	+	+
Nowa Warszawska	-	+	+
Nowa Świętokrzyska	-	+	+
Nowa Jabłoniowa	+	+	+
Nowa Bulońska odcinek południowy	-	+	+
Nowa Wałowa	-	+	+
Nowa Podmiejska	-	-	+
Hallera – Chłopska (Droga Zielona, Obrońców Wybrzeża)	-	+	+
Nowa Chmielna	-	-	+
Nowa Abrahama (Strzyża – Zaspa)	-	-	+

2.4.2 Funkcja oporu odcinka

Przepustowości poszczególnych typów odcinków obliczono dla odcinka i wlotu na skrzyżowanie. Przyjęte wartości przepustowości dla poszczególnych klas odcinków

obliczono na podstawie danych z istniejącej sieci drogowej OM. Przepustowości obliczono metodami krajowymi^{12, 13, 14}.

Na podstawie analizy modeli teoretycznych^{15, 16} i wyników badań prowadzonych przez FRIL, a także na podstawie danych uzyskanych z serwisu TARGE¹⁷, opracowano modele zależności prędkości od natężenia ruchu i klasy drogi. Następnie zastosowano funkcję BPR 2, jako funkcję oporu odcinka KOi, najlepiej odwzorowującą mechanizm wpływu natężenia na odcinku drogi na czas jego przejazdu.

Funkcja BPR 2 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.

W Tabl. 2.13 przedstawiono parametry funkcji oporu dla poszczególnych kształtów KOi. Wartości współczynników zostały osiągnięte w wyniku analizy regresji przeprowadzonej w programie STATISTICA. Wartościami wejściowymi, do których dopasowywany był kształt krzywej były prędkości chwilowe zmierzone na układzie uliczno-drogowym miasta Gdańska. Pomiar przeprowadzone były w ciągu 3 dni w maju 2010 r. podczas dobrych warunków atmosferycznych. Swoim zasięgiem obejmowały ulice o zróżnicowanej klasie technicznej (droga ekspresowa, główna, lokalna, zbiorcza). Rys. 2.4 przedstawia zbiorcze zestawienie wartości prędkości chwilowych uzyskanych w ramach ww. pomiarów, wraz z dopasowanymi funkcjami BPR2 dla drogi ekspresowej, głównej, zbiorczej i lokalnej. Rys. 2.5 przedstawia zestawienie wszystkich funkcji oporu dla transportu indywidualnego przyjętych wbudowanym modelu.

¹² Chodur J., Tracz M., Gondek S. i inni: Metoda obliczania przepustowości skrzyżowań bez sygnalizacji świetlnej, GDDKiA, Warszawa 2004

¹³ Chodur J., Tracz M., Gondek S. i inni: Metoda obliczania przepustowości skrzyżowań z sygnalizacją świetlną, GDDKiA, Warszawa 2004

¹⁴ Chodur J., Tracz M., Gondek S. i inni: Metoda obliczania przepustowości rond, GDDKiA, Warszawa 2004

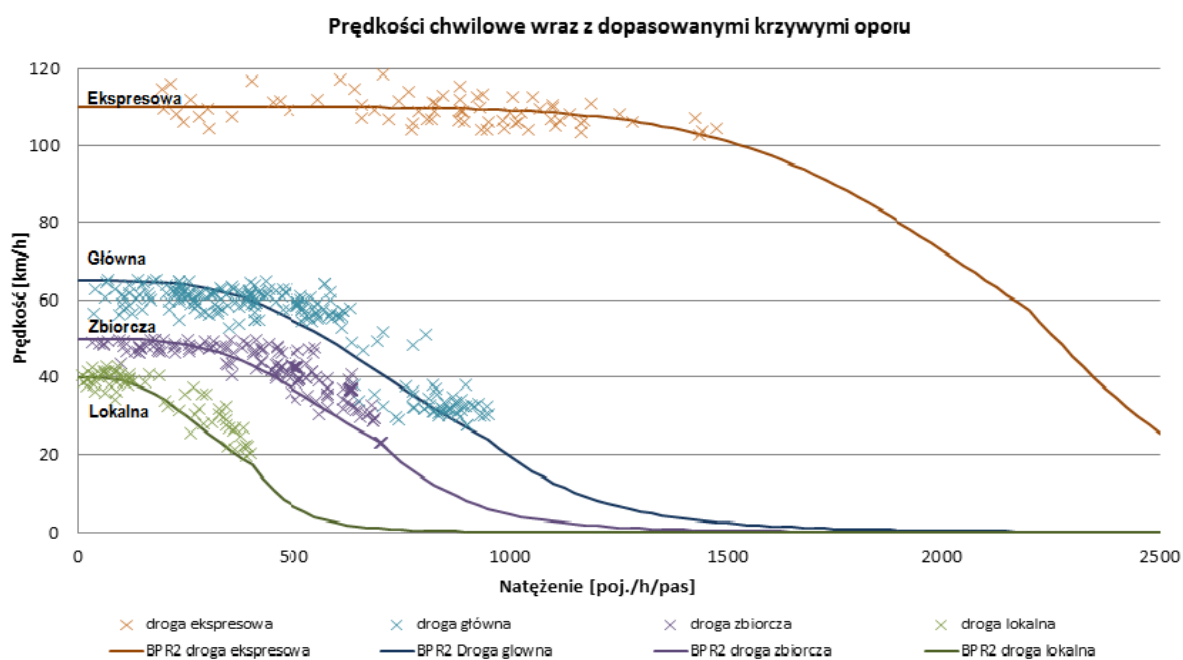
¹⁵ Szczuraszek T.: Prędkość pojazdów w warunkach drogowego ruchu swobodnego, KILiW PAN, Warszawa 2008

¹⁶ Gaca S., Tracz M., Suchorzewski W.; Inżynieria Ruchu Drogowego. Teoria i praktyka, WKiŁ Warszawa 2008.

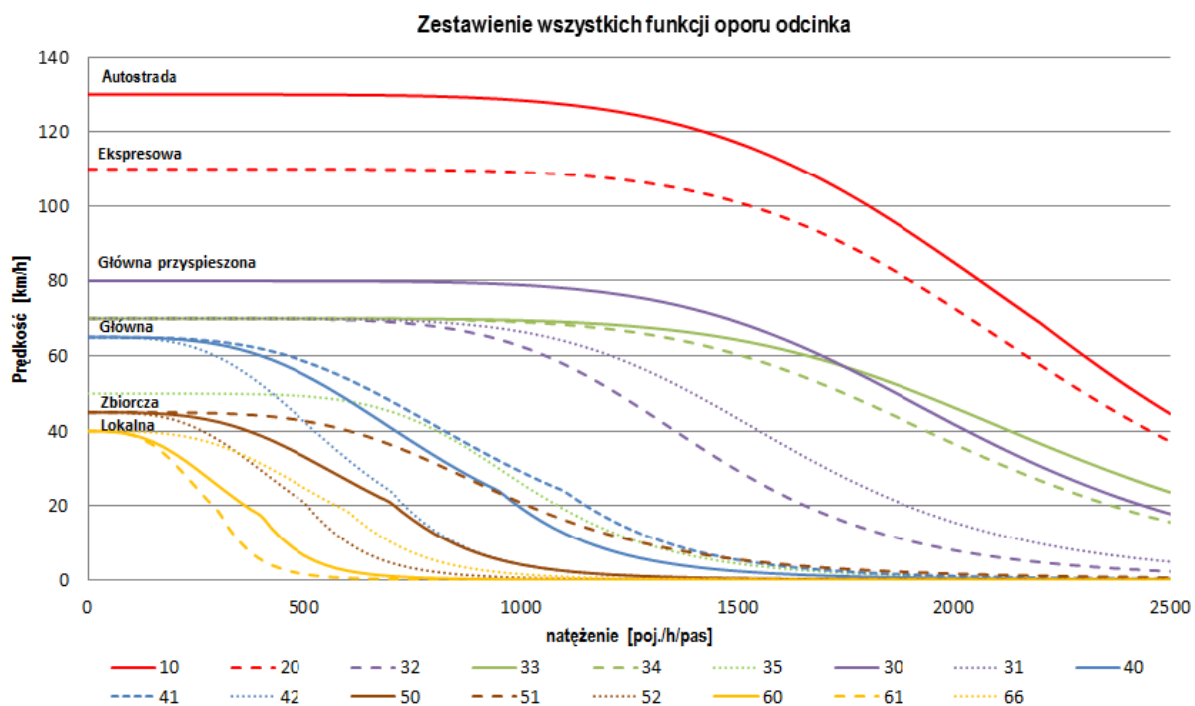
¹⁷ www.targeo.pl

Tabl. 2.13. Zestawienie parametrów przyjętych funkcji oporu (źródło: opracowanie własne).

Krzywa oporu	a	b	b'	c
KO1	1,40	4,50	10,00	0,88
KO2	1,00	3,20	10,00	0,88
KO3	1,00	5,00	10,00	0,85
KO4	0,95	2,70	10,00	0,85
KO5	1,10	3,20	8,00	0,90
KO6	0,90	4,00	10,00	0,65
KO20	0,91	6,07	10,00	1,00
KO40	0,91	6,07	10,00	1,00
KO50	1,71	3,50	6,00	1,00
KO60	1,15	3,48	6,00	1,00
KO70	1,32	2,90	6,00	1,00



Rys. 2.4. Wartości prędkości chwilowych wraz z dopasowanymi funkcjami BPR2 (źródło: opracowanie własne).



Rys. 2.5. Zestawienie wszystkich funkcji oporu odcinka przyjętych w modelu (źródło: opracowanie własne)

2.4.3 Sieć transportu zbiorowego

Siecią transportu zbiorowego objęto wszystkie systemy transportu zbiorowego funkcjonujące

w modelowanym obszarze: kolejowy, autobusowy, trolejbusowy i trolejbusowy.

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 dalekobieżne, kolejowe miejskie i regionalne, autobusowe regionalne, autobusowe miejskie, tramwajowe i trolejbusowe.

Układ połączeń oraz czasy przejazdu poszczególnych odcinków przez pojazdy transportu zbiorowego został skalibrowany w odniesieniu do rzeczywistego rozkładu jazdy obowiązującego w marcu 2015 roku.

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

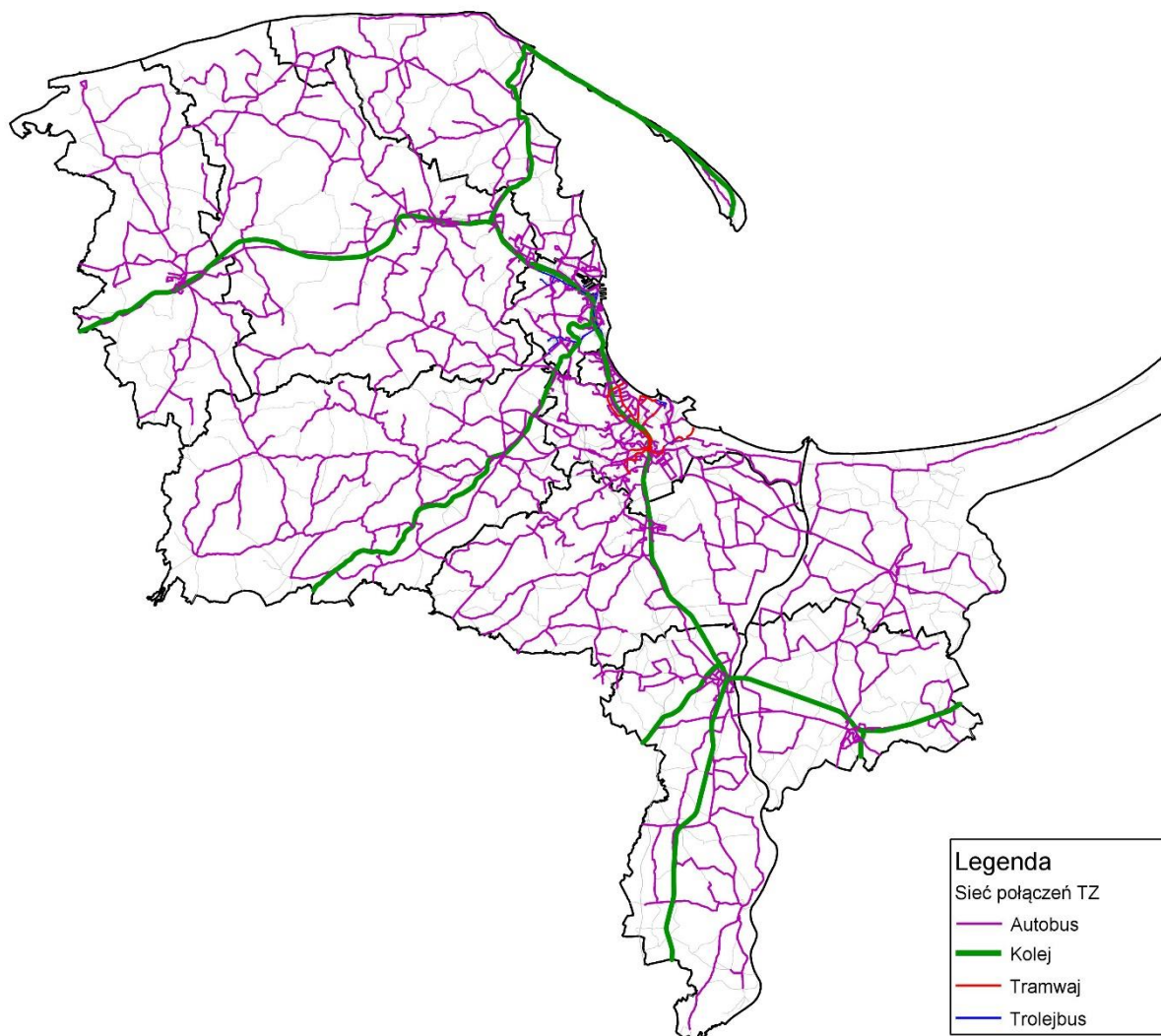
- szczyt poranny (godz. 4:30 - 9:00),
- okres międzyszczytowy (godz. 9:00 - 13:30),
- szczyt popołudniowy (godz. 13:30 - 18:00),
- okres wieczorny (godz. 18:00 - 23:30),

Okresy międzyszczytowy i wieczorny nie jest wykorzystywany w modelu – zostały zaimplementowane w celu przyszłej możliwości jego rozbudowy.

W modelu wyszczególniono i przypisano do odpowiednich linii typy pojazdów jak w Tabl. 2.14

Tabl. 2.14. Typy pojazdów transportu zbiorowego ujęte w modelu (źródło: opracowanie własne).

Typ pojazdu	Pojemność	Liczba miejsc siedzących
Autobus standardowy	90	35
Autobus wielko-pojemny	130	45
Autobus "regionalny"	51	39
Trolejbus	90	33
Tramwaj	200	40
Kolej miejska	1200	300
kolej dalekobieżna	1600	340



Rys. 2.6. Sieć transportu zbiorowego OM (źródło: opracowanie własne).

2.5 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 (dom-praca, praca-dom, dom-nauka, nauka-dom, dom-inne, inne-dom, nie związane z domem), na podstawie badań mieszkańców oraz czasu podróży między rejonami, zagregowano podróże do jednodominutowych przedziałów czasowych. Wyznaczono w ten sposób rozkłady czasu podróży dla każdego z łańcuchów. Funkcja oporu przestrzeni została skalibrowana w taki sposób by uzyskać jak największe dopasowanie rozkładu czasu podróży modelu z badaniami. Funkcja oporu przestrzeni wyznaczona dla OM jest funkcją potęgowo-wykładniczą opisaną wzorem ogólnym:

$$FF = a * T_p^b * e^{c * T_p}$$

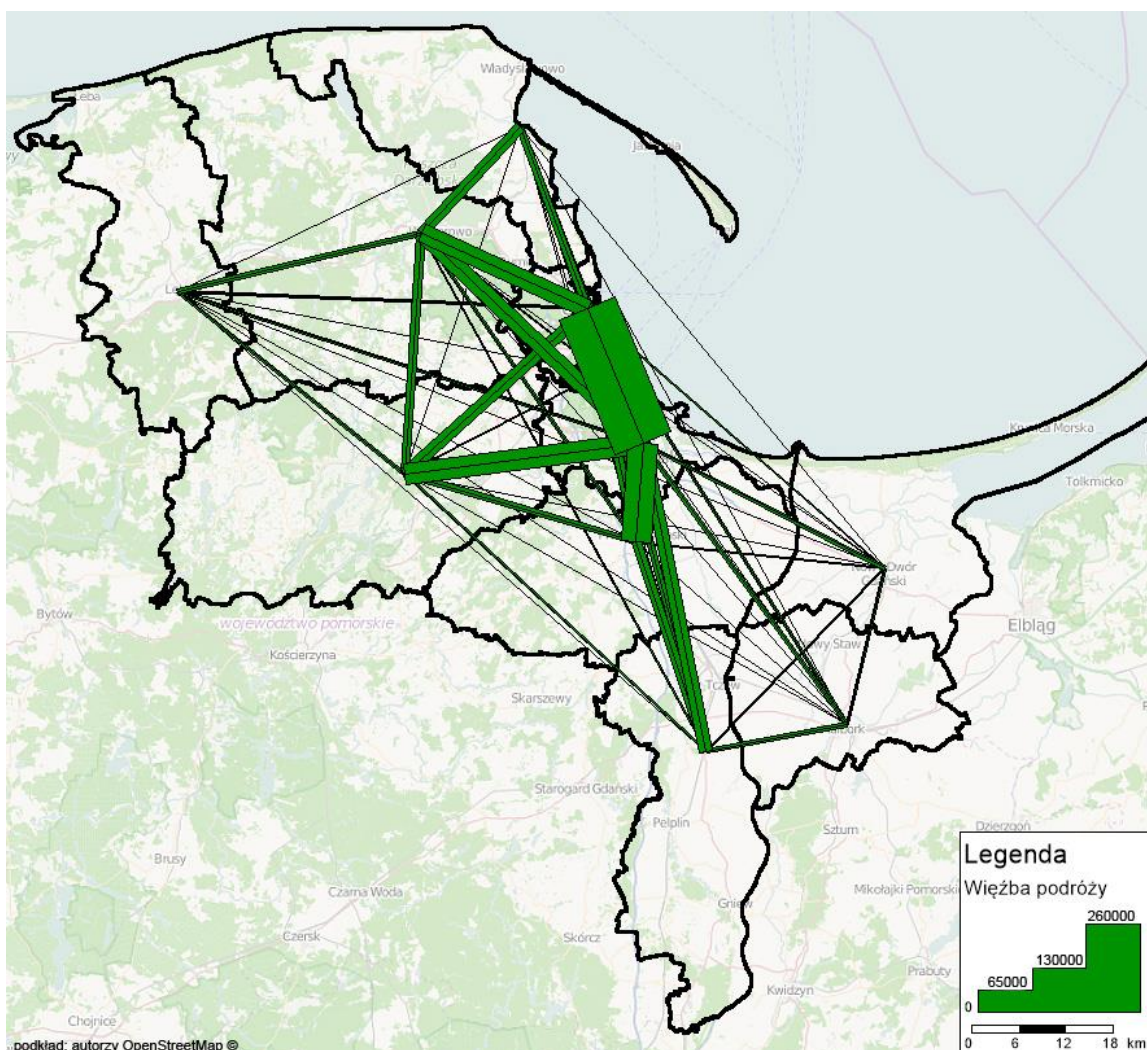
gdzie:

- T_p - czas podróży między rejonami,
- a, b, c - estymowane parametry funkcji.

W Tabl. 2.15 przedstawiono parametry funkcji oporu, dla poszczególnych łańcuchów motywacji. Pokazany współczynnik determinacji określa stopień w jakim modelowy rozkład podróży odwzorowuje rozkład uzyskany w wyniku badań.

Tabl. 2.15. Parametry funkcji oporu oraz wskaźniki dopasowania więzby ruchu dla łańcuchów motywacji (źródło: opracowanie własne).

Motywacja	Parametry estymowane		
	a	b	c
dom-praca	0.0000065	5.18448573	-0.34676498
praca-dom	0.06709188	0	-0.09299502
dom-nauka	0.02821819	0	-0.06379537
nauka-dom	0.01666270	0	-0.04022472
dom-inne	0.04806640	0	-0.08361601
inne-dom	0.05258978	0	-0.08929310
nie związane z domem	0.03251248	0	-0.07982534



Rys. 2.7. Więżba podróży wewnątrz OM (źródło: opracowanie własne)

2.6 Model podziału zadań przewozowych

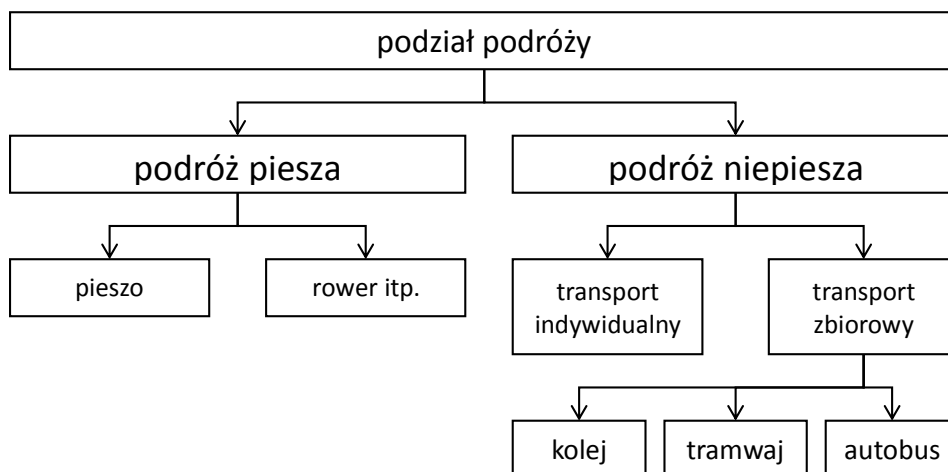
W celu odwzorowania liczby podróży odbywanych poszczególnymi środkami transportu, na podstawie wyników przeprowadzonych badań zachowań transportowych mieszkańców, zbudowano modele podziału zadań przewozowych. Z ogólnej macierzy podróży wydzielono podróże piesze i rowerowe, a w następnej kolejności określono udział podróży transportem indywidualnym i zbiorowym (Rys. 2.8). Modele te zbudowano oddzielnie dla obszaru Trójmiasta oraz pozostałej części

Do wyznaczenia udziału podróży pieszych zbudowano następującej postaci model logitowy zależny od odległości podróży:

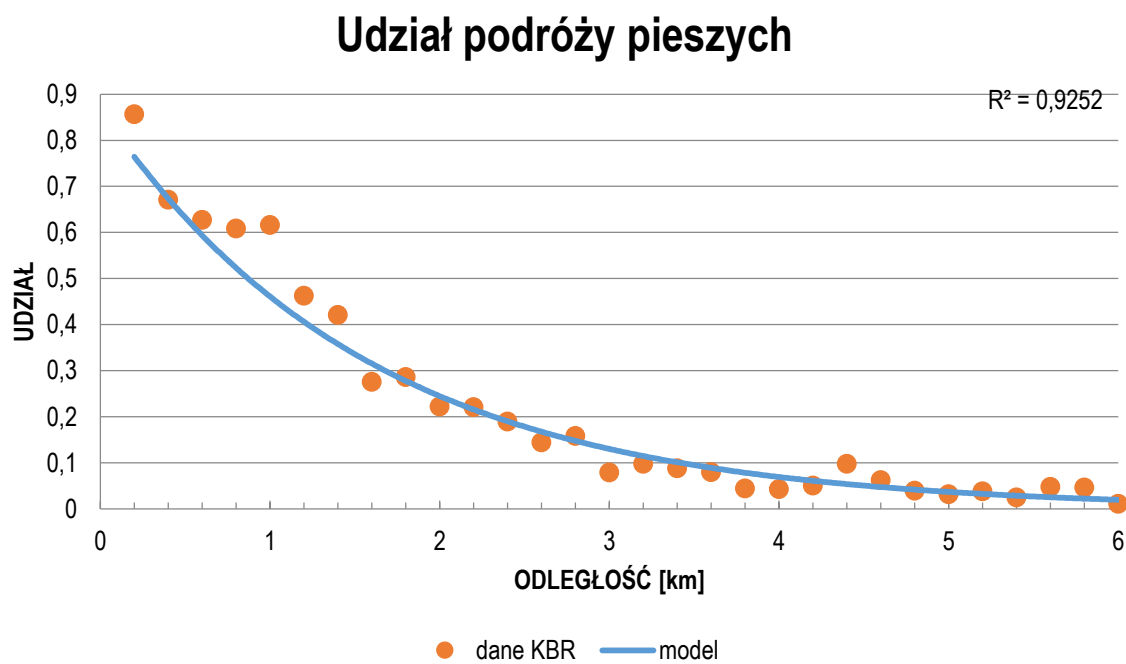
$$U_p = 0,8675e^{-0,633x},$$

gdzie:

- U_p - udział podróży pieszych,
- x - odległość do pokonania w trakcie podróży.



Rys. 2.8. Schemat podziału zadań przewozowych (źródło: opracowanie własne).



Rys. 2.9. Funkcja udziału podróży pieszych (źródło: opracowanie własne na podstawie KBR, Gdańsk 2009).

Udział podróży poszczególnymi środkami transportu wyznaczono w zależności od stosunku czasu podróży odbywanej transportem indywidualnym (KPTI) do postrzeganego czasu podróży odbywanej transportem zbiorowym (KPTZ) i opisano funkcją logitową. Funkcja ta została dopasowana iteracyjnie na podstawie porównań rozkładu ruchu z modelu z wynikami pomiarów natężeń ruchu i napełnienia pojazdów transportu zbiorowego.

Dla stanu istniejącego dla obszaru Trójmiast przyjęto następującą funkcję podziału zadań przewozowych:

$$U_{ti} = 1 - \frac{1}{1 + a \cdot e^{b \cdot WWKP}}$$

gdzie:

U_{ti} – udział podróży odbywanych transportem indywidualnym.

WWKP – wskaźnik względny kosztów podróżowania transportem indywidualnym w stosunku do transportu zbiorowego

a, b – parametry modelu

$$WWKP = \frac{\text{czas podróży TI}}{\text{postrzegany czas podróży TZ}} = \frac{KPTI}{KPTZ}$$

KPTI – czas podróży transportem indywidualnym

KPTZ – postrzegany czas podróży transportem zbiorowym

Jakość modelu podziału zadań przewozowych została określona na podstawie sprawdzenia zgodności wyników modelu z wynikami badań ankietowych. Dla wyżej opisanego modelu osiągnięto współczynnik korelacji R^2 równy 0,81. Wynik taki jest akceptowalny i pozwala na prowadzenie dalszych analiz. Dla stanów prognostycznych zastosowano ten sam model, jednak ze zmodyfikowanymi parametrami a i b. Przyjęte parametry przedstawiono w

Tabl. 2.16.

Tabl. 2.16. Parametry funkcji modelu podziału zadań przewozowych (źródło: opracowanie własne).

Rok prognozy	Model dla obszaru Trójmiasta	Model dla obszaru poza Trójmiastem
Parametry funkcji modelu podziału zadań przewozowych	a = 1,85 b = -0,73	a = 27,2 b = -3,1

Współczynnik determinacji R ²	0,81	0,78
--	------	------

2.7 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 i zbiorowego, 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 procedurę równoważenia sieci (Equilibrium Assignment), natomiast do rozkładu ruchu na sieć dla transportu zbiorowego wykorzystany zostanie rozkład „headway-based” oparty na częstotliwości i postrzeganym czasie podróży poszczególnymi wariantami tras dla każdej relacji.

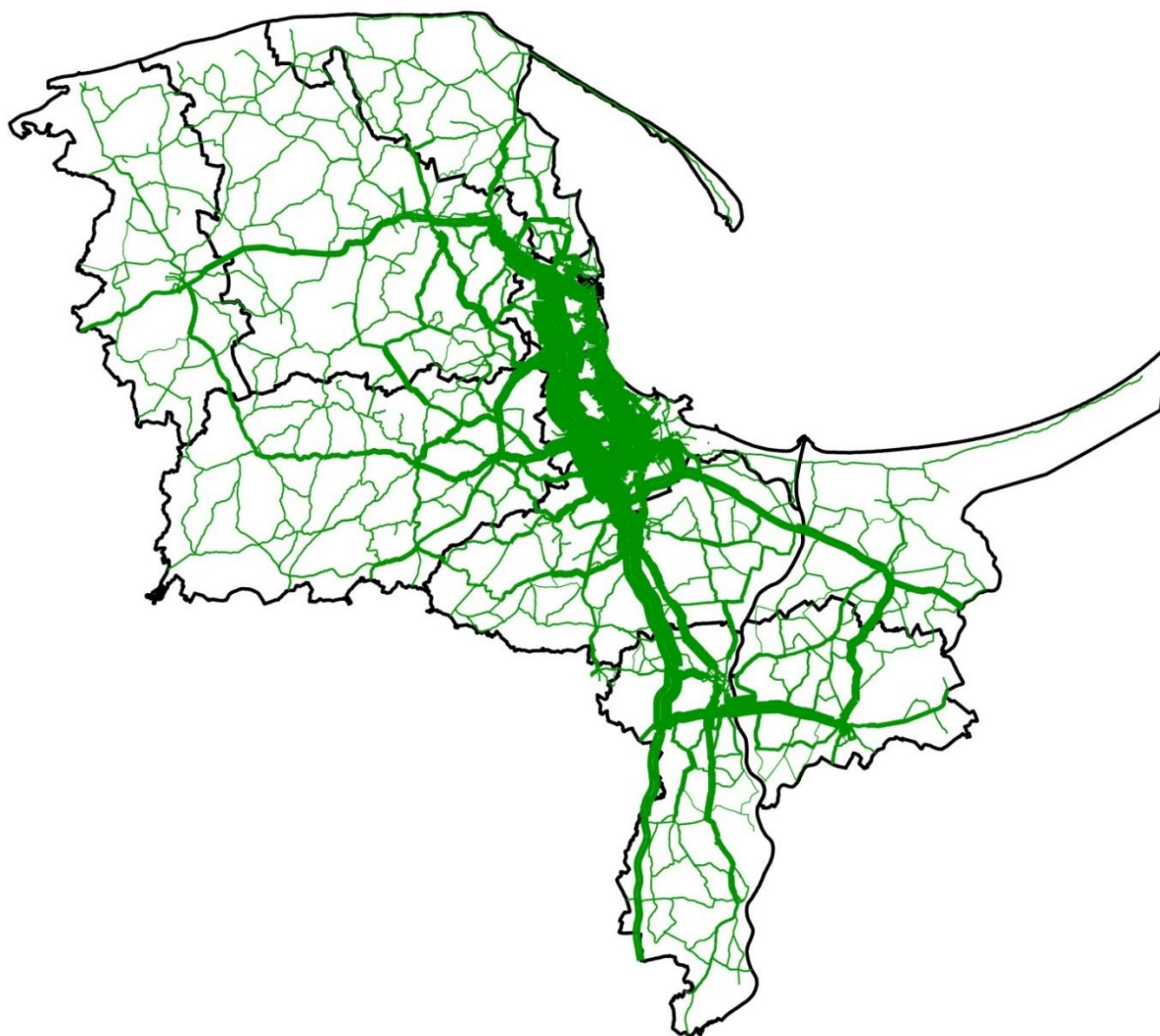
Kartogramy z natężeniami ruchu w podziale na środki transportu oraz napełnienia środków transportu zbiorowego dla godziny szczytu porannego i popołudniowego w stanie istniejącym (2014) zostały przedstawione na poniższych rysunkach:

Analizowane okresy doby:

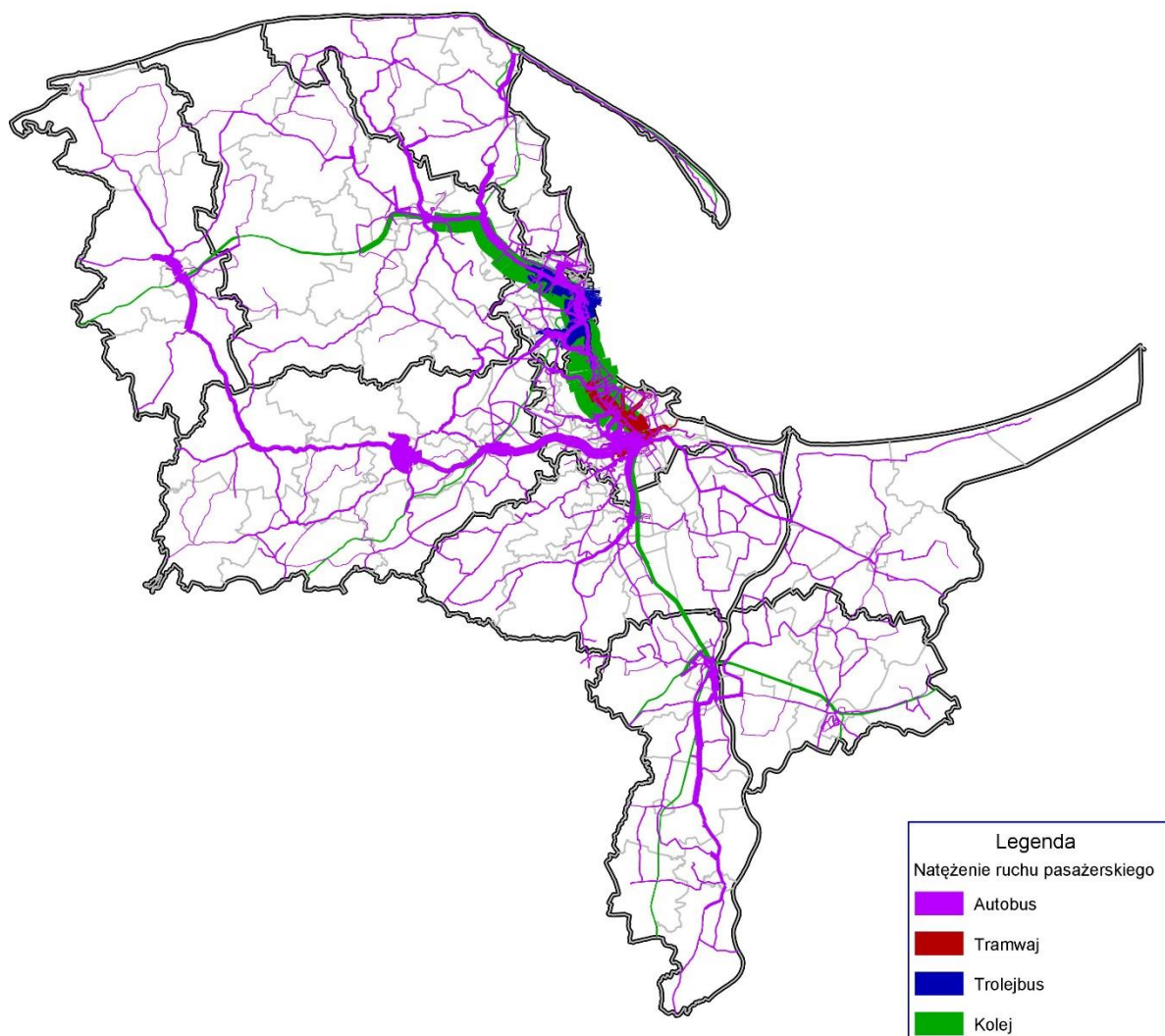
- godzina szczytu porannego 7:00-8:00
- godzina szczytu popołudniowego 15:00-16:00
- doba

Elementy zawarte w kartogramach

- Natężenie ruchu kołowego dla roku 2014
- Napełnienie pojazdów transportu zbiorowego



Rys. 2.10. Rozkład ruchu na sieć – transport indywidualny (źródło: opracowanie własne)



Rys. 2.11. Rozkład ruchu na sieć – transport zbiorowy (źródło: opracowanie własne)

2.8 Atrybuty modelu

W modelu dla poszczególnych elementów zakodowano dodatkowe atrybuty charakteryzujące obszar oraz sieć transportową. Listę atrybutów przedstawiono w tabeli poniżej.

Tabl. 2.17. Atrybuty modelu (źródło: opracowanie własne).

Element	Atrybut	Opis
Rejon	NO	numer
Rejon	NAZWA_G	nazwa gminy
Rejon	FILTR_G	filtr gminy
Rejon	NUMER_G	numer gminy
Rejon	POWIAT	nazwa powiatu

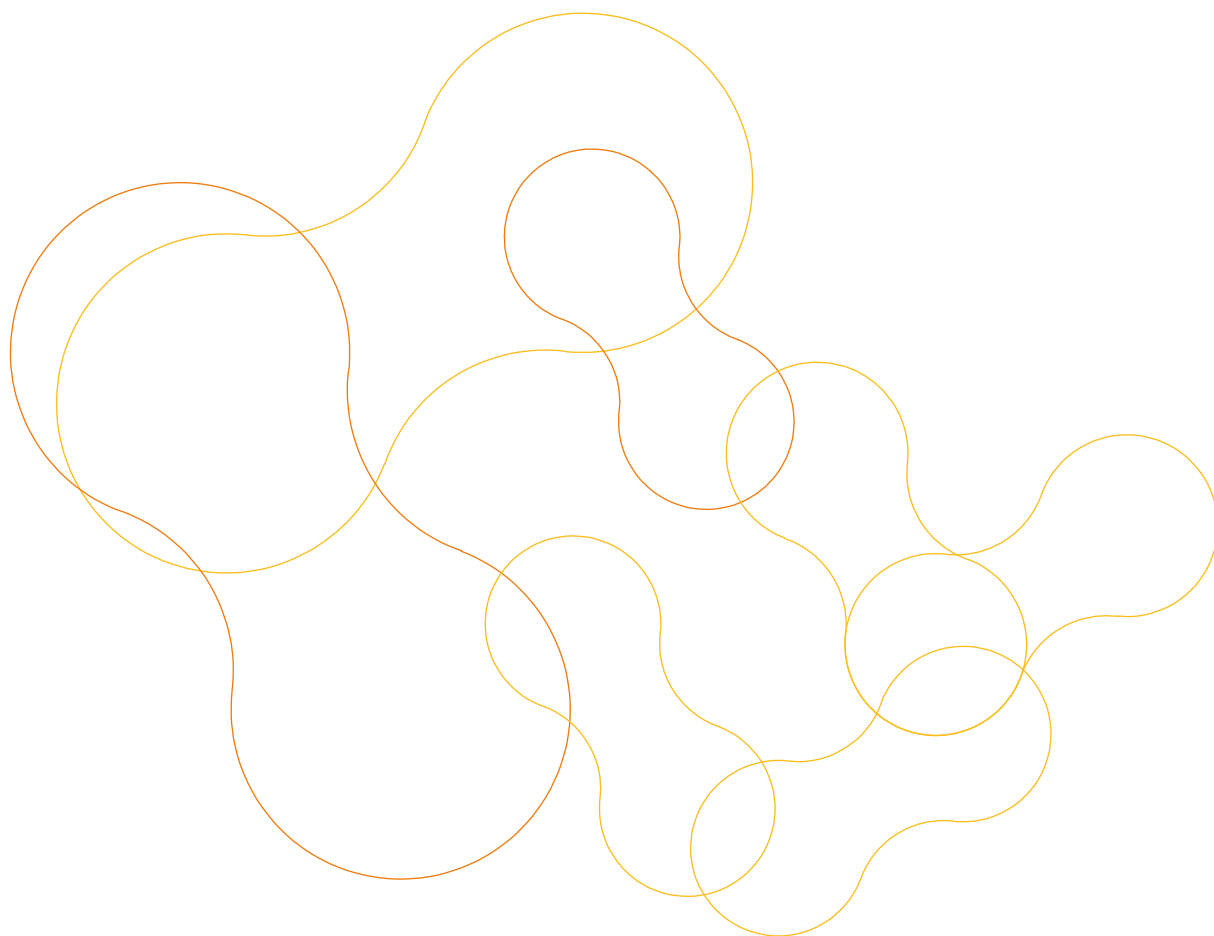
Element	Atrybut	Opis
Rejon	TERYT_G	numer TERYT gminy
Rejon	KOD_GUS	KOD GUS dla gminy
Rejon	DZIEL_NR	numer dzielnicy
Rejon	DZIEL_NAZWA	nazwa dzielnicy
Rejon	LL12_G	Liczba mieszkańców w gminie
Rejon	LL13_GG	Liczba mieszkańców w gminie ogółem
Rejon	LL13_GG1	Liczba mieszkańców w gminie w wieku przedprodukcyjnym
Rejon	LL13_GG2	Liczba mieszkańców w gminie w wieku produkcyjnym
Rejon	LL13_GG3	Liczba mieszkańców w gminie w wieku poprodukcyjnym
Rejon	LL13_GG4	Liczba mieszkańców w gminie w wieku produkcyjnym mobilnym
Rejon	LL13_GG5	Liczba mieszkańców w gminie w wieku produkcyjnym niemobilnym
Rejon	LL20_GG	Liczba mieszkańców w gminie ogółem
Rejon	LL20_GG1	Liczba mieszkańców w gminie w wieku przedprodukcyjnym
Rejon	LL20_GG2	Liczba mieszkańców w gminie w wieku produkcyjnym
Rejon	LL20_GG3	Liczba mieszkańców w gminie w wieku poprodukcyjnym
Rejon	LL30_GG	Liczba mieszkańców w gminie ogółem
Rejon	LL30_GG1	Liczba mieszkańców w gminie w wieku przedprodukcyjnym
Rejon	LL30_GG2	Liczba mieszkańców w gminie w wieku produkcyjnym
Rejon	LL30_GG3	Liczba mieszkańców w gminie w wieku poprodukcyjnym
Rejon	LL40_GG	Liczba mieszkańców w gminie ogółem
Rejon	LL40_GG1	Liczba mieszkańców w gminie w wieku przedprodukcyjnym
Rejon	LL40_GG2	Liczba mieszkańców w gminie w wieku produkcyjnym
Rejon	LL40_GG3	Liczba mieszkańców w gminie w wieku poprodukcyjnym
Rejon	LME13_G	Liczba miejsc w szkołach w gminie ogółem
Rejon	LME20_G	Liczba miejsc w szkołach w gminie ogółem
Rejon	LME30_G	Liczba miejsc w szkołach w gminie ogółem
Rejon	LME40_G	Liczba miejsc w szkołach w gminie ogółem
Rejon	LPO13_G	Liczba miejsc pracy ogółem w gminie ogółem
Rejon	LPO20_G	Liczba miejsc pracy ogółem w gminie ogółem
Rejon	LPO30_G	Liczba miejsc pracy ogółem w gminie ogółem
Rejon	LPO40_G	Liczba miejsc pracy ogółem w gminie ogółem
Rejon	LPU13_G	Liczba miejsc pracy w usługach w gminie ogółem
Rejon	LPU20_G	Liczba miejsc pracy w usługach w gminie ogółem
Rejon	LPU30_G	Liczba miejsc pracy w usługach w gminie ogółem
Rejon	LPU40_G	Liczba miejsc pracy w usługach w gminie ogółem
Rejon	NUMER_R	numer rejonu transportowego
Rejon	NAZWA_R	nazwa rejonu transportowego
Rejon	PBS_R	numer rejonu transportowego wg PBS
Rejon	LL12_R	Liczba mieszkańców w w rejonie transportowym ogółem
Rejon	LL13_R	Liczba mieszkańców w w rejonie transportowym ogółem
Rejon	LL13_RR1	Liczba mieszkańców w rejonie transportowym w wieku przedprodukcyjnym
Rejon	LL13_RR2	Liczba mieszkańców w rejonie transportowym w wieku produkcyjnym
Rejon	LL13_RR3	Liczba mieszkańców w rejonie transportowym w wieku poprodukcyjnym
Rejon	LL13_RR4	Liczba mieszkańców w rejonie transportowym w wieku

Element	Atrybut	Opis
		produkcyjnym mobilnym
Rejon	LL13_RR5	Liczba mieszkańców w rejonie transportowym w wieku produkcyjnym niemobilnym
Rejon	LL20_R	Liczba mieszkańców w w rejonie transportowymogółem
Rejon	LL20_RR1	Liczba mieszkańców w rejonie transportowym w wieku przedprodukcyjnym
Rejon	LL20_RR2	Liczba mieszkańców w rejonie transportowym w wieku produkcyjnym
Rejon	LL20_RR3	Liczba mieszkańców w rejonie transportowym w wieku poprodukcyjnym
Rejon	LL20_RR4	Liczba mieszkańców w rejonie transportowym w wieku produkcyjnym mobilnym
Rejon	LL20_RR5	Liczba mieszkańców w rejonie transportowym w wieku produkcyjnym niemobilnym
Rejon	LL30_R	Liczba mieszkańców w w rejonie transportowymogółem
Rejon	LL30_RR1	Liczba mieszkańców w rejonie transportowym w wieku przedprodukcyjnym
Rejon	LL30_RR2	Liczba mieszkańców w rejonie transportowym w wieku produkcyjnym
Rejon	LL30_RR3	Liczba mieszkańców w rejonie transportowym w wieku poprodukcyjnym
Rejon	LL30_RR4	Liczba mieszkańców w rejonie transportowym w wieku produkcyjnym mobilnym
Rejon	LL30_RR5	Liczba mieszkańców w rejonie transportowym w wieku produkcyjnym niemobilnym
Rejon	LL40_R	Liczba mieszkańców w w rejonie transportowymogółem
Rejon	LL40_RR1	Liczba mieszkańców w rejonie transportowym w wieku przedprodukcyjnym
Rejon	LL40_RR2	Liczba mieszkańców w rejonie transportowym w wieku produkcyjnym
Rejon	LL40_RR3	Liczba mieszkańców w rejonie transportowym w wieku poprodukcyjnym
Rejon	LL40_RR4	Liczba mieszkańców w rejonie transportowym w wieku produkcyjnym mobilnym
Rejon	LL40_RR5	Liczba mieszkańców w rejonie transportowym w wieku produkcyjnym niemobilnym
Rejon	LME13_R	Licba miejsc w szkołach w rejonie transportowymogółem
Rejon	LME20_R	Licba miejsc w szkołach w rejonie transportowymogółem
Rejon	LME30_R	Licba miejsc w szkołach w rejonie transportowymogółem
Rejon	LME40_R	Licba miejsc w szkołach w rejonie transportowymogółem
Rejon	LPO13_R	Liczba miejsc pracy ogółem w w rejonie transportowym ogółem
Rejon	LPO20_R	Liczba miejsc pracy ogółem w w rejonie transportowym ogółem
Rejon	LPO30_R	Liczba miejsc pracy ogółem w w rejonie transportowym ogółem
Rejon	LPO40_R	Liczba miejsc pracy ogółem w w rejonie transportowym ogółem
Rejon	LPU13_R	Liczba miejsc pracy w usługach w rejonie

Element	Atrybut	Opis
		transportowymogółem
Rejon	LPU20_R	Liczba miejsc pracy w usługach w rejonie transportowymogółem
Rejon	LPU30_R	Liczba miejsc pracy w usługach w rejonie transportowymogółem
Rejon	LPU40_R	Liczba miejsc pracy w usługach w rejonie transportowymogółem
Odcinek	PUT_VA	Średnia prędkość przejazdu autobusu/trolejbusu
Odcinek	PUT_VT	Średnia prędkość przejazdu tramwaju
Odcinek	PUT_VK	Średnia prędkość przejazdu pociągu
Profil czasowy	CZEST_I	Częstotliwość obsługi linii w szczycie porannym
Profil czasowy	CZEST_II	Częstotliwość obsługi linii w międzyszczytce
Profil czasowy	CZEST_III	Częstotliwość obsługi linii w szczycie popołudniowym
Profil czasowy	CZEST_IV	Częstotliwość obsługi linii w okresie wieczornym
Trasa linii	OPÓR_LINII	Opór linii wynikający z odmiennego systemu taryfowego
Przystanek	OPÓR_PRZYSTANKU	Opór przystanku związany z komfortem przesiadki

Rozdział 3

Podsumowanie i wnioski



3. Podsumowanie i wnioski

Nowoczesne zarządzanie miastem, a w szczególności prowadzenie prac planistycznych, zarządzanie i sterowanie ruchem oraz podejmowanie decyzji strategicznych w zakresie rozwoju systemu transportowego wymaga zastosowania coraz lepszych i nowocześniejszych narzędzi. Takim narzędziem jest prezentowany transportowy model symulacyjny dla miasta OM. Model ten zbudowano na bazie programu VISUM firmy PTV z zastosowaniem klasycznego podejścia czterostopniowego modelu ruchu.

Do budowy modelu wykorzystano dostępny zbiór danych będących w posiadaniu Samodzielnego Referatu analiz Statystycznych Urzędu Miasta Gdyni, Wydziału Edukacji Urzędu Miasta Gdyni, Wydziału Infrastruktury Urzędu Miasta Gdyni, Biura Planowania Przestrzennego miasta Gdynia, Fundacji Rozwoju Inżynierii Lądowej, Politechniki Gdańskiej, Zarządu Komunikacji Miejskiego w Gdyni, Biura Rozwoju Gdańska, Zarządu Dróg i Zieleni miasta Gdańska, Zarządu Transportu Miejskiego w Gdańsku danych GUS oraz innych instytucji.

Dane prognozowane za pomocą przygotowanego modelu z danymi rzeczywistymi, wykazały dużą zgodność uzyskanych wyników dotyczących prognozowanych natężeń ruchu, przewozów pasażerskich, rozkładu podróży i czasów przejazdu. Wysoką zgodność wyników uzyskano dzięki weryfikacji i kalibracji wykonywanej na każdym etapie modelowania: generacji ruchu, rozkładu przestrzennego ruchu, podziału zadań przewozowych i rozkładu ruchu na sieć transportową.

Zbudowany transportowy model podróży OM pozwala na prowadzenie studiów i analiz dotyczących:

- Prac prognostycznych oraz analiz operacyjnych w sieci transportu indywidualnego i zbiorowego.
- Optymalizacji rozbudowy sieci transportowej umożliwiającej wyznaczenie hierarchii ważności poszczególnych inwestycji drogowych oraz uzyskanie maksymalnych korzyści z ich budowy.
- Budowy scenariuszy zarządzania ruchem w przypadku wystąpienia incydentów, robót drogowych, imprez masowych oraz planowanie tras (linii) lub zmian tras (linii) pojazdów transportu zbiorowego wraz z możliwością analizy zmian w rozkładzie jazdy
- Dostarczenie danych do prognozowania wpływu transportu na środowisko: analizy hałasowe, emisja spalin
- Dostarczenia danych do analiz mikrosymulacyjnych dla wybranych fragmentów obszaru miasta, pozwalających na szczegółową analizę warunków ruchu.
- Przygotowania strategii zarządzania transportem indywidualnym i zbiorowym.

Zbudowany model umożliwia wykorzystywanie danych uzyskiwanych z systemu TRISTAR do jego aktualizacji i dalszej rozbudowy, a także uzyskane macierze podróży można wykorzystać do budowy mezoskopowych i mikroskopowych modeli ruchu.