

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

Rozprawa doktorska

Dyscyplina naukowa inżynieria lądowa, geodezja i transport,
dziedzina nauk inżynieryjno-technicznych

mgr inż.

Mirosław Czerliński

Metoda oceny wykluczenia komunikacyjnego
dla potrzeb planowania zrównoważonej mobilności

Promotor

prof. dr hab. inż. **Mariusz Izdebski**

Warszawa 2026

STRESZCZENIE

Metoda oceny wykluczenia komunikacyjnego dla potrzeb planowania zrównoważonej mobilności

Wykluczenie komunikacyjne (WK) jest przedmiotem debaty publicznej w Polsce od ponad 10 lat. Nastąpiła ona po okresie znacznego regresu pozamiejskiego publicznego transportu zbiorowego. Obecnie trudno jest jednoznacznie określić obszary występowania zjawiska WK, a metody bazują na stricte określonych kryteriach. Kryteria te są dyskusyjne ze względu na m.in. przyjęcie innych wartości progowych dla obszarów wiejskich i miejskich.

Praca stanowi propozycję podejścia do oceny WK bez zakładania określonych progów jego wystąpienia, a poprzez wyznaczenie obszarów, do których przypisuje się wartości WK w przedziale $\langle 0,00; 1,00 \rangle$, na podstawie zebranego zbioru danych wejściowych. Zastosowano metodę oceny wielokryterialnej, w której na podstawie wartości przyjętych kryteriów obliczana jest odległość analizowanego wariantu od rozwiązania idealnego i antyidealnego.

Rozdział pierwszy przedstawia aktualny stan wiedzy w zakresie wykluczenia komunikacyjnego, rozpoczynając od wyprowadzenia pojęć w literaturze polskiej i anglojęzycznej. Przedstawiono zapisy w aktach normatywnych, czynniki wpływające na WK, bariery publicznego transportu zbiorowego i dobre praktyki w zapobieganiu WK.

W rozdziale drugim omówiono powiązania planowania zrównoważonej mobilności z WK. Określono, że ocena WK powinna być elementem faz 1 i 4 cyklu SUMP, natomiast strategię przeciwdziałania przygotowuje się w fazie 2, a działania zapobiegawcze w fazie 3.

Trzeci rozdział zestawia metody i narzędzia oceny WK. W rozdziale przedstawiono metody pozwalające zebrać dane ilościowe, jak i jakościowe. Opisano też i krytycznie oceniono dwie najbardziej rozwinięte dotychczas w Polsce metodyki oceny WK, według projektu Gospostrateg oraz opracowanie w zespole prof. Rosika.

W rozdziale czwartym zdefiniowano cel pracy, jej tezę główną oraz cele cząstkowe.

Piąty rozdział zawiera propozycję zintegrowanej metody oceny wielokryterialnej wykluczenia komunikacyjnego (ZMOW WK), która została podzielona na trzy moduły: danych wejściowych, algorytmu przetwarzania (na podstawie algorytmu wyszukiwania podróży i metody TOPSIS) oraz interpretacji danej wyjściowej – wskaźnika WK.

W szóstym rozdziale opisano komputerową implementację metody ZMOW WK, której kluczowymi elementami są bazy danych statystycznych (GUS, organizatora transportu czy danych przestrzennych), narzędzia analizy geoprzestrzennej (QGIS), arkusz kalkulacyjny Excel, algorytm wyszukiwania podróży OTP zaimplementowany w Dockerze i PowerShellu, a także zwielokrotniony w zapytaniach przez program napisany w Pythonie.

Siódmy rozdział zawiera przykład praktycznego zastosowania metody na obszarze powiatu grodziskiego. W jego ramach wyznaczono wskaźnik WK dla każdego z 33 746 budynków mieszkalnych na terenie powiatu, uzyskując wartość średnią wskaźnika dla całego powiatu równą 0,42; wartość minimalną 0,32 dla gminy Milanówek i Grodzisk Mazowiecki, a także maksymalną 0,69 dla gminy Baranów. Wyniki zobrazowano też na mapach ciepła.

W rozdziale ósmym podsumowano całą pracę w odniesieniu do celu pracy, jej tezy oraz określonych celów cząstkowych. Najważniejszym osiągnięciem jest opracowanie metody oceny WK, w której nie zakłada się ustalonych parametrów brzegowych warunkujących wystąpienie tego zjawiska. Metoda pozwala ocenić określony obszar i wskazać na nim podobszary potencjalnie najbardziej narażone na wystąpienie zjawiska WK.

Słowa kluczowe: wykluczenie komunikacyjne, publiczny transport zbiorowy, ubóstwo transportowe, GIS, GTFS

SUMMARY

A Method for Assessing Public Transport Exclusion for Sustainable Mobility Planning

Public transport exclusion has been the subject of public debate in Poland for more than 10 years, following a period of significant decline in rural public transport. Currently, it is difficult to clearly identify areas where this phenomenon occurs, and the methods developed so far rely on strictly defined criteria. These criteria are controversial, among other reasons, because they use different threshold values for rural and urban areas.

This work proposes an approach to assessing transport exclusion without assuming specific thresholds for its occurrence. Instead, it designates areas to which transport exclusion values in the range $<0.00;1.00>$ are assigned, based on a collected set of input data. A multi-criteria assessment method was used, in which the distance of the analysed variant from the ideal and anti-ideal solutions is calculated based on the values of the adopted criteria.

Chapter one presents the current state of knowledge on transport exclusion, beginning with a derivation of concepts in Polish and English literature. It also presents provisions in normative acts, factors influencing exclusion, barriers to public transport, and best practices in preventing transport exclusion.

The second chapter discusses the links between sustainable mobility planning and transport exclusion. It was determined that the assessment of transport exclusion should be part of Phases 1 and 4 of the SUMP cycle, while the countermeasure strategy should be prepared in Phase 2, and preventive actions in Phase 3.

The third chapter summarises methods and tools for assessing public transport exclusion. Methods for collecting both quantitative and qualitative data are presented. Two most developed methods for assessing transport exclusion in Poland, based on the Gospostrateg project and developed by Professor Rosik's team, are also described and critically assessed.

The fourth chapter defines the work's purpose, main thesis, and sub-objectives.

The fifth chapter proposes the Integrated Multi-Criteria Assessment Method for Public Transport Exclusion (ZMOW WK), which is divided into three modules: input data, processing algorithm (based on the trip search algorithm and the TOPSIS method), and interpretation of the output data – the transport exclusion indicator.

The sixth chapter describes the computer implementation of the ZMOW WK method, whose key elements include statistical databases (from the Central Statistical Office, the transport organizer, and spatial data), geospatial analysis tools (QGIS), an Excel spreadsheet, and the OTP trip search algorithm implemented in Docker and PowerShell, which was also multiplied in queries by a program written in Python.

The seventh chapter provides an example of the method's practical application in Grodzisk County. The WK index was determined for each of the 33,746 residential buildings in the county, yielding an average index value of 0.42 for the entire county, a minimum of 0.32 for the Milanówek and Grodzisk Mazowiecki municipalities, and a maximum of 0.69 for the Baranów municipality. The results are also visualised in heat maps.

The eighth chapter summarises the entire work in relation to the study's aim, thesis, and specific sub-objectives. The most important achievement of this work is the development of a method for assessing public transport exclusion that does not assume predetermined boundary parameters. This method allows for the assessment of a specific area and the identification of sub-areas potentially most vulnerable to transport exclusion.

Keywords: transport exclusion, public transport, transport poverty, GIS, GTFS

Spis treści

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH SKRÓTÓW I OZNACZEŃ.....	9
WPROWADZENIE	13
1. AKTUALNY STAN WIEDZY W ZAKRESIE WYKLUCZENIA KOMUNIKACYJNEGO	15
1.1. Pojęcie wykluczenia.....	15
1.2. Wykluczenie transportowe i komunikacyjne	16
1.2.1. <i>Literatura polska</i>	16
1.2.2. <i>Literatura anglojęzyczna</i>	19
1.3. Zapisy w aktach normatywnych i dokumentach strategicznych	21
1.3.1. <i>Dokumenty unijne</i>	21
1.3.2. <i>Dokumenty krajowe</i>	25
1.3.3. <i>Dokumenty regionalne i lokalne</i>	31
1.4. Czynniki wpływające na wykluczenie komunikacyjne	34
1.4.1. <i>Uwarunkowania popytowe wpływające na wykluczenie komunikacyjne</i>	35
1.4.2. <i>Uwarunkowania podażowe wpływające na wykluczenie komunikacyjne</i>	37
1.4.3. <i>Powiązanie uwarunkowań popytowych i podażowych</i>	41
1.5. Bariery publicznego transportu zbiorowego	43
1.6. Dobre praktyki w zapobieganiu i redukcji wykluczenia komunikacyjnego	44
1.6.1. <i>Zagospodarowanie przestrzenne nastawione na redukcję podróży</i>	46
1.6.2. <i>Substytucja mobilności usługami cyfrowymi lub hybrydowymi</i>	48
1.6.3. <i>Integracja organizatorów PTZ</i>	49
1.6.4. <i>Odpowiednie finansowanie PTZ</i>	51
1.6.5. <i>Zapewnienie minimalnego standardu PTZ</i>	52
1.6.6. <i>Integracja taryfowo-biletowa</i>	53
1.6.7. <i>Integracja sieci połączeń na węzłach przesiadkowych</i>	54
1.6.8. <i>Cyfryzacja rozkładu jazdy i dynamiczna informacja pasażerska</i>	55
1.6.9. <i>Transport na żądanie (ang. Demand-Responsive Transport, DRT)</i>	56
1.6.10. <i>Ogólnodostępne usługi PTZ</i>	57
1.7. Podsumowanie aktualnego stanu wiedzy w zakresie wykluczenia komunikacyjnego ..	58
2. ZRÓWNOWAŻONA MOBILNOŚĆ.....	60
2.1. Koncepcja zrównoważonej mobilności.....	60
2.2. Plan zrównoważonej mobilności.....	66
2.3. Wykluczenie komunikacyjne w planach mobilności	69
2.4. Podsumowanie powiązań planowania zrównoważonej mobilności z wykluczeniem komunikacyjnym	77
3. METODY I NARZĘDZIA OCENY WYKLUCZENIA KOMUNIKACYJNEGO..	79
3.1. Metody oceny wykluczenia komunikacyjnego	79
3.1.1. <i>Analizy wskaźników dostępności transportowej</i>	80
3.1.2. <i>Badania ankietowe</i>	85
3.1.3. <i>Wywiady</i>	87
3.1.4. <i>Analizy danych statystycznych</i>	88
3.1.5. <i>Metody wielokryterialne</i>	90
3.1.6. <i>Metody prognostyczne</i>	96
3.1.7. <i>Badania barier fizycznych i architektonicznych</i>	96
3.1.8. <i>Analiza dostępności usług publicznych i komercyjnych</i>	98

3.1.9.	<i>Metody oceny ekonomicznej (ekonometrycznej), w tym analizy kosztów i korzyści</i>	99
3.1.10.	<i>Analiza sieci społecznych (Social Network Analysis)</i>	100
3.2.	Narzędzia oceny wykluczenia komunikacyjnego	100
3.2.1.	<i>GIS (System Informacji Geograficznej)</i>	100
3.2.2.	<i>Planer podróży, np. Open Trip Planner (OTP)</i>	101
3.2.3.	<i>Arkusz kalkulacyjny</i>	102
3.2.4.	<i>Wizja lokalna lub spacer badawczy</i>	102
3.2.5.	<i>Fotografia</i>	103
3.2.6.	<i>Symulacje i modele ruchu</i>	103
3.2.7.	<i>Ankieta</i>	104
3.2.8.	<i>Scenariusz wywiadu</i>	105
3.3.	Bazy danych	105
3.3.1.	<i>Dane o sieciach transportu publicznego i rozkładzie jazdy, np. GTFS</i>	105
3.3.2.	<i>Dane mapowe i przestrzenne, np. OpenStreetMap czy Geoportal</i>	108
3.3.3.	<i>Dane Big Data, np. z telefonii komórkowej</i>	110
3.3.4.	<i>Bank Danych Lokalnych Głównego Urzędu Statystycznego (BDL GUS)</i>	111
3.3.5.	<i>Pozostałe bazy danych statystycznych</i>	114
3.4.	Przyporządkowanie narzędzi do metod badawczych i baz danych	115
3.5.	Podsumowanie metod oceny wykluczenia komunikacyjnego	118
4.	TEZA, CELE CZĄSTKOWE I ZAKRES PRACY	120
5.	METODA OCENY WYKLUCZENIA KOMUNIKACYJNEGO	122
5.1.	Założenia ogólne	122
5.2.	Identyfikacja danych wejściowych metody oceny WK	126
5.2.1.	<i>Dane transportowe o PTZ</i>	126
5.2.2.	<i>Dane geograficzne</i>	134
5.2.3.	<i>Dane społeczno-ekonomiczne i pozostałe dane transportowe poza PTZ</i>	135
5.2.4.	<i>Dane o kategoriach społecznych ludności</i>	137
5.3.	Przetwarzanie danych w algorytmie ZMOW WK	137
5.3.1.	<i>Model decyzyjny planowania podróży</i>	137
5.3.2.	<i>Algorytm wyszukiwania podróży OTP</i>	144
5.3.3.	<i>Ustalenie kryteriów</i>	146
5.3.4.	<i>Normalizacja danych</i>	147
5.3.5.	<i>Macierz znormalizowanych wartości kryteriów</i>	148
5.3.6.	<i>Wyznaczenie wartości wskaźnika WK TOPSIS</i>	149
5.4.	Interpretacja wskaźnika wykluczenia komunikacyjnego WK	150
5.5.	Możliwe zastosowania metody	151
5.5.1.	<i>Analizy prognostyczne</i>	151
5.5.2.	<i>Analizy ekonomiczne</i>	152
5.6.	Podsumowanie najważniejszych cech metody	153
6.	IMPLEMENTACJA KOMPUTEROWA METODY OCENY WYKLUCZENIA KOMUNIKACYJNEGO	155
6.1.	Ocena wykluczenia komunikacyjnego w oparciu o oprogramowanie i bazy danych	155
6.2.	Charakterystyka ogólna oprogramowania	156
6.2.1.	<i>QGIS</i>	156
6.2.2.	<i>Excel</i>	158
6.2.3.	<i>Open trip planner</i>	160
6.2.4.	<i>Power Shell</i>	163

6.2.5.	<i>Docker Desktop</i>	163
6.2.6.	<i>Python 3.10+</i>	164
7.	PRZYKŁAD PRAKTYCZNEGO ZASTOSOWANIA METODY OCENY WYKLUCZENIA KOMUNIKACYJNEGO	166
7.1.	Ogólna charakterystyka obszaru analizy	166
7.2.	Dane wejściowe.....	167
7.2.1.	<i>Dane transportowe</i>	167
7.2.2.	<i>Dane geograficzne</i>	170
7.2.3.	<i>Dane społeczno-ekonomiczne</i>	176
7.2.4.	<i>Dane o kategoriach społecznych ludności</i>	177
7.3.	Przetworzenie danych ZMOW WK i prezentacja danych wynikowych.....	177
7.3.1.	<i>Moduł wyszukiwania podróży OTP</i>	177
7.3.2.	<i>Moduł wyznaczenia wskaźnika WK TOPSIS</i>	178
7.3.3.	<i>Wskaźnik wykluczenia komunikacyjnego</i>	181
7.4.	Omówienie danych wynikowych	189
7.4.1.	<i>Podział wyników wskaźnika WK na klasy</i>	189
7.4.2.	<i>Omówienie wyników statystyk dla gmin i powiatu</i>	190
7.4.3.	<i>Omówienie miejsc wyznaczonych na mapach</i>	191
7.4.4.	<i>Podsumowanie wyników</i>	192
7.5.	Weryfikacja metody	193
7.5.1.	<i>Obszary o najgorszej i najlepszej wartości wskaźnika WK</i>	193
7.5.2.	<i>Porównanie z wynikami uzyskanymi w projekcie Gospostrateg</i>	195
7.5.3.	<i>Walidacja</i>	196
7.5.4.	<i>Wrażliwość</i>	197
7.5.5.	<i>Transparentność</i>	197
8.	PODSUMOWANIE ROZPRAWY	199
	BIBLIOGRAFIA	204
	SPIS RYSUNKÓW	220
	SPIS TABEL	223
	ZAŁĄCZNIKI	225

Wykaz ważniejszych skrótów i oznaczeń

SKRÓT	WYJAŚNIENIE
A	Autostrada (klasa drogi publicznej)
API	Interfejs programowania aplikacji (ang. <i>Application Programming Interface</i>)
BRD	Bezpieczeństwo ruchu drogowego
CBA	Analiza kosztów i korzyści (ang. <i>Cost-benefit analysis</i>)
CEN	Europejski Komitet Normalizacyjny (fr. <i>Comité européen de normalisation</i>)
CPK	Centralny Port Komunikacyjny
CSV	Format przechowywania danych w plikach tekstowych, wprost: wartości rozdzielone przecinkiem (ang. <i>Comma-seperated values</i>)
BDL GUS	Bank Danych Lokalnych Głównego Urzędu Statystycznego
BDOT10k	Baza danych obiektów topograficznych w skali 1:10 000
BTS	Stacja bazowa (z ang. <i>Base Tranceiver Station</i>)
D	Droga Dojazdowa (klasa drogi publicznej)
DRT	Transport na żądanie / transport na życzenie / transport na zamówienie (ang. <i>Demand-Responsive Transport</i>), czyli usługa nieregularnego publicznego transportu zbiorowego, w Polsce nieuregulowana ustawowo (28.03.2026 r.) i traktowana jako przewóz okazjonalny
EKG ONZ	Europejska Komisja Gospodarcza Organizacji Narodów Zjednoczonych
FENIKS	Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko
FRPA	Fundusz rozwoju przewozów autobusowych o charakterze użyteczności publicznej
GHG	Gazy cieplarniane (ang. <i>Greenhouse gases</i>)
GIS	System informacji geograficznej (ang. <i>Geographic Information System</i>)
G	Droga Główna (klasa drogi publicznej)
GP	Droga Główna Przyspieszona (klasa drogi publicznej)
GPA	Grodziskie Przewozy Autobusowe
GPKG	Otwarty i oparty na standardach format danych dla systemów informacji geograficznej, zbudowany jako zbiór konwencji w oparciu o bazę danych SQLite (ang. <i>GeoPackage</i>)
GPRS	Usługa pakietowego przesyłania danych (ang. <i>General Packet Radio Service</i>)
GPS	Globalny system określania położenia (ang. <i>Global Positioning System</i>)
GSM	Globalny System Komunikacji Mobilnej (ang. <i>Global System for Mobile Communications</i>)
GUGiK	Główny Urząd Geodezji i Kartografii
GUS	Główny Urząd Statystyczny
GTFS	Ogólna specyfikacja danych transportowych (ang. <i>General Transit Feed Specification</i>)

SKRÓT	WYJAŚNIENIE
GTFS-RT	Ogólna specyfikacja danych transportowych – w czasie rzeczywistym (ang. <i>General Transit Feed Specification – Real Time</i>)
GZM	Górnśląsko-Zagłębiowska Metropolia
ID	Identyfikator
JST	Jednostka samorządu terytorialnego
KBR	Kompleksowe Badanie Ruchu
KE	Komisja Europejska
KKBOF	Koszalińsko-Kołobrzesko-Białogardzki Obszar Funkcjonalny
KPD	Krajowy Punkt Dostępu
KPO	Krajowy Plan Odbudowy i Zwiększania Odporności
KŚ	Koleje Śląskie
L	Droga lokalna (klasa drogi publicznej)
LK	Linia kolejowa
MaaS	Mobilność jako usługa (ang. <i>Mobility as a Service</i>)
MADM	Metody podejmowania decyzji na podstawie wielu atrybutów (ang. <i>Multiple Attribute Decision Making</i>)
MCDM	Metody wielokryterialnego podejmowania decyzji (ang. <i>Multiple-Criteria Decision Making</i>)
MOF	Miejski Obszar Funkcjonalny
MW	Metropolia Warszawska
NeTEx	Standard CEN wymiany informacji o sieciach i rozkładach jazdy (ang. <i>Network Timetable Exchange</i>)
NSP	Narodowy Spis Powszechny
ONZ	Organizacja Narodów Zjednoczonych
OSM	Otwarta mapa ulic (z ang. <i>OpenStreetMap</i>)
OTP	Otwarty planer podróży (z ang. <i>Open Trip Planner</i>)
PKP PLK	PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. – narodowy zarządca linii kolejowych
PRG	Państwowy rejestr granic
PRM	Osoba o ograniczonej mobilności (ang. <i>Person with Reduced Mobility</i>)
PTZ	Publiczny transport zbiorowy
QGIS	Wieloplatformowe, wolne i otwarte oprogramowanie geoinformacyjne (ang. <i>Quantum GIS</i>)
R5	Algorytm szybkiego i realistycznego trasowania w sieciach rzeczywistych i wyobrażonych na nowo (ang. <i>Rapid Realistic Routing on Real-world and Reimagined networks</i>)
RAPTOR	Algorytm zoptymalizowanego wyszukiwania trasy transportem publicznym oparty na rundach (ang. <i>Round-based Public Transport Optimized Router</i>)

SKRÓT	WYJAŚNIENIE
RODO	Rozporządzenie o ochronie danych osobowych (ang. <i>General Data Protection Regulation, GDPR</i>)
RPT	Regionalny Plan Transportowy
S	Droga ekspresowa (klasa drogi publicznej)
SDIP	System Dynamicznej Informacji Pasażerskiej
SEWIK	System Ewidencji Wypadków i Kolizji
SFK	Społeczny Fundusz Klimatyczny
SIRI	Interfejs usługi dla informacji w czasie rzeczywistym (ang. <i>Service Interface for Real Time Information</i>)
STEŚ	Studium techniczno-ekonomiczno-środowiskowe
SUMI	Wskaźnik zrównoważonej mobilności miejskiej (ang. <i>Sustainable Urban Mobility Indicator</i>)
SUMP	Plan zrównoważonej mobilności miejskiej (ang. <i>Sustainable Urban Mobility Plan</i>)
TEN-T	Transeuropejska Sieć Transportowa (ang. <i>Trans-European Transport Network</i>)
TOD	Rozwój Zorientowany na Transport (ang. <i>Transit-Oriented Development</i>)
TOPSIS	Technika preferencji kolejności według podobieństwa do rozwiązania idealnego (ang. <i>Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution</i>)
TSI PRM	Techniczne Specyfikacje Interoperacyjności dla Osób o ograniczonej mobilności (ang. <i>Technical Specification of Interoperability relating to Persons with Reduced Mobility</i>)
WK	Wykluczenie komunikacyjne
WKD	Warszawska Kolej Dojazdowa
UE	Unia Europejska
USA	Stany Zjednoczone Ameryki (ang. <i>United States of America</i>)
UTK	Urząd Transportu Kolejowego
UTO	Urządzenie transportu osobistego
Z	Droga Zbiorcza (klasa drogi publicznej)
ZMOW	Zintegrowana metoda oceny wielokryterialnej
ZTM	Zarząd Transportu Miejskiego / Metropolitalnego

Wprowadzenie

Możliwość przemieszczania się przez człowieka stanowi jeden z fundamentalnych warunków uczestnictwa w życiu społecznym. Historia pokazuje, że społeczeństwa od zawsze zapewniały dostęp do infrastruktury i środków transportu: budując drogi w czasach Cesarstwa Rzymskiego (wszystkie drogi prowadzą do Rzymu), kolej żelazną w XIX wieku, a współcześnie polegając na samochodzie lub systemach publicznego transportu zbiorowego (PTZ) w ramach koncepcji zrównoważonej mobilności. Z czasem suburbanizacja, rozwój motoryzacji i rozproszenie zabudowy zaczęły uwidaczniać problemy w codziennym przemieszczaniu się różnymi środkami transportu, w szczególności na obszarach oddalonych od centrów miast. Często samochód jest w takich miejscach jedynym dostępnym środkiem transportu, jednak nie może on być wykorzystywany przez wszystkich (np. dzieci czy osoby w podeszłym wieku). Posiadanie samochodu na terenach wiejskich jest też często warunkiem uzyskania zatrudnienia, zapewniając możliwość dojazdu do pracy.

Współcześnie zjawisko wykluczenia komunikacyjnego (WK) jest związane z dostępnością transportową oraz cechami społeczno-ekonomicznymi określonych obszarów. Problem ten stał się istotnym wyzwaniem polityk publicznych. W Polsce w ramach projektu Gospostrateg T-Included przeprowadzonego przez konsorcjum czterech Politechnik, oszacowano, że zjawisko WK dotyka około 10,1 mln (27%) mieszkańców kraju [1]. Na terenie Unii Europejskiej (UE) analogiczne zjawisko nazywane jest ubóstwem transportowym, gdzie niedobór publicznego transportu zbiorowego uniemożliwia dotarcie do pracy, szkoły, lekarza czy podstawowych usług.

Wraz z rozwojem narzędzi analitycznych, danych przestrzennych oraz metod analizy GIS, pojawiła się możliwość precyzyjnego określenia wykluczenia komunikacyjnego na poziomie pojedynczego punktu – adresu czy budynku. Mimo to wciąż brakuje jednoznacznie przyjętej, kompleksowej metody oceny WK, która w sposób obiektywny łączyłaby zarówno aspekty popytowe (potrzeby i możliwości mieszkańców), jak i podażowe (oferta PTZ). Dotychczas opracowane metody zakładają określone progi wystąpienia WK, na podstawie np. odległości do najbliższego przystanku czy czasu trwania podróży, ich wyniki często są agregowane do zbyt dużych jednostek, np. obszaru gminy. Prowadzi to do sporów interpretacyjnych i utrudnia budowę skutecznej polityki transportowej w konkretnych obszarach.

Współczesne podejście do zrównoważonej mobilności wskazuje, że dostęp do transportu zbiorowego jest podstawowym elementem jakości życia mieszkańców i rozwoju obszarów miejskich oraz wiejskich. Transport publiczny w UE traktowany jest jako usługa gwarantująca podstawowe prawa obywatelskie. Brak dostępu do transportu, tak samo jak brak dostępu do edukacji czy ochrony zdrowia, traktowany jest jako bariera rozwoju.

Wzrost znaczenia problemu WK wynika również z przemian demograficznych – starzenia się społeczeństwa, migracji młodych osób do dużych miast oraz depopulacji obszarów peryferyjnych. W tych warunkach dotychczasowe modele funkcjonowania transportu okazują się niewystarczające, a system publicznych przewozów często nie nadąża za zmianami struktury osadniczej i potrzebami mieszkańców. Zróżnicowanie przestrzenne i społeczno-ekonomiczne powoduje, że nawet niewielkie modyfikacje oferty transportowej wpływają na możliwość codziennego funkcjonowania wielu osób.

Pomimo szerokiego zainteresowania tematem, brakuje spójnego, obiektywnego narzędzia, które pozwalałoby jednoznacznie ocenić stopień wykluczenia komunikacyjnego w różnych obszarach i porównywać je między sobą. W praktyce utrudnia to racjonalne planowanie inwestycji, analizę kosztów i korzyści, a także podejmowanie decyzji o rozwoju oferty przewozowej, szczególnie w ujęciu regionalnym. Potrzebne jest zatem podejście systemowe – oparte na mierzalnych wskaźnikach, analizach przestrzennych oraz metodach wielokryterialnych – które umożliwi ocenę i klasyfikację WK.

Wypełnienie tej luki stanowi cel niniejszej pracy. Przedstawiona została w niej propozycja metody oceny WK, łącząca współczesne narzędzia analizy danych i oceny wielokryterialnej. Metoda ta pozwala identyfikować obszary o ryzyku występowania WK, porównywać warianty interwencji transportowych oraz wspierać proces planowania zrównoważonej mobilności. Jej zastosowanie umożliwia podejmowanie bardziej racjonalnych decyzji inwestycyjnych i organizacyjnych, opartych na określonych kryteriach, a nie wyłącznie na intuicji lub tradycyjnych założeniach dotyczących funkcjonowania PTZ.

1. Aktualny stan wiedzy w zakresie wykluczenia komunikacyjnego

1.1. Pojęcie wykluczenia

Słownik języka polskiego definiuje „wykluczenie” jako „**stan** taki, że osoba lub grupa osób nie może uczestniczyć w określonej aktywności lub w określonej dziedzinie życia społecznego”. Wyróżnia się m.in. wykluczenie społeczne, cyfrowe i komunikacyjne. Wykluczenie wiąże się z podejmowaniem działania w celu jego **likwidacji** bądź **walki z wykluczeniem** [2].

Jak wskazuje prof. Ryszard Szarfenberg, politolog Uniwersytetu Warszawskiego, wykluczenie zastąpiło inne pojęcia, używane zarówno w języku potocznym, jak i literaturze naukowej, takie jak wyłączenie, degradacja czy marginalizacja. Wykluczenie to zjawisko, do którego prowadzi proces wykluczania, a przeciwstawne znaczenie ma włączenie i proces włączania. Podkreśla również, że wykluczenie jest opatrywane przymiotnikiem społeczne, czyli ma związek ze społeczeństwem i wykracza ponad sprawy jednostki i jej biografii [3].

W ramach Diagnozy Społecznej 2015 – Warunki i jakość życia Polaków, definicję wykluczenia społecznego rozbudowano, określając je jako „stan, w którym dana jednostka lub jakaś grupa społeczna, będąca członkiem wspólnoty (najczęściej wspólnoty obywateli państwa) nie może uczestniczyć **w pełni w ważnych** dziedzinach tej wspólnoty”. Wśród ważnych dziedzin wspólnoty wymienia się pracę, konsumpcję, udział w kulturze, życiu społeczności lokalnych i w polityce. Brak możliwości uczestnictwa ma wynikać nie tyle co z przekonań wykluczonych, ale z czynników całkowicie lub w znacznej części od nich niezależnych [4].

Wykluczenie społeczne ma wielowymiarowy charakter, obejmujący wiele obszarów życia. Obszary te wraz z przypisywanymi im symptomami wykluczenia określiła prof. Stanisława Golinowska, ekonomistka Uniwersytetu Warszawskiego, zajmująca się polityką społeczną, rynkiem pracy, ekonomią zdrowia i zdrowia publicznego. Zestawienie podstawowych obszarów i symptomów wykluczenia społecznego zawiera Tabela 1 [5].

W społeczeństwach przemysłowych, opartych na rynku pracy, konsumpcji oraz przywilejach związanych ze statusem obywatela; a także poprzemysłowych, opartych na usługach, wytwarzaniu i przetwarzaniu informacji, znaczenie ma dostęp [6]. W pierwszym ze społeczeństw najważniejszy jest dostęp poprzez połączenia transportowe, natomiast w drugim – zarówno poprzez połączenia transportowe, jak i telekomunikacyjne. Ich brak określa się

wykluczeniem transportowym lub cyfrowym. Od 1989 r. w Polsce trwa przekształcanie się rozwiniętego społeczeństwa przemysłowego, opartego na produkcji, w poprzemysłowe [7].

Tabela 1. Obszary i symptomy wykluczenia społecznego

Obszar wykluczenia	Symptomy wykluczenia społecznego
Polityczny	Brak praw politycznych, niska frekwencja wyborcza, niski poziom aktywności lokalnej, społeczne niedostosowanie, niska aktywność polityczna, bezsilność w sprawach politycznych
Instytucjonalny	Niedorozwój instytucji publicznych: sądowniczych, obywatelskich, bezpieczeństwa; zła administracja; korupcja; ograniczenia zabezpieczenia społecznego
Ekonomiczny	Długotrwałe bezrobocie, niepewność uzyskania bądź utrzymania pracy, praca w „szarej strefie”, gospodarstwa domowe bez osób pracujących, niskie dochody
Spółeczny	Zerwanie więzi rodzinnych, niechciane cięże, bezdomność, przestępczość, nałogi, niesatysfakcjonujące warunki życia
Otoczenie i sąsiedztwo	Degradacja środowiska, zła jakość zasobów mieszkaniowych, brak usług lokalnych, ograniczenia więzi społecznych i brak wsparcia w sytuacjach kryzysowych (obojętność)
Jednostkowy	Zła kondycja fizyczna i psychiczna, niedostateczne umiejętności i poziom edukacji
Przestrzenny	Koncentracja przestrzenna marginalizowanych grup społecznych (getta lub enklawy)
Grupowy	Wyodrębnienie kategorii szczególnej podatności na wykluczenia społeczne, np. osoby starsze, niepełnosprawne, mniejszości etniczne

Źródło: [5]

1.2. Wykluczenie transportowe i komunikacyjne

1.2.1. Literatura polska

Wykluczenie transportowe jest ograniczeniem dostępu osób fizycznych lub grup społecznych do środków transportu i ma charakter ekonomiczny [8]. W Polsce środkami transportu codziennego zastosowania są: pojazdy indywidualne – przede wszystkim samochód osobowy, rower, urządzenie transportu osobistego (UTO) i motocykl – oraz środki publicznego transportu zbiorowego (PTZ) – głównie autobusy i transport szynowy. Przykładowo, niewystarczający dostęp do PTZ, może w szczególności utrudniać dostęp do publicznej edukacji dzieci i młodzieży [9].

Dr inż. Paweł Żmuda-Trzebiatowski z Politechniki Poznańskiej w swojej pracy definicję **wykluczenia społecznego związanego z transportem** opiera o brytyjskie badanie

przeprowadzone przez Eda Bayazita [10], określając je jako: „utratę zdolności (przez ludzi lub gospodarstwa domowe) do nawiązania połączeń z miejscami pracy lub usług, które to połączenia są niezbędne do pełnego uczestnictwa w społeczeństwie” [11].

Rozważając wcześniej wymienione obszary wykluczenia społecznego z perspektywy transportu, można dojść do wniosku, że wykluczenie transportowe może przyczyniać się do zaistnienia wykluczenia społecznego we wszystkich obszarach poprzez brak możliwości dojazdu w różnych celach podróży (por. Tabela 2) lub powrotu z tych miejsc.

Tabela 2. Przykłady wykluczenia transportowego pogłębiającego obszary wykluczenia społecznego

Obszar wykluczenia społecznego	Przykład wykluczenia transportowego pogłębiającego obszar wykluczenia społecznego
Polityczny	Brak możliwości dojazdu do: obwodowej komisji wyborczej (by oddać głos w wyborach), siedzib władz lub rady JST, miejsca prowadzenia konsultacji społecznych
Instytucjonalny	Brak możliwości dojazdu do: urzędu, sądu lub służb publicznych
Ekonomiczny	Brak możliwości dojazdu do: miejsca pracy lub potencjalnego miejsca pracy
Spółeczny	Brak możliwości dojazdu do: rodziny, przyjaciół lub znajomych (w szczególności brak możliwości powrotu do domu, np. o późnej porze)
Otoczenie i sąsiedztwo	Brak możliwości dojazdu do usług lokalnych Budowa drogi szybkiego ruchu / linii kolejowej, dzielącej obszar na dwie części
Jednostkowy	Brak możliwości dojazdu do: szkoły, uczelni, miejsc wypoczynku, miejsc aktywności fizycznej, miejsc kultury, miejsc religii, przychodni zdrowia, lekarza, na cmentarz
Przestrzenny	Brak możliwości dojazdu do: osiedli zamieszkiwanych przez marginalizowane grupy społeczne (getta/enklawy)
Grupowy	Brak możliwości odbycia podróży przez np. osoby niepełnosprawne, obcokrajowców; trudność w odbyciu podróży przez np. osoby starsze, kobiety w ciąży, dzieci i młodzież

Źródło: opracowanie własne

Transport może nie tylko pogłębiać wykluczenie społeczne, ale też przyczyniać się do dyskryminowania określonych grup osób, poprzez odmienną dostępność. Tak jest w przypadku osób starszych lub niepełnosprawnych, gdy niedostosowane są pojazdy lub infrastruktura do ich obsługi. Osobę o takich cechach nazywa się osobą o ograniczonej mobilności (z języka angielskiego PRM – *person with reduced mobility*) [12]. Dyskryminacja

obcokrajowców w transporcie może natomiast wynikać z zapewnienia informacji dla kierowców lub pasażerów wyłącznie w języku ojczystym, bez uwzględnienia innych języków, którymi może posługiwać się określony odsetek mieszkańców kraju.

W celu zapobiegania wykluczeniu politycznemu w Polsce, bezpłatny gminny przewóz trzeba zapewnić wyborcom na podstawie Ustawy z dnia 5 stycznia 2011 r. Kodeks Wyborczy (Dz.U.2025.365 t.j.) [13]. Transport zapewnia wójt gminy, w której w dniu wyborów nie funkcjonuje gminny PTZ lub najbliższy przystanek komunikacyjny oddalony jest o ponad 1,5 km od lokalu wyborczego. Bezpłatny przewóz obejmuje osoby ujęte w spisie wyborców w stałym obwodzie głosowania na terenie danej gminy. Obowiązek dotyczy gmin wiejskich i miejsko-wiejskich. Linia komunikacyjna przewozu musi uwzględniać wszystkie miasta, osiedla, wsie, osady, kolonie i przysiółki położone w obrębie stałego obwodu głosowania. Przystanki muszą być w każdej z tych jednostek, jeśli mieszka tam co najmniej pięciu wyborców ujętych w spisie wyborców w danym obwodzie. W czasie głosowania muszą odbyć się co najmniej dwa pełne kursy, w odstępie co najmniej czterech godzin, liczonych od momentu zakończenia kursu. Zadanie to może być realizowane przez więcej niż jedną gminę w ramach porozumień międzygminnych. Środki na realizację przewozów zapewnia wojewoda, na podstawie katalogu zadań administracji rządowej zleconych gminie [14].

W projekcie Gospostrateg T-Included „Analiza skali wykluczenia komunikacyjnego na obszarze Polski wraz z rekomendacjami zmian legislacyjnych w kontekście publicznego transportu zbiorowego” wyróżniono dwa rodzaje wykluczenia związanego z mobilnością mieszkańców: wykluczenie transportowe i wykluczenie komunikacyjne, będące szczególną formą tego pierwszego [1]:

„Wykluczenie transportowe to zjawisko ograniczenia możliwości uczestniczenia w życiu społecznym, gospodarczym, politycznym i korzystania z podstawowych praw na równi z innymi w następstwie braku lub ograniczonej dostępności do systemu transportowego i możliwości przemieszczania się.

Wykluczenie komunikacyjne to zjawisko ograniczenia możliwości uczestniczenia w życiu społecznym, gospodarczym, politycznym i korzystania z podstawowych praw na równi z innymi w następstwie braku lub ograniczonej dostępności do podstawowych usług publicznego transportu zbiorowego” [15].

Zagadnienia dostępu do środków transportu indywidualnego i publicznego są ze sobą powiązane. Nie posiadając transportu indywidualnego, mieszkaniowiec może mieć dostęp do

transportu publicznego. Jednak nie posiadając dostępu do transportu publicznego, może w ogóle nie mieć dostępu do transportu, a w efekcie do potencjalnych celów swoich podróży.

W niniejszej pracy skupiono się na zjawisku wykluczenia komunikacyjnego (WK), mając na uwadze kwestie związane z publicznym transportem zbiorowym (PTZ).

1.2.2. Literatura anglojęzyczna

W źródłach anglojęzycznych wykluczenie komunikacyjne lub szerzej wykluczenie transportowe w szczególności znajduje swoje umiejscowienie w badaniach z Wielkiej Brytanii, Australii i Stanów Zjednoczonych. W tym kontekście pojawiają się pojęcia dotyczące wykluczenia społecznego w oparciu o: mobilność, transport i środki transportu.

Mobility divide (wykluczenie z mobilności) przedstawiane jest jako brak możliwości przemieszczania się obywatela określonego kraju do innego kraju, np. w celu podjęcia pracy. Wykluczenie to wiąże się z takimi zagadnieniami, jak: „siła” paszportu określonego kraju (liczba krajów, do których można podróżować na jego podstawie), ruch bez- i wizowy, mobilność obywateli krajów OECD i pozostałych, globalne wykluczenie mobilności [16].

Mobility gap (luka w mobilności) to różnica pomiędzy standardowym, długookresowym zachowaniem statystycznego przedstawiciela społeczeństwa, a zmianami wynikającymi z określonych zjawisk lub przynależności do wybranych grup społecznych. Przykładowo luka w mobilności wyznaczana była w następstwie chorób zakaźnych, np. pandemii COVID-19 [17], a w USA zastanawiano się jak bogactwo rodziców wpływa na lukę w mobilności osób różnej rasy [18]. Lukę w mobilności można wyznaczać też w kontekście wykluczenia komunikacyjnego, porównując możliwości osoby wykluczonej i niewykluczonej.

Transport desert (pustynia transportowa) opisywana jest w literaturze brytyjskiej jako miejscowość nieodpowiednio obsługiwana przez transport publiczny, który z dużym prawdopodobieństwem ogranicza wybory i możliwości ludzi na jej terenie mieszkających. Pustynia transportowa wyklucza osoby, które nie mają dostępu do samochodu, najczęściej osoby młode, starsze, niepełnosprawne i grupy o niskich dochodach. Przeciwnością pustyni transportowej jest ***transport oasis*** (oaza transportowa), mianem której określane są obszary z najlepszymi połączeniami komunikacyjnymi [19]. W Polsce w kontekście pustyni transportowych najczęściej używane określenie to „**biała plama transportowa**” [20].

Transport discrimination (dyskryminacja transportowa) pojawia się w kontekście usług publicznego transportu zbiorowego i ich dostępności dla osób o ograniczonej

mobilności, w szczególności osób z niepełnosprawnością. W niektórych krajach wprowadzono krajowe prawo (np. w Wielkiej Brytanii *Equality Act* – Ustawa o równości z 2010 r.), która zobowiązuje podmioty zajmujące się PTZ do zapewnienia warunków przewozu niedyskryminujących osoby o ograniczonej mobilności [21]. W Stanach Zjednoczonych na podobne zjawisko używa się określenia **transport isolation** (izolacja transportowa) [22].

Transport exclusion (wykluczenie transportowe) łączone jest z *social exclusion* (wykluczeniem społecznym) i stanowi odpowiednik dla pojęć stosowanych w Polsce. Naukowcy stwierdzają, że zwiększanie dostępu jednostki lub grupy osób do aktywności i usług wymaga walki z ich ograniczeniami na obu krańcach podróży oraz ulepszeń w systemie transportowym [23]. W literaturze pojawiają się też analogiczne do powyższego określenia **transport-based social exclusion** [24] oraz **transport-related social exclusion** [25] (wykluczenie społeczne związane z transportem lub bazujące na transporcie).

Transport inclusion (włączenie transportowe) to z kolei realizacja inkluzywnej polityki transportowej, w której równość transportowa (**transport equity**) stanowi podstawową koncepcję dystrybucji zasobów, tak aby mieszkańcy znajdujący się w niekorzystnej sytuacji mogli przezwyciężyć ograniczenia osobiste i dotyczące zasobów w dostępie do transportu, zapewniając sobie podstawowe umiejętności niezbędne do przetrwania i rozwoju osobistego, na równi z innymi [26].

Transport disadvantage (upośledzenie transportowe) wskazywane jest jako czynnik prowadzący do wykluczenia społecznego. W każdym społeczeństwie istnieją grupy osób, które doświadczają trudności w przemieszczaniu się do swoich celów podróży lub w korzystaniu z systemu transportowego. Osoba może być upośledzona transportowo, jeśli system transportowy ogranicza jej pewne aspekty życia np. wybór miejsca, w którym może zamieszkać, lub w którym może pracować albo uczyć się, lub wybór miejsca i czasu, w którym może ona uczestniczyć w wybranych aktywnościach [24].

Transport poverty (ubóstwo transportowe) to pojęcie określone na poziomie Unii Europejskiej jako brak adekwatnych usług transportowych, zapewniających dostęp do usług ogólnych lub pracy, i możliwości zapłaty za te usługi. Wyróżnia się 5 podstawowych elementów ubóstwa transportowego: brak usług transportowych (np. niska częstość kursowania PTZ), brak dostępności transportu (dla PRM), niska przystępność cenowa, zbyt długi czas podróży i nieadekwatne warunki podróży (nieużyteczny, zawodny, niebezpieczny transport) [27]. Rozporządzenie w sprawie Społecznego Funduszu Klimatycznego zawiera

pełną definicję ubóstwa transportowego. To niezdolność „osób i gospodarstw domowych do pokrycia kosztów transportu prywatnego lub publicznego, lub trudności w tym zakresie, lub brak dostępu lub ograniczony dostęp dla tych osób lub gospodarstw domowych do transportu niezbędnego, by mieć dostęp do podstawowych usług i czynności społeczno-gospodarczych, z uwzględnieniem kontekstu kraju i przestrzeni” [28]. Podobną definicję ubóstwa transportowego opisał prof. John Stanley z Uniwersytetu w Sydney: „sytuacja, w której doświadczają się niedoboru transportu i ogranicza to dostęp do towarów, usług i relacji” [29].

Transport justice (sprawiedliwość transportowa) pojawia się w literaturze amerykańskiej, na tle sprawiedliwości rasowej. Naukowcy obserwowali spadek wykorzystania samochodu przez młodych białych mieszkańców miast w USA w kontekście zmieniających się wzorców suburbanizacji, ubóstwa, gentryfikacji centrów oraz zmagania o dostęp do PTZ [30].

Forced Car Ownership (wymuszone posiadanie samochodu) to zjawisko, mogące dotknąć osoby starsze czy bezrobotne, w sytuacji, gdy ci pierwsi uznają, że nie są wystarczająco sprawni by prowadzić pojazd, a ci drudzy ponoszą tego wysokie koszty. Obie grupy decydują się na to by móc zaspokoić podstawowe potrzeby. Wymuszać konieczność posiadania samochodu może też miejsce zamieszkania w obszarach wiejskich lub górzystych, w których władze lokalne nie organizują PTZ. Osoby starsze, szczególnie te mieszkające w odizolowanych miejscach, nie będąc już w stanie korzystać z samochodu z powodów zdrowotnych, mogą być zmuszone do korzystania z autobusu (**forced bus usage**) i zmagają się z niedostatkiem rozkładu jazdy. Zjawisko badano np. w regionie Guarda w Portugalii [31].

1.3. Zapisy w aktach normatywnych i dokumentach strategicznych

1.3.1. Dokumenty unijne

Biała księga transportu (2011) podkreśla potrzebę stworzenia bardziej zrównoważonego systemu transportu w oparciu o powszechnie dostępny PTZ. Zaznacza, że jakość, dostępność i niezawodność usług transportowych będzie coraz ważniejsza, ze względu na starzenie się społeczeństwa w UE. Wśród cech usług PTZ wysokiej jakości określa: atrakcyjny rozkład jazdy, komfort, łatwy dostęp, niezawodność usług i integrację środków transportu. W kontekście jakości i wiarygodności usług zwraca uwagę na prawa pasażerów. Wyróżnia konieczność poprawy PTZ dla osób starszych, o ograniczonej zdolności poruszania się i niepełnosprawnych, podkreślając potrzebę poprawy dostępności infrastruktury [32].

Droga do zautomatyzowanej mobilności: na rzecz mobilności przyszłości (2018)

to komunikat Komisji Europejskiej (KE), w którym wskazuje się, że pojazdy automatyczne mogą pomóc w likwidacji WK, poprzez zwiększenie bezpieczeństwa i dostępności na obszarach peryferyjnych. Obecnie pojazdy tego typu radzą sobie jednak z ograniczoną liczbą sytuacji na drogach przy niskiej prędkości (4 poziom automatyzacji). W niektórych miejscach Europy wdrożono małe busy kursujące wahadłowo na ustalonych trasach lub pojazdy ułatwiające poruszanie się osobom o ograniczonej mobilności. Pojazdy te nadal wymagają nadzoru człowieka lub operują na bardzo krótkich odległościach. Pojazdy autonomiczne są w stanie działać poprawnie w coraz szerszym kontekście, pracować przez dłuższy czas, z większą prędkością i pokonywać większy dystans bez nadzoru człowieka. Brak kierowcy w pojeździe może znacznie obniżyć koszt usługi, a płaca kierowcy ma istotny udział w koszcie wozokilometra. Małe automatyczne pojazdy mogą być lepiej dostosowane do potrzeb określonych grup użytkowników, np. osób z niepełnosprawnością lub starszych [33].

Europejski Zielony Ład (2019) jest najważniejszą strategią determinującą obecnie podejmowane działania w ramach UE i Funduszy Unijnych. Podkreśla się w niej, że droga do zrównoważonego transportu oznacza zapewnienie pasażerom tańszych i bardziej dostępnych usług transportowych. Strategia promuje sprawiedliwość społeczną i równość dostępu. Transport powinien być zapewniany wszystkim obywatelom, w tym osobom z obszarów wiejskich, które do tej pory mogły mieć utrudniony dostęp do PTZ [34].

W **Strategii na rzecz zrównoważonej i inteligentnej mobilności (2020)** podkreśla się, że rozwój nie powinien nikogo pomijać, a mobilność ma być dostępna i przystępna cenowo dla wszystkich. Dotyczy to też lepszego połączenia regionów wiejskich i oddalonych. Są to podstawowe elementy sprawiedliwości społecznej i uczciwej transformacji ekologicznej i cyfrowej. Strategia określa, że należy opracować jaśniejsze wytyczne dotyczące zarządzania mobilnością na szczeblu lokalnym i regionalnym, w tym lepiej planować przestrzeń w miastach oraz połączenia z obszarami wiejskimi i podmiejskimi, tak aby osoby dojeżdżające do pracy miały możliwość wyboru formy transportu. Elementem strategii jest też odpowiednie wykorzystanie transportu na żądanie, taksówek i prywatnych samochodów współdzielonych, by zapewnić pasażerom usługi przy zachowaniu sprawnie funkcjonującego jednolitego rynku europejskiego oraz rozwiązać kwestie społeczne i dotyczące bezpieczeństwa. W strategii zwrócono też uwagę na duży koszt usług mobilności dla osób mających niski dochód rozporządzalny oraz niski dostęp dla osób PRM, a także o niskim poziomie umiejętności informatycznych. Na obszarach wiejskich, peryferyjnych

i w regionach oddalonych, zasadnicze znaczenie przy poprawie dostępu do mobilności ma poprawa połączeń PTZ [35].

Nowe unijne ramy mobilności miejskiej (2021) dotyczą przede wszystkim mobilności w miastach, ale węzły miejskie (miasta powyżej 100 tys. mieszkańców) mają przyczyniać się też do poprawy jakości życia, łączności, przystępności i dostępności usług dla mieszkańców otoczenia: obszarów podmiejskich i wiejskich. W dokumencie wskazano potrzebę rozwoju infrastruktury PTZ, w tym m.in. multimodalnych węzłów przesiadkowych z transportem szynowym (koleją, metrem, tramwajami), autobusowym, usługami mobilności współdzielonej oraz obiektami typu „parkuj i jedź”, w tym parkingami rowerowymi oraz publicznie dostępnymi punktami ładowania i tankowania paliw dla pojazdów nisko- i bezemisyjnych. W czasie projektowania tych wszystkich obiektów należy zwiększyć uwagę na potrzeby osób niepełnosprawnych. KE podkreśliła, że PTZ tworzy miejsca pracy, promuje dostępność terytorialną i włączenie społeczne oraz ma kluczowe znaczenie dla obszarów wiejskich i podmiejskich. W niektórych przypadkach mobilność współdzielona i mobilność na żądanie mogłyby stać się częścią PTZ – zintegrowanego w ramach mobilności jako usługi (MaaS). Zintegrowana oferta wspólnego biletu pomogłaby również połączyć dalekobieżne podróże oraz zwiększyć mobilność osób mieszkających w regionach oddalonych, PRM oraz osób dojeżdżających do pracy z obszarów wiejskich i podmiejskich. Priorytetowo należy traktować rozwiązania innowacyjne, cyfrowe, przystępne, zrównoważone i multimodalne [36].

W Długoterminowej wizji dla obszarów wiejskich UE (2024) podsumowano, że w ramach działań UE zwiększony został nacisk na tworzenie powiązań między obszarami miejskimi i wiejskimi. Nowe plany zrównoważonej mobilności miejskiej powinny przynieść korzyść również mieszkańcom wsi leżących na obrzeżach miast. Ponadto zaplanowano działania mające zapewnić dostęp do infrastruktury osobom z niepełnosprawnościami mieszkającymi na obszarach wiejskich [37].

Wytyczne interpretacyjne do rozporządzenia (WE) nr 1370/2007 dotyczącego usług publicznych w zakresie kolejowego i drogowego transportu pasażerskiego podkreślają, że rozporządzenie implikuje przeciwdziałanie WK poprzez obowiązek świadczenia usług PTZ, które mają charakter zbiorowy i są dostępne na równych zasadach dla wszystkich obywateli. Rekompensaty za świadczenie tych usług mają na celu zapewnienie, że usługi te będą dostępne, nawet jeśli nie są komercyjnie opłacalne. Organizator PTZ, w celu poprawy oferty na poziomie „pierwszej lub ostatniej mili” podróży pasażera, może uzupełnić ofertę regularnych linii o usługi na żądanie. Takie usługi, zazwyczaj świadczone za pomocą pojazdów drogowych, umożliwiają pasażerom rezerwację przejazdów z wykorzystaniem

środków komunikacji elektronicznej lub innych środków komunikacji z myślą o zabranii i wysadzeniu pasażerów, na przystankach PTZ lub pomiędzy tymi przystankami [38].

Dyrektywa 2010/40/UE – Inteligentne systemy transportowe (ITS) oraz Dyrektywa 2023/2661 w sprawie zmiany dyrektywy 2010/40/UE wskazują na rozwiązania ITS, które powinny być interoperacyjne, dostępne na zasadach niedyskryminacyjnych dla wszystkich użytkowników aplikacji i usług. Wśród pierwszych dwóch działań priorytetowych wymieniono konieczność zapewnienia na terenie całej UE usług w zakresie informacji o podróżach i o różnych środkach transportu w czasie rzeczywistym. Zapewnienie interoperacyjności oraz zgodności miejskich i europejskich architektur ITS ma mieć miejsce w oparciu o dostępność danych o PTZ i możliwość planowania podróży [39]. 22 listopada 2023 r. przyjęto dyrektywę 2023/2661, zmieniającą dyrektywę 2010/40/UE. W zapisach dodano wsparcie dla ciągłości usług, która powinna być zapewniona na poziomie sieci transportowych łączących kraje oraz, w stosownych przypadkach, regiony z regionami i miasta z obszarami wiejskimi [40].

Rozporządzenie (UE) nr 181/2011 – Prawa pasażerów transportu drogowego, dotyczy praw pasażerów w transporcie drogowym, w tym autobusów i autokarów. Ma na celu zapewnienie większej dostępności PTZ i zmniejszenie WK. Obejmuje m.in. regulacje dotyczące dostępności pojazdów dla osób o ograniczonej mobilności. Osobom tym nie należy odmawiać transportu ze względu na ich niepełnosprawność lub ograniczenie ruchowe, z wyjątkiem przypadków uzasadnionych względami bezpieczeństwa [41].

Dyrektywa 2019/882/UE – Wymagania dotyczące dostępności produktów i usług, koncentruje się na dostępności, w tym usług transportowych. Ma na celu zapobieganie WK osób o ograniczonej mobilności. W szczególności chodzi o dostosowanie PTZ do potrzeb osób z niepełnosprawnościami oraz osób starszych. Dostępność powinna zostać osiągnięta poprzez systematyczne usuwanie barier i zapobieganie ich powstawaniu, poprzez projektowanie uniwersalne – zapewnienie osobom PRM dostępu do produktów i usług na równi z innymi. Dyrektywa dotyczy zarówno obszarów miejskich, jak i wiejskich [42].

Komunikat Komisji COM(2021) 345: Wizja dla obszarów wiejskich UE, w którym KE wzywa państwa członkowskie i regiony do opracowania strategii zrównoważonej mobilności na obszarach wiejskich. Komisja ma na celu stworzenie „silniejszych, lepiej skomunikowanych, odpornych i zamożnych obszarów wiejskich do 2040 r.”. Wskazuje się konieczność utrzymania i poprawy usług PTZ oraz jego infrastruktury [43].

Zalecenie Komisji (UE) 2025/1021 w sprawie ubóstwa transportowego, w którym przytacza się Zasadę 20 Europejskiego filaru praw socjalnych [44]. Stanowi ona, że każdy ma prawo dostępu do podstawowych usług, w tym transportu. Osoby potrzebujące powinny otrzymywać wsparcie w zakresie dostępu do tych usług. Społeczny Fundusz Klimatyczny ma zapewnić wsparcie na środki i inwestycje transportowe: zachęcanie do korzystania z PTZ, wspieranie podmiotów prywatnych i publicznych, w tym spółdzielni, w rozwoju i zapewnianiu zrównoważonej mobilności na żądanie, usług w zakresie mobilności współdzielonej i aktywnej, ułatwianie dostępu do rowerów i pojazdów o zerowej emisji, rozwój infrastruktury do ich ładowania i tankowania oraz wspieranie rozwoju rynku używanych pojazdów bezemisyjnych.

„Ubóstwo transportowe wynika z niskich dochodów i innych systemowych barier, takich jak brak dostępu do przystępnych cenowo mieszkań w pobliżu miejsca pracy, do placówek edukacyjnych i podstawowych usług, izolacja geograficzna, brak lub ograniczona dostępność PTZ lub prywatnego, a także szczególne cechy społeczno-gospodarcze, demograficzne i fizyczne, które ograniczają zdolność osób do korzystania z usług transportu” [45].

Komisja zaleca państwom członkowskim:

- Opracowanie strategii zwalczania ubóstwa transportowego i zapobiegania mu – włączenie kwestii ubóstwa do istniejących strategii przeciwdziałaniu ubóstwu i strategii sektorowych (np. energetycznych) na szczeblu krajowym i regionalnym,
- Planowanie polityki – określenie wystarczającego poziomu dostępności przystępnego cenowo PTZ w regionach, a także na poziomie lokalnym, państwa członkowskie powinny też wspierać JST na obszarach miejskich i podmiejskich w uwzględnianiu problemu ubóstwa transportowego przy opracowywaniu i wdrażaniu planów zrównoważonej mobilności miejskiej (SUMP) i zachęcać je do tego. Podobne podejście może być zastosowane w regionach wiejskich i oddalonych.
- Kształtowanie polityki – priorytetowe potraktowanie środków adresowanych do osób i gospodarstw domowych najbardziej dotkniętych ubóstwem transportowym, w oparciu o rzetelne oceny skutków dystrybucyjnych środków i polityk [45].

1.3.2. Dokumenty krajowe

Ustawa o publicznym transporcie zbiorowym (2010, tekst jednolity 2023) wprost nie odnosi się do WK, choć tych odniesień można się doszukiwać po dokładniejszej interpretacji jej zapisów. Począwszy od definicji PTZ, która obejmuje „powszechnie

dostępny” regularny przewóz osób. Wykładnia językowa określa, że ustawowe pojęcie „powszechnie dostępny” należy rozumieć jako „dotyczący wszystkich, wszystkiego”, pospolity, masowy, seryjny, popularny [46]. Ustawa wskazuje na konieczność zapewnienia w środkach PTZ rozwiązań technicznych służących zapewnieniu ich dostępności dla PRM. Jednak w tym określeniu nie zawiera się konieczność zapewnienia minimalnej usługi PTZ na obszarach WK. Ustawa zawiera jednak elementy, które mogą wzmacniać WK. Jednym z nich jest fragmentacja rynku organizatorów PTZ, na którym każda JST (gmina, powiat i województwo), związek powiatów lub powiatowo-gminny, metropolia oraz minister właściwy do spraw transportu; mogą pełnić rolę organizatora PTZ. Mnogość organizatorów powoduje skupienie na obsłudze głównych korytarzy i kierunków podróży mieszkańców oraz pogłębianie WK na obszarach peryferyjnych.

Ustawa w definicji PTZ dopuszcza tylko kursy wykonywane w regularny, ustalony w rozkładzie jazdy sposób, tj. o określonych godzinach. Ustawa nie dopuszcza usług nieregularnych, tj. realizowanych na podstawie zgłoszeń pasażerów za pomocą aplikacji mobilnej lub telefonicznie. Linia komunikacyjna musi natomiast obejmować oznaczone miejsca zatrzymania i wymiany pasażerskiej, tj. przystanki. Tymczasem transport na żądanie (ang. *Demand-Responsive transport*, DRT) może funkcjonować w bardziej elastycznych ramach obszarowych lub czasowych, tj. np. w formie pomiędzy adresami, przystankami, jako linia autobusowa z kursami na zamówienie lub ze zmianą trasy kursu na zamówienie. W różnych formach funkcjonują już systemy DRT w Hiszpanii (hiszp. *Transporte a la demanda* [47]) i kilku innych krajach Europy (np. Niemcy, Włochy). W Polsce taka usługa funkcjonuje w Krakowie pod nazwą Tele-bus (ustalona sieć przystanków i ulic oraz ramy godzinowe funkcjonowania usługi), jednak wiele samorządów obawia się uruchamiania usługi wprost niezdefiniowanej w ustawie o PTZ, mimo chęci realizacji takich przewozów (np. gmina Szemud w woj. pomorskim [48]). Transport na żądanie mógłby sprawdzić się w szczególności na obszarach peryferyjnych zagrożonych WK [49].

Ustawa o samorządzie gminnym (1990, tj. 2024) wśród podstawowych zadań gminy określa „zaspokajanie zbiorowych potrzeb wspólnoty, w szczególności zadania własne obejmują sprawy lokalnego transportu zbiorowego”. Dodatkowo określa też, że zadaniami użyteczności publicznej są zadania własne gminy, których celem jest bieżące i nieprzerwane zaspokajanie zbiorowych potrzeb ludności w drodze świadczenia usług powszechnie dostępnych [50]. **Ustawa o samorządzie powiatowym (1998, tj. 2024)** wskazuje natomiast, że powiat odpowiada za zadania publiczne o charakterze ponadgminnym w zakresie

transportu zbiorowego [51]. Ustawy wprost jednak nie zobowiązują władz lokalnych do walki z WK.

Ustawa o transporcie drogowym (2001, tekst jednolity 2024) definiuje przewóz regularny, czyli publiczny przewóz osób w określonych odstępach czasu i po określonych trasach, a także linie komunikacyjne jako trasy, którymi odbywa się przewóz osób. Znaczenie ma również pojęcie przewozu okazjonalnego, który może stanowić uzupełnienie systemu transportowego. W dokumencie przewidziane są regulacje dotyczące pomocy osobom PRM na dworcach. Określone są zasady ochrony praw pasażerów, co obejmuje m.in. obowiązki przewoźników w zakresie dostępności. Ustawa określa zasady uzyskiwania licencji na transport drogowy, wpływając na dostępność usług transportowych. Przewidziane są też wydawane przez urząd zezwolenia na wykonywanie przewozów, co wpływa na liczbę operatorów lub przewoźników w danym regionie. Choć ustawa reguluje kwestie transportu drogowego, nie zawiera odniesień do WK [52].

Ustawa o uprawnieniach do ulgowych przejazdów PTZ (1992, tekst jednolity 2024) określa zasady przyznawania ulg dla różnych grup społecznych, takich jak dzieci, młodzież, osoby niepełnosprawne czy studenci. Celem ulg jest zwiększenie dostępu do PTZ dla wybranych grup. Obecne przepisy mogą jednak utrudniać tworzenie zintegrowanych systemów taryfowo-biletowych w Polsce, co może wzmacniać zjawisko WK. Ustawa przewiduje różne poziomy ulg (np. 100%, 95%, 78%, 51%, 49%, 37%) w zależności od kategorii uprawnionych osób oraz środka transportu (kolej, autobus) i typu połączenia (osobowe, pospieszne, ekspresowe). Inny poziom ulg stosowany jest też w komunikacji miejskiej (głównie 50% i 100%) i nie jest refundowany z budżetu państwa. Taka złożoność utrudnia ujednolicenie taryf w ramach tzw. wspólnego biletu. Zróżnicowane ulgi wymagają skomplikowanych mechanizmów rozliczeń finansowych między organizatorami PTZ a przewoźnikami [53]. Brak zintegrowanych systemów może skutkować mniejszą efektywnością sieci transportowej, co szczególnie dotyczy mieszkańców obszarów peryferyjnych, którzy w drodze do swoich celów podróży wykorzystują kilka środków transportu.

Sejm w 2019 r. uchwalił **Ustawę o Funduszu rozwoju przewozów autobusowych o charakterze użyteczności publicznej (2019, tekst jednolity 2024)**, dalej w skrócie FRPA. FRPA jest państwowym funduszem celowym, a jego dysponentem – minister właściwy do spraw transportu (obecnie Minister Infrastruktury). Organizator PTZ może uzyskać ze środków Funduszu dopłatę po zawarciu umowy z właściwym wojewodą. Dopłata następuje

do wozokilometra przewozu autobusowego [54]. Fundusz stał się w Polsce podstawowym narzędziem do przeciwdziałania WK. W 2023 r. samorządy wnioskowoły o uruchomienie 6 347 nowych linii komunikacyjnych w całym kraju. Na ten cel przeznaczono 773 mln zł z FRPA, co oznaczało rozdysponowanie 97% zagwarantowanych na ten cel środków [55].

Wojewoda, rozpatrując wniosek o dofinansowanie, bierze pod uwagę m.in.:

„– realizację potrzeb osób niepełnosprawnych oraz osób o ograniczonej zdolności ruchowej w zakresie dostępu do przewozów na liniach komunikacyjnych w przewozach autobusowych o charakterze użyteczności publicznej, dla których organizator złożył wniosek;

– zapewnienie dostępności komunikacyjnej terenów objętych przedsięwzięciami lub inwestycjami powiązanymi z przedsięwzięciem infrastrukturalnym, o których mowa w ustawie z dnia 8 grudnia 2006 r. o finansowym wsparciu niektórych przedsięwzięć mieszkaniowych.”

Ponadto, nie wspomina się w Funduszu wprost o WK, choć premiuje się uruchamianie nowych linii. „Nowe linie” w praktyce oznaczały dodawanie przystanków na trasach istniejących połączeń, powodując przedłużenie ich tras o kilkaset metrów oraz dodanie nowych przystanków, kwalifikując je do nazwania nową linią [56]. Dzięki mechanizmowi dopłat i pomocy finansowej przeznaczonej dla organizatorów PTZ, 4 764 miejscowości uzyskało połączenia autobusowe. 1 497 284 mieszkańców tych miejscowości uzyskało możliwość skorzystania z PTZ, a Fundusz określono jako narzędzie do walki z WK [57].

Strategia Zrównoważonego Rozwoju Transportu do 2030 roku to najważniejszy dokument strategiczny dotyczący rozwoju transportu w Polsce. Zauważa problem WK wskazując, że „wiele mniejszych miast i obszarów wiejskich dotyka problem trudności z dostępem do wysokiej jakości usług publicznych, takich jak opieka zdrowotna, edukacja czy PTZ”. Dokument określa, że w sytuacji dobrej dostępności transportowej można byłoby zaktywizować dziś niewykorzystane zasoby kapitału ludzkiego, które pozwoliłyby zniwelować bariery w rozwoju przedsiębiorczości i mobilności na rynku pracy. Ograniczone są więc możliwości aktywizacji mieszkańców terenów o wysokim bezrobociu, gorszej dostępności do różnorodnych placówek edukacyjnych, urzędów czy ośrodków zdrowia. W diagnozie stanu przewozów autobusowych wskazuje się na ich regres w Polsce, co prowadzi do postępującego wykluczenia społecznego mieszkańców obszarów wiejskich. Zwiększa to wykorzystanie transportu indywidualnego, co nasila ruch drogowy również w miastach. Regres PTZ jest szczególnie dotkliwy dla mieszkańców obszarów wiejskich, którzy są pozbawieni możliwości korzystania z samochodów – osób mniej majątnych,

o ograniczonej sprawności, w podeszłym wieku oraz dzieci i młodzieży. Wśród pomysłów na poprawę sytuacji zdefiniowano niezbędne zmiany w systemie finansowania PTZ na terenach wiejskich poprzez m.in. wprowadzenie minimalnych standardów obsługi z jasnym podziałem zadań między JST, rewizję finansowania oraz warunków organizacji transportu na obszarach pozamiejskich, w tym wiejskich (np. inwestycje w tabor) czy też integrację przewozów szkolnych z przewozami w ramach otwartych usług publicznych. W oparciu o Centralny Port Komunikacyjny (CPK) planuje się budowę wielogałęziowej (węzły miejskie, kolej, drogi, żegluga śródlądowa i morska, porty lotnicze i morskie), zintegrowanej i uzupełniającej się sieci transportowej. Miałoby to pozwolić zlikwidować WK. Cel ten wskazywany jest zarówno z zakresu polityki społecznej, jak i gospodarczej [58]. Należy jednak krytycznie odnieść się do tego, że sieć dalekobieżna miałaby doprowadzić do likwidacji WK. Problem dotyczy w szczególności obszarów peryferyjnych, które nie mają dostępu do jakiegokolwiek PTZ lub do np. 2 kursów na dobę, a szybki pociąg między Wrocławiem i Warszawą nie rozwiązuje problemów codziennych dojazdów.

Krajowa Strategia Rozwoju Regionalnego do 2030 roku (2019), w której diagnozuje się, że „Polska powiela obecnie występującą w wielu zamożniejszych państwach tendencję do uzależniania się od samochodów”. Sprzyja temu proces niekontrolowanej suburbanizacji i wynikająca z niego konieczność codziennych dojazdów samochodem do miejsc pracy czy edukacji na co raz większe odległości. Niewystarczający PTZ funkcjonuje w znacznej liczbie gmin wiejskich i miejsko-wiejskich. Wynika to najczęściej z niskiej efektywności połączeń, w szczególności na obszarach o małej gęstości zaludnienia i znacznie rozproszonej zabudowy. Słabo rozwinięta jest infrastruktura transportowa, to jedno z największych ograniczeń rozwoju obszarów wiejskich. Równocześnie podkreśla się, że niewystarczająco rozwinięty PTZ, nie zachęca do rezygnacji z samochodu osobowego [59].

Krajowy Plan Odbudowy i Zwiększania Odporności (2022) w komponencie E: Zielona, inteligentna mobilność; zakłada wzrost wykorzystania transportu przyjaznego dla środowiska. Elementem reformy jest wsparcie dla transportu pozamiejskiego m.in. poprzez zwiększenie liczby linii autobusowych wspieranych przez FRPA i dofinansowania do zakupu pojazdów do obsługi PTZ na terenach WK. W ramach Planu zakładano zakup 579 autobusów zero- i niskoemisyjnych, natomiast sam zakup taboru nie przesądza o jego efektywnym wykorzystaniu. Kryteria dla pierwszego naboru obejmowały m.in. wsparcie dla obszarów WK, promowanie projektów integrujących sieci połączeń (transport kolejowy z miejskim i autobusowym pozamiejskim) czy dodatkowe punktowanie taboru obsługującego nowo

utworzone linie autobusowe wsparte ze środków FRPA. Horyzont czasowy realizacji programu zostanie zamknięty wraz z końcem sierpnia 2026 r. [60]. Zakup drogich autobusów elektrycznych z funduszy unijnych do obsługi połączeń szkolnych (o małym kilometrażu dziennej pracy) budzi jednak wątpliwości (por. Rysunek 1). Tabor tego typu efektywność ekonomiczną zapewnia przy rocznym przebiegu ponad 70 tys. kilometrów, nieosiągalnym w obsłudze kursów szkolnych i wynajmów.

Rysunek 1. Autobus elektryczny jako autobus szkolny



Źródło: opracowanie własne, 2024

Polska obecnie wydatkuje fundusze z perspektywy 2021-2027, do rozliczenia do końca 2030 roku. Główny programem realizowanym na terenie kraju jest **Program Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko 2021-2027 (FENIKS)**. Celem Programu jest poprawa warunków rozwoju kraju poprzez budowę infrastruktury technicznej i społecznej zgodnie z założeniami rozwoju zrównoważonego, poprzez obniżenie emisyjności gospodarki, transformację w kierunku gospodarki przyjaznej środowisku i o obiegu zamkniętym; budowę efektywnego i odpornego systemu transportowego o najniższym możliwym negatywnym wpływie na środowisko naturalne i dokończenie realizacji odcinków sieci bazowej TEN-T do roku 2030. Program zwraca uwagę na problem „wykluczenia transportowego osób bez aut”. Polityka zrównoważonego rozwoju powinna umożliwić wyrównywanie szans rozwojowych osób i przedsiębiorców niezależnie od ich miejsca zamieszkania i funkcjonowania. Jednym z elementów tych działań ma być poprawa skomunikowania słabiej dostępnych obszarów. „Wymaga to budowy i podniesienia jakości istniejącej infrastruktury w Polsce, z powiązaniem między różnymi gałęziami transportu i innymi generatorami ruchu, co poprawi dostępność do podstawowych usług (ograniczy WK)”. W celu poprawy spójności komunikacyjnej i ograniczenia WK, Program zakłada budowę nowych i modernizację istniejących linii kolejowych oraz dróg krajowych, w tym obwodnic miast [61]. Niestety w programie dominuje podejście infrastrukturalne, natomiast

ogromnym problemem PTZ w Polsce jest brak finansowania na realizację usług (eksploatację). W tym zakresie fundusze unijne nie mogą być lokowane.

Rządowy program budowy lub modernizacji przystanków kolejowych 2021-2025 zakłada rewitalizację, modernizację oraz odbudowę i budowę linii kolejowych, a także punktowej infrastruktury pasażerskiej. Obejmuje on budowę 200 przystanków kolejowych w Polsce. Mają one ułatwić korzystanie z transportu kolejowego, zwiększając jego dostępność poprzez uzupełnienie lokalnej i regionalnej punktowej infrastruktury pasażerskiej. Zapewni to dostęp do komunikacji wojewódzkiej i dalekobieżnej, poprawi też wewnętrzną spójność komunikacyjną regionów kraju. Program określono jako narzędzie do redukcji WK [62].

Program Uzupełniania Lokalnej i Regionalnej Infrastruktury Kolejowej – Kolej + do 2029 roku (2019, aktualizacja 2022) zakładał połączenie transportem kolejowym miast wojewódzkich z miejscowościami liczącymi powyżej 10 tys. mieszkańców, które nie miały dostępu do kolei. Zakładał też uzupełnianie sieci kolejowej o nowe linie, zapewniające dostęp do komunikacji lokalnej, jak i regionalnej. Autorzy programu stwierdzają, że brak dostępu do kolei w miejscowościach przyczynia się do pogłębiania WK tych miejscowości oraz ich depopulacji. Ze względu na prowadzenie niewłaściwej polityki przestrzennej w gminach (np. brak planów zagospodarowania przestrzennego, możliwości szybkiego dojazdu w ramach istniejącej komunikacji drogowej, zbyt szybka ekspansja rozbudowy osiedli mieszkaniowych), brak optymalnego skomunikowania kolejowego centrów miast i miejscowości (np. stacja poza centrum miasta lub brak łącznicy), nie będą one mogły w przyszłości wykorzystać swojego potencjału, jakim jest bliskość położenia przy aglomeracjach miejskich [63].

Celem **Programu rządowego Dostępność Plus 2018-2025 (2018)** było zapewnienie swobodnego dostępu do dóbr, usług oraz udziału w życiu społecznym i publicznym osób o szczególnych potrzebach. Dotyczył 8 obszarów: architektura, transport, edukacja, służba zdrowia, cyfryzacja, usługi, konkurencyjność i koordynacja. Przewidywał granty na finansowanie usług transportu typu „od drzwi do drzwi” dla 150 jednostek samorządowych. Preferencyjnie oceniane były projekty składane przez gminy wiejskie i miejsko-wiejskie [64].

1.3.3. Dokumenty regionalne i lokalne

Do podstawowych dokumentów regulujących rozwój publicznego transportu zbiorowego na poziomie regionalnym i lokalnym należą:

- regionalne plany i studia transportowe (województwo),

- plany zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego (wojewódzkie, powiatowe, gminne, metropolitalne lub związków i porozumień JST),
- plany zrównoważonej mobilności miejskiej (miejskie obszary funkcjonalne (MOF)).

Szczegółowe zapisy dokumentów na szczeblu MOF zostały opisane w rozdziale 2.3 (Wykluczenie komunikacyjne w planach mobilności), natomiast poniżej scharakteryzowano inne zidentyfikowane przykłady dokumentów lokalnych.

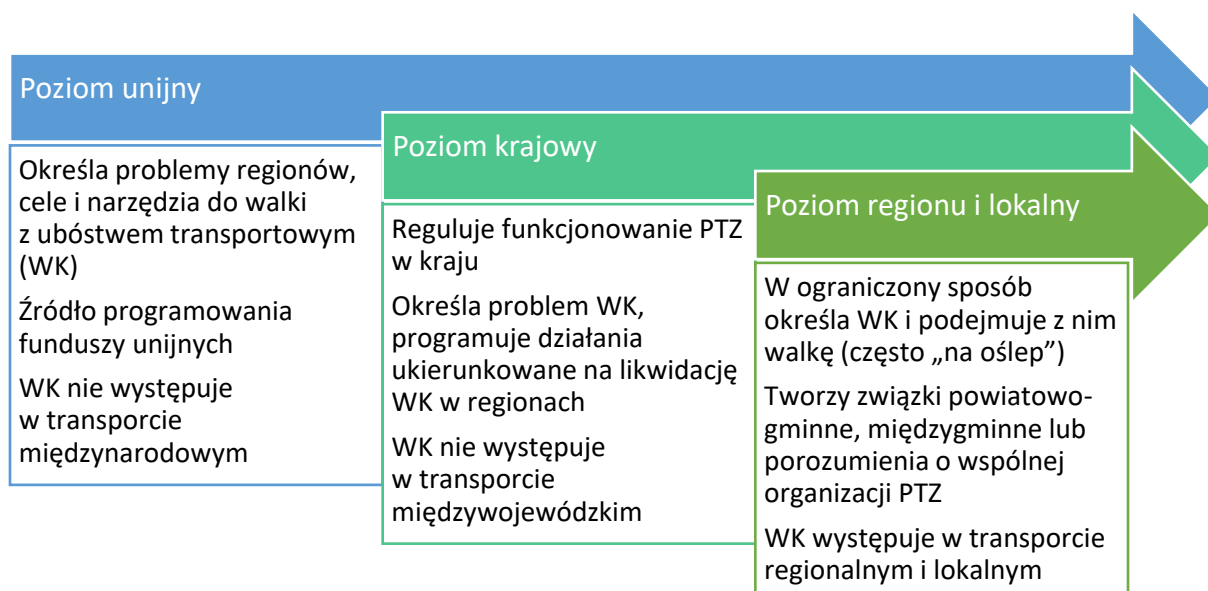
Związki powiatowo-gminne stały się w Polsce jednym z narzędzi walki z WK dzięki integracji funkcji organizatora PTZ wielu gmin i powiatów w ramach jednego organu. Przykładem takiego organizatora jest **Beskidzki Związek Powiatowo-Gminny** (Statut z 2022 r.), zawiązany przez powiat bielski oraz 10 gmin z powiatu bielskiego (województwo śląskie) oraz gminę Kęty z powiatu oświęcimskiego (województwo małopolskie). To też ciekawy przykład współpracy JST z dwóch sąsiadujących województw. Związek może też wykonywać zadania w zakresie PTZ poza swoim obszarem, na podstawie odrębnych porozumień. Statut szczegółowo reguluje organizację i zarządzanie Związkiem, finansowanie jego działalności oraz zadania związane z organizacją PTZ, a także zawiera zapisy mające na celu przeciwdziałanie WK na obszarze działania Związku. Związek posiada dwa główne organy: Zgromadzenie oraz Zarząd. Zgromadzenie składa się z reprezentantów powiatu i gmin członkowskich, a Zarząd jest organem wykonawczym odpowiedzialnym za realizację uchwał Zgromadzenia oraz bieżące zarządzanie. Dochody Związku pochodzą m.in. ze składek członkowskich, dochodów z majątku, wpłat od uczestników Związku oraz innych dochodów.

Uczestnicy Związku ponoszą koszty wspólnej działalności poprzez wnoszenie składek na obsługę organów Związku oraz wpłat na finansowanie PTZ. Wysokość wpłat określa się proporcjonalnie do liczby wykonywanych wozokilometrów. Wśród zadań związku znajduje się opracowanie planu zrównoważonego rozwoju PTZ, badania i analizy potrzeb przewozowych, zawieranie umów na świadczenie usług transportowych, ustalanie opłat za przewóz oraz nadzór nad funkcjonowaniem PTZ. PKS w Bielsku-Białej S.A., podmiot wewnętrzny, w którym Związek posiada 100% udziałów, realizuje zadanie operatora PTZ. Działalność Związku obejmuje m.in. badanie i analizę potrzeb przewozowych oraz dokonywanie zmian w przebiegu istniejących linii komunikacyjnych, co ma na celu zapewnienie dostępu do PTZ mieszkańcom powiatu i wszystkich gmin Związku. Organizowanie spotkań międzygminnych w celu konsultacji dotyczących rozkładów jazdy oraz optymalizacja sieci połączeń ma również na celu przeciwdziałanie WK [65].

Analizie poddano też **Porozumienie w sprawie przekazania Związkowi Gmin PKS w Rzeszowie zadania polegającego na organizowaniu i zarządzaniu PTZ na liniach wkraczających na teren Powiatu Ropczycko-Sędziszowskiego (2021)**. Dokument szczegółowo określa zasady organizacji i zarządzania PTZ, finansowanie oraz obowiązki stron, mające na celu zapewnienie sprawnego funkcjonowania PTZ w powiecie ropczycko-sędziszowskim. Uregulowania finansowe związane z przekazanym zadaniem miały być określone w odrębnej umowie. Powiat zastrzegł sobie prawo do kontrolowania i oceny realizacji zadań. Dokument pośrednio odnosi się do problemu WK poprzez zapewnienie funkcjonowania PTZ na liniach komunikacyjnych wkraczających na teren powiatu. Uwzględnienie potrzeb PRM jest istotnym elementem tego porozumienia [66].

Wszystkie zdefiniowane poziomy aktów prawnych oraz dokumentów strategicznych zawierają odniesienia do WK. Na poziomie unijnym kreowane są polityki i cele strategiczne, które następnie przenoszone są na poziom krajowy (Polski), a także podkreśla się w nich znaczenie społeczne tego zjawiska. Działania w kierunku ograniczenia WK podejmuje się na poziomie programów krajowych dotyczących rozwoju infrastruktury kolei czy wsparcia przewozów autobusowych oraz zakupu taboru i infrastruktury paliw alternatywnych czy ładowania; także na poziomie regionalnym i lokalnym (por. Rysunek 2).

Rysunek 2. Umiejscowienie WK w aktach prawa i dokumentach strategicznych



Źródło: opracowanie własne

1.4. Czynniki wpływające na wykluczenie komunikacyjne

W zbadanej literaturze czynniki wpływające na WK skupiały się wokół dwóch kategorii uwarunkowań: ze strony organizatora (możliwość zapewnienia PTZ) lub pasażera (możliwość skorzystania z PTZ przez pasażera). W tych dwóch kontekstach przeanalizowano więc czynniki wpływające na wykluczenie komunikacyjne.

Stan WK w Polsce i jego konsekwencje już wielokrotnie opisywany był przez reportażystów (m.in. Olga Gitkiewicz – „Nie zdążę” [67], Karol Trammer – „Ostre cięcie. Jak niszczo polską kolej” [68]). Olga Gitkiewicz streszczając swój reportaż wymienia liczby – „prawie 14 milionów ludzi w Polsce doświadcza WK. Średni wiek polskich wagonów to 25 lat. Do więcej niż 20% sołectw nie dociera żaden PTZ. W 1989 roku polską koleją podróżowało miliard pasażerów rocznie. Dziś (czyli w 2019 r.) o 700 milionów mniej”, ale ocenę społeczną zjawiska lepiej oddają słowa: „Halina nie ma prawa jazdy, więc rzadko wychodzi z domu. Grażyna jechała pociągiem, który się palił. Mieszkańcy Raszków ukradli pociąg prezydentowi Lubina. W Łubkach bus nie przyjechał, bo kierowca musiał obejrzeć mecz”. Słowa te podkreślają istotę tematu WK dla funkcjonowania społeczeństwa (w wymiarze poszczególnych osób) w Polsce oraz czynniki podażowo-popytowe wpływające na to zjawisko.

W latach 1993-2016 pozamiejski regularny transport autobusowy stracił prawie 3/4 klientów, przy spadku oferty o ok. 50%. Gminy, w których nie istnieje organizowana przez samorząd komunikacja lokalna zamieszkiwało w 2018 r. szacunkowo ok. 13,8 mln osób, co wynikało z analizy Klubu Jagiellońskiego [69]. Cechy te wskazują na połączenie i współzależność popytu (funkcji liczby pasażerów) i podaży (funkcji pracy eksploatacyjnej-liczby wozokilometrów), wpływających na WK. Silna zależność rocznej liczby przewożonych pasażerów od pracy eksploatacyjnej została opisana przez dr hab. Michała Wolańskiego, prof. SGH, w zakresie komunikacji miejskiej w perspektywie finansowej 2007-2013 [70]. Podobnej zależności można spodziewać się w komunikacji pozamiejskiej.

W literaturze naukowej wyróżnia się zarówno aspekty popytowe, związane z charakterystyką użytkowników (np. ich dochodem, potrzebami transportowymi, możliwościami fizycznymi, obszarem zamieszkania itd.), jak i aspekty podażowe, odnoszące się do oferty i organizacji transportu (np. infrastruktury, rozkładu jazdy, operatorów itd.).

1.4.1. Uwarunkowania popytowe wpływające na wykluczenie komunikacyjne

Aspekt popytowy skupia się na mieszkańcu, którego dotyczy WK, za sprawą braku, niezdolności lub ograniczonej możliwości aktywnego uczestnictwa w życiu społecznym w oparciu o przemieszczanie się PTZ. Należy się więc tutaj zastanowić, jakie czynniki związane z mieszkańcem mogą powodować, że nie może korzystać z PTZ. WK może być różnicowane w obszarach – miejskim, podmiejskim i wiejskim – oraz w grupach społecznych, np. biorąc po uwagę pochodzenie etniczne, płeć, cykl i styl życia mieszkańców [25].

Naukowcy próbują definiować obszary, które są lub mogą być objęte WK. W poradniku tematycznym Polsko-Szwajcarskiego Programu Rozwoju Miast dotyczącym PTZ wskazano, że WK dotyczy w szczególności obszarów wiejskich oraz terenów peryferyjnych w obrębie miast. W projekcie tym uznano, że obszar WK znajduje się w odległości miejsca zamieszkania od najbliższego przystanku PTZ większego niż 600 m w obszarze miejskim i 1,5 km w obszarze pozamiejskim [71]. Definicja ta już na pierwszy rzut oka wydaje się dyskusyjna, ponieważ czy w miastach, gdy nie będzie innej możliwości, mieszkaniec zrezygnuje z dojazdu na przystanek, np. 700 m, a tymczasem w obszarze pozamiejskim zrobi to bez problemu? Ze szczególną ostrożnością należy więc podchodzić do ostrej granicy wyznaczania WK. Transport miejski i pozamiejski mają różne uwarunkowania funkcjonowania wynikające z przepisów prawa (ustawy: o PTZ, o ulgach w PTZ, o FRPA; patrz rozdział 1.3), jednak ostrożnie należy podchodzić do różnicowania WK od strony pasażera poprzez dwa różne systemy PTZ.

Brak inwestycji w PTZ na obszarach peryferyjnych i wiejskich może wynikać z niewielkiego popytu. Cechy obszarów wiejskich, m.in. rozproszona zabudowa, relatywnie mała liczba ludności zamieszkującej w miejscowościach wiejskich czy też niska gęstość zaludnienia sprawiają, że popyt na usługi PTZ jest znacznie niższy niż na obszarach miejskich [72]. W efekcie prywatni przewoźnicy rezygnują z utrzymywania nierentownych linii, a władze publiczne częściej kierują środki w obszary o dużej gęstości zaludnienia [73].

Wykluczenie społeczne przybiera 4 wymiary, dla których scharakteryzowano pewne cechy, które mogą mu sprzyjać [4]:

- 1) wykluczenie fizyczne – wiek 50+, niepełnosprawność, samotność;
- 2) wykluczenie strukturalne – mieszkanie na wsi, wykształcenie poniżej średniego;
- 3) wykluczenie normatywne – uzależnienie, konflikty z prawem, poczucie dyskryminacji;
- 4) wykluczenie materialne – ubóstwo, bezrobocie.

Część z tych cech może prowadzić do wykluczenia komunikacyjnego, cechy te w powyższej klasyfikacji podkreślono.

Dla osób PRM (np. osób starszych lub z niepełnosprawnościami) niedostępna infrastruktura lub tabor może skutkować częściowym lub całkowitym brakiem dostępu do PTZ. WK takich grup osób jest większe niż przeciętnego mieszkańca, w szczególności w obszarach pozamiejskich. Wykluczenie transportowe seniorów uznawane jest dziś jako zjawisko narastające na terenach wiejskich [74]. Z wiekiem obniża się sprawność fizyczna i eliminacja barier w dostępie do PTZ jest sposobem zapewnienia jak najdłuższego okresu swobody podróżowania [75]. WK osób niepełnosprawnych może nieść konsekwencje finansowe, bo osoby te zmuszone do używania samochodu, będą ponosić znacząco wyższe koszty życia [76].

Mieszkańcy wsi i małych miasteczek stają się zależni od samochodu prywatnego. Pod wpływem procesów modernizacji wiele wsi przestało być względnie samowystarczalnych do życia przez jej mieszkańców [77]. Kiedyś potrzeby zaspokajano w zasięgu dojścia lub dojazdu wozami konnymi. Mieszkańcy regionów o słabej ofercie PTZ dziś muszą rezygnować z pewnych form aktywności społecznej (np. wieczorne wydarzenia kulturalne) i zawodowej (praca w elastycznych godzinach). Na tym zjawisku mogą w szczególności cierpieć młodzi. Przy braku PTZ, są uzależnieni od rodziców i ich samochodów [78]. Zjawisko to w dłuższym horyzoncie prowadzi do depopulacji peryferii i skutkuje dalszym spadkiem oferty PTZ.

W ramach projektowania Programu FENIKS 2021-2027 przeprowadzono ocenę wpływu działań z priorytetów transportowych na grupy narażone na dyskryminację. Pod uwagę wzięto w szczególności możliwość dyskryminacji ze względu na płeć, wiek, niepełnosprawność, orientację seksualną i tożsamość płciową, rasę, narodowość i pochodzenie etniczne oraz religię i wyznanie [79]. Określono m.in., że kobiety częściej podróżują pieszo i środkami PTZ, zaś mężczyźni – transportem indywidualnym [80], co może powodować że kobiety będą grupą bardziej dyskryminowaną przez WK na określonym obszarze.

Wykluczenie społeczne często wiązane jest ze stanem ubóstwa. Naukowcy dyskutują jednak czy ubóstwo jest skutkiem wykluczenia społecznego, czy raczej odwrotnie, bieda prowadzi do ulokowania jednostek i grup na marginesie społeczeństwa [81]. WK może odnosić się do osób lub gospodarstw domowych, które mają dostęp do niedrogich opcji transportu, jednak, ponieważ transport stanowi znaczną część ich budżetu domowego (10%

lub więcej), są oni wrażliwi na wzrost cen korzystania z transportu. Czynnikiem wpływającym na WK ze strony mieszkańca jest np. wysokość dochodu rozporządzalnego w gospodarstwie domowym (pojęcie ze statystyki publicznej GUS) [82]. Nierównomierna podaż kursów pogłębia segmentację rynku pracy. Osoby bez dostępu do samochodu mają mniejsze szanse na znalezienie zatrudnienia wymagającego niestandardowych godzin pracy. Bezrobocie mieszkańców może wpływać na mniejsze potrzeby przewozowe, które nie wykreują potoku pasażerskiego do uruchomienia regularnego PTZ [83].

1.4.2. Uwarunkowania podażyowe wpływające na wykluczenie komunikacyjne

W analizach WK skupiano się dotychczas na braku dostępu do PTZ, np. w miejscach zamieszkania. Taka definicja pojawiła się m.in. w raporcie Stowarzyszenia Miasto jest Nasze, dotyczącym WK w województwie mazowieckim, autorstwa m.in. dr Justyny Kościńskiej z Uniwersytetu Warszawskiego [84]. Może to być jednak zbyt ograniczone podejście do obecności środka transportu w miejscu zamieszkania. Nie uwzględnia się wtedy zbyt rzadkiego kursowania (mała liczba kursów), zbyt długiego czasu przejazdu lub konieczności wielu przesiadek (bezpośredniość) itd. Rozważanych parametrów powinno być więcej. W badanych źródłach o WK decyduje w największym stopniu dostęp do PTZ (wielowymiarowy czynnik) czy ograniczenia przestrzenno-czasowe (lokalizacja przystanków, rozkład jazdy) [85], choć czynników tych jest więcej, np. układ i jakość dróg [83].

Za przyczynę wykluczenia komunikacyjnego, prof. Michał Wolański ze Szkoły Głównej Handlowej w Warszawie, wskazuje „regres transportu publicznego skutkujący postępującym wykluczeniem mieszkańców obszarów wiejskich, którzy są pozbawieni możliwości korzystania z samochodów – osób o ograniczonej sprawności, dzieci i młodzieży, osób mniej majątnych” [86]. Używa też pojęcia „likwidacji białych plam”, gdzie „białą plamą” jest wprost obszar WK [87]. Wykluczenie stanowi tu więc obszar, na którym podaż transportu publicznego jest zbyt mała lub nie ma go w ogóle.

Prof. Olgierd Wyszomirski z Uniwersytetu Gdańskiego, w podręczniku do ekonomiki i organizacji transportu miejskiego, wyróżnia 4 podstawowe postulaty przewozowe: czas, koszt, bezpieczeństwo i wygodę. Składają się one z postulatów cząstkowych, a w badaniach marketingowych Zarządu Komunikacji Miejskiej w Gdyni określono 10 postulatów cząstkowych [88]. Zestaw tych parametrów uznano za odpowiadający potrzebom przewozowym pasażerów miejskiego PTZ, ale w pozamiejskim znaczenie zyskują parametry, których w badaniach transportu miejskiego się nie uwzględnia jako istotne, np. bezpieczeństwo, w tym osobiste (pasażera, przed i w czasie podróży) czy ruchowe podróży

(dużo większe prędkości w pozamiejskim PTZ). Większe jest też ogólne znaczenie czasu podróży, który za sprawą parametrów cząstkowych może być decydujący o odbyciu podróży przez pasażera w ogóle (np. podróż do pracy, która z przesiadkami miałaby trwać 5 godzin, nie odbędzie się). Zbiór postulatów przewozowych i cząstkowych zestawia Tabela 3.

Tabela 3. Podstawowe postulaty przewozowe w publicznym transporcie zbiorowym

L.P.	Postulat przewozowy	Mierzony parametr	Różnica między PTZ miejskim a pozamiejskim	Komentarz
1	Czas podróży (postulat nadrzędny)	Czas podróży [min] i jej składowe: – czas dojazdu [min] – czas oczekiwania [min] – czas przejazdu [min] – czas przesiadki [min]	Wykonywanie dłuższych w czasie podróży w obszarach pozamiejskich	Czas podróży może determinować wykonanie podróży przez pasażera
1a	Dostępność	Odległość do i z przystanku [m] Możliwość wejścia / wjazdu do pojazdu i jego opuszczenia przez osobę o ograniczonej mobilności [0 – brak, 1 – możliwość]	Znacznie większe odległości do przystanków w obszarach pozamiejskich Dużo niższy poziom dostosowania infrastruktury pozamiejskiej do PRM i kompatybilności taboru	Determinuje czas dojazdu [min] Determinuje podróż PRM i czas trwania (dostosowanie taboru i przystanków) Źródła: rozkład jazdy, dane o przystankach i taborze
1b	Częstotliwość	Liczba odjazdów na dobę (pozamiejski PTZ) / na godzinę (miejski) Dni kursowania komunikacji publicznej (robocze, szkolne, nauki w szkołach wyższych, soboty, niedziele, święta, weekendy)	Mniejsza liczba odjazdów w pozamiejskim PTZ, większe znaczenie dopasowania czasu odjazdu do czasu obecności u celu podróży W pozamiejskim PTZ często kursowanie tylko w wybrane dni	Determinuje czas oczekiwania [min] Źródło danych: rozkład jazdy
1c	Prędkość	Prędkość komunikacyjna [km/h] – stosunek odległości przejazdu do czasu jazdy, uwzględniający wszystkie zatrzymania na trasie [89]	Większa prędkość komunikacyjna autobusów w pozamiejskim PTZ (ok. 25-50 km/h) niż miejskim (ok. 10-25 km/h) Większe odległości podróży w pozamiejskim	Determinuje czas przejazdu [min] Źródło danych: rozkład jazdy
1d	Bezpośredniość	Liczba przesiadek [-] Czas trwania przesiadki [min]	Mniejsza akceptacja przesiadek w miejskim niż pozamiejskim PTZ	Determinuje czas przesiadki [min] Źródło danych: rozkład jazdy
1e	Rytmiczność	Średni odstęp pomiędzy kursami oraz odchylenie standardowe od niego [min]	W pozamiejskim PTZ – pasażer odbywa podróż określonym kursem W miejskim PTZ pasażer przychodzi na przystanek o określonej częstotliwości kursowania, rytmiczność ma dla niego znaczenie	Determinuje czas oczekiwania [min] Źródło danych: rozkład jazdy

L.P.	Postulat przewozowy	Mierzony parametr	Różnica między PTZ miejskim a pozamiejskim	Komentarz
1f	Punktualność	Odchylenie średnie i standardowe rzeczywistego czasu podróży od planowanego [min]	W pozamiejskim PTZ ma większe znaczenie, ze względu na brak substytutu podróży przez następny kurs przy częstym kursowaniu linii	Determinuje czas oczekiwania [min] Źródło danych: rzeczywista realizacja rozkładu jazdy
1g	Niezawodność (pewność)	Udział kursów, które nie odbyły się do sumarycznej liczby kursów [%]	Konieczna minimalizacja tego parametru w PTZ, większy wpływ na pasażera pozamiejskiego PTZ, przy braku alternatywy podróży	Determinuje czas oczekiwania i przejazdu [min] Źródło danych: realizacja rozkładu jazdy
2	Koszt (postulat nadrzędny)	Koszt podróży [PLN] i jej składowe: – koszt podróży jednorazowych [PLN] – koszt podróży w cyklu miesięcznym [PLN]	Wyższy koszt podróży w pozamiejskim PTZ: większe odległości podróży oraz mniejsze napełnienie pojazdów (rozłożenie kosztu PTZ na mniej osób)	Wyróżniono podróże okazjonalne (jednorazowe) oraz regularne (okresowe)
2a	Koszt podróży jednorazowej	Koszt podróży jednorazowych – cena biletu jednorazowego [PLN]	W Polsce zazwyczaj taryfa czasowa w miejskim PTZ natomiast odległościowa w pozamiejskim PTZ	Istotny przy podróżach okazjonalnych lub np. turystów Źródło danych: taryfa biletowa
2b	Koszt podróży w cyklu miesięcznym	Koszt podróży w cyklu miesięcznym – cena biletu miesięcznego lub część ceny innego biletu długookresowego (np. semestralnego) [PLN]	W Polsce dominacja biletów sieciowych miesięcznych w miejskim PTZ, natomiast odcinkowych w pozamiejskim PTZ	Istotny przy podróżach regularnych, do pracy lub miejsc edukacji Źródło danych: taryfa biletowa
3	Bezpieczeństwo (postulat nadrzędny)	Składowe bezpieczeństwa: – ruchowe PTZ – osobiste pasażerów	Opisane poniżej	Bezpieczeństwo związane z pojazdem oraz pasażerem
3a	Bezpieczeństwo ruchowe PTZ	Liczba wypadków Liczba kolizji Liczba osób lekko rannych Liczba osób ciężko rannych Liczba ofiar śmiertelnych	Większe prędkości podróży pojazdów w pozamiejskim PTZ, co może być sprzyjać większej liczbie i ciężkości wypadków	Statystyki BRD gromadzone wg. Zarządzenia Komendanta Policji [90]
3b	Bezpieczeństwo osobiste pasażerów	Liczba napadów Liczba kradzieży Liczba innych zdarzeń naruszających bezpieczeństwo	Brak tezy dotyczącej różnicy między miejskim a pozamiejskim PTZ	Źródło danych: badania ankietowe, przykład dla miejskiego PTZ zawiera [91]
4	Wygoda (postulat nadrzędny)	Wiele mierzonych parametrów	Większe znaczenie w PTZ miejskim niż pozamiejskim, gdzie większe znaczenie ma czas i koszt podróży	Wieloskładnikowy postulat
4a	Dostępność miejsc w pojeździe	Udział zajętych miejsc w pojeździe	Opisane poniżej	Miejsca dzielą się na: siedzące, stojące, dla PRM lub osób z wózkiem [92]

L.P.	Postulat przewozowy	Mierzony parametr	Różnica między PTZ miejskim a pozamiejskim	Komentarz
4a1	Dostępność miejsc siedzących	Udział zajętych miejsc siedzących [%]	W pozamiejskim PTZ mają większe znaczenie niż w miejskim PTZ (dłuższe podróże)	Źródło danych: badania liczby pasażerów w pojazdach
4a2	Dostępność miejsc stojących	Udział zajętych miejsc stojących [%]	W pozamiejskim PTZ mogą nie występować (ze względu na typ taboru)	Źródło danych: badania liczby pasażerów w pojazdach
4a3	Dostępność miejsc dla osób niepełnosprawnych	Udział zajętych miejsc dla niepełnosprawnych [%]	Trudniejsze zapewnienie pojazdu dostępnego dla osób niepełnosprawnych w pozamiejskim PTZ (większy koszt pojazdu)	Źródło danych: badania liczby pasażerów w pojazdach
4b	Czystość	Ocena czystości przez pasażerów [np. w skali 1-5]	-	Źródło danych: badanie ankietowe
4c	Intymność podróży	Ocena intymności podróży [np. w skali 1-5]	-	Źródło danych: badanie ankietowe
4d	Komfort termiczny	Temperatura w pojeździe Zgodność temperatury w pojeździe z wytycznymi organizatora PTZ Ocena komfortu termicznego przez pasażerów [np. w skali 1-5]	-	Działanie klimatyzacji oraz ogrzewania Źródło danych: dane telemetryczne z pojazdów, badanie ankietowe
4e	Informacja pasażerska	Ocena czytelności rozkładu jazdy, oznaczenia przystanków i pojazdów [np. w skali 1-5]	W pozamiejskim PTZ częściej występujące braki w informacji pasażerskiej, zadanie sędowane na przewoźników PTZ	Źródło danych: badanie ankietowe
4f	Prostota systemu taryfowego	Ocena systemu biletowo-taryfowego przez pasażerów Ocena łatwości zakupu biletu [np. w skali 1-5]	W transporcie pozamiejskim zazwyczaj bardziej rozbudowana taryfa oparta o kilometr podróży	Źródło danych: badanie ankietowe
4g	Możliwość przewozu bagażu	Ocena możliwości przewozu bagażu przez pasażerów [np. w skali 1-5]	-	Źródło danych: badanie ankietowe
4h	Możliwość przewozu środka transportu indywidualnego (UWR lub UTO)	Ocena możliwości przewozu środków transportu indywidualnego przez pasażerów [np. w skali 1-5]	-	Źródło danych: badanie ankietowe
4i	Kultura obsługi	Ocena kultury obsługi przez pasażerów [np. w skali 1-5]	Większy kontakt pasażera z kierowcą w PTZ pozamiejskim (wchodzenie przednimi drzwiami, okazywanie biletu na przejazd)	Źródło danych: badanie ankietowe

Źródło: opracowanie własne na podstawie postulatów [93]

W badaniach miejskiego PTZ za najważniejsze uznaje się postulaty bezpośredniości, punktualności, częstotliwości, dostępności, niskiego kosztu, niezawodności i prędkości komunikacyjnej. Za najmniej istotny uznawany jest postulat informacji, następnie rytmiczności i wygody. W ramach badań określono też, że występuje względnie stała grupa parametrów uznawanych za najważniejsze i mniej ważne [94].

W zakresie kosztu podróży, brak integracji taryfowej i biletowej w ramach różnych organizatorów PTZ lub różnych środków transportu – autobusów i kolei – może powodować dodatkowe koszty dla pasażerów lub czas tracony na oczekiwanie w ramach przesiadek [73]. W tym celu wprowadza się zintegrowane systemy taryfowo-biletowe [49] lub synchronizację przesiadek w ramy rozkładów jazdy. Brak zintegrowanego systemu, umożliwiającego podróż za pomocą kilku środków transportu, łącząc podróże np. autobusem, koleją, rowerem czy car-sharingiem, ogranicza realny wybór środków transportu, często tylko do samochodu osobowego. Rozwiązania w tym zakresie dziś opiera się na tzw. hubach mobilności [95].

Według Lucasa [73] oraz Prestona i Rajé [25] duże znaczenie w kształtowaniu podaży usług transportowych ma polityka transportowa i sposób finansowania PTZ. Praktyką samorządów jest dopłacanie do przejazdów linii o niskiej liczbie pasażerów. W wielu obszarach dopłaty nie pokrywały pełnych kosztów połączeń, co prowadziło do ich ograniczania bądź likwidacji. W niektórych krajach ograniczona liczba przewoźników otrzymuje koncesje na obsługę określonych linii (np. Hiszpania [96]). Przy braku konkurencji może to skutkować utrzymywaniem wysokich cen biletów lub niskiej jakości usług.

1.4.3. Powiązanie uwarunkowań popytowych i podażowych

Aspekty związane z popytem ze strony mieszkańców (potencjalnych pasażerów) oraz podażą ze strony organizatorów PTZ (realizowanych przez operatorów kursów) mogą zostać powiązane. Powiązanie jednej sfery z drugą może wyjaśniać wystąpienie zjawiska WK na określonym obszarze. Tabela 4 zawiera propozycję powiązania tych aspektów ze sobą, mogące prowadzić do wyznaczenia zestawu parametrów pozwalających ocenić WK.

Tabela 4. Powiązanie aspektów popytowo-podażowych wpływających na WK

Rodzaj wykluczenia	Aspekt popytowy	Aspekt podażowy	Wskaźnik wiążący oba aspekty
Czasowe	Stała Marchettiego [min]	Czas podróży [min]	Udział podróży przekraczających stałą Marchettiego [-]
Związane z dostępnością	Dojście do i z przystanku – prędkość chodu [m/min]	Odległość źródło / cel podróży – przystanek [m]	Czas dojścia [min]

Rodzaj wykluczenia	Aspekt popytowy	Aspekt podaży	Wskaźnik wiążący oba aspekty
Ekonomiczne	Miesięczny dochód rozporządzalny w gospodarstwie domowym na osobę [PLN]	Cena biletu miesięcznego [PLN]	Stosunek ceny biletu miesięcznego do dochodu rozporządzalnego w gospodarstwie domowym na osobę [-]
Organizacyjne	Liczba pasażerów [os.]	Praca eksploatacyjna [km]	Liczba pasażerów na wozokilometr pracy eksploatacyjnej [os./km]
Fizyczne	Stopień ograniczonej mobilności [%]	Dostosowanie do osób o ograniczonej mobilności [%]	Udział podróży niezrealizowanych ze względu na brak dostosowania infrastruktury lub taboru do PRM [-]
Informacyjne	Odsetek osób niekorzystających regularnie z Internetu [%]	Dostępność danych o rozkładzie jazdy w standardzie GTFS/GTFS-RT	Udział mieszkańców, którzy nie mają dostępu do kompletnych i aktualnych danych o podróży [%]

Źródło: opracowanie własne

Antropolog Cesare Marchetti określił, że ludzie są gotowi codziennie poświęcać na dojazd z miejsca zamieszkania do pracy / szkoły / na studia około pół godziny w jedną stronę (jedną godzinę w obie strony). Jest to niezależne od kontekstu kultury, rasy czy religii [97]. To może być istotny czynnik wpływający na wykluczenie komunikacyjne po stronie mieszkańca – potencjalnego pasażera. Ze względu na długi czas podróży, a w szczególności podróże PTZ trwające zbyt długo, pasażer może rezygnować z odbycia podróży.

Brak dogodnych godzin odjazdów (np. rzadkie kursy wieczorne lub weekendowe) sprawia, że PTZ staje się nieatrakcyjny dla osób pracujących w systemie zmianowym czy dojeżdżających do miast w celach usługowo-kulturowych [98]. To może oznaczać możliwość realizacji potrzeb transportowych tylko w określonych celach podróży przez pasażera.

Badanie oceniające wpływ działań w ramach polityki spójności UE na mobilność miejską w latach 2014-2020 wykazało, że inwestycje w transport miejski i kolejowy prowadzone były w MOF (Miejskich Obszarach Funkcjonalnych), przy równoległej rozbudowie dróg wszystkich kategorii, co kanibalizowało efekty interwencji i nie prowadziło do wzrostu liczby pasażerów PTZ [99]. Zjawisko w transporcie miejskim opisane zostało przez prof. Wyszomirskiego z Uniwersytetu Gdańskiego, jako „błędne koło komunikacji miejskiej” [88]. Natomiast polityka prowadząca do znacznego rozwoju sieci dróg

ekspresowych sprzyja mobilności osób posiadających samochody, ale nie poprawia dostępu do PTZ. Analiza na przykładzie odcinka drogi S8 Żabia Wola – Wolica wykazała, że przy nakładach inwestycyjnych stanowiących niewielki ułamek wszystkich wydatków związanych z budową drogi ekspresowej, można osiągnąć nawet ponad 30-procentowe skrócenie czasu przejazdu autobusów związane z uproszczeniem ich trasy, zmniejszeniem pokonywanych przez autobusy odległości oraz minimalizacją liczby zbędnych zatrzymań międzyprzystankowych [100]. W efekcie w pętlę wykluczenia wpadają mieszkańcy, którzy samochodu nie mają. Utrzymywanie się stanu niedoinwestowania PTZ (szczególnie w obszarach o niższej gęstości zaludnienia) przekłada się na dalsze spadki liczby pasażerów w statystykach.

1.5. Bariery publicznego transportu zbiorowego

Katalog barier z punktu widzenia organizatora transportu oraz użytkownika systemu transportowego, odpowiadających podaży i popytowi na PTZ, został wypracowany w ramach projektu Gospostrateg [1].

Katalog z punktu widzenia organizatora transportu zawierał barierę:

1. czasową/dostępności – związaną z obsługą transportową danego obszaru i zapewnieniem możliwości dojazdu do kluczowych punktów docelowych,
2. finansową – ograniczone środki finansowe,
3. legislacyjną – ograniczenia prawne, np. ustawa o PTZ,
4. organizacyjną – trudność integracji z innymi organizatorami lub przewoźnikami oraz wewnętrzne problemy organizacyjne w JST,
5. kompetencji – brak wiedzy lub umiejętności w zakresie organizacji i zarządzania PTZ,
6. przestrzenną – nieefektywne zagospodarowanie przestrzenne obszaru,
7. infrastrukturalną – brakiem niezbędnej infrastruktury do świadczenia usług PTZ.

Katalog z punktu widzenia użytkownika systemu transportowego zawierał barierę:

1. fizyczną – trudność przemieszczania się do przystanku lub korzystania z pojazdów,
2. geograficzną – ukształtowanie terenu lub występowanie rzek lub akwenów,
3. ekonomiczną – koszt transportu,
4. informacyjną – brak lub ograniczony dostęp do informacji o możliwości korzystania z usług PTZ,
5. poznawczą – osobiste ograniczenia percepcji, ograniczona samodzielność i umiejętność korzystania z usług publicznych,

6. bezpieczeństwa – poczucie osobistego zagrożenia bezpieczeństwa zarówno na drodze dojazdu do przystanków, jak i w pojazdach.

Planując likwidację WK należy mieć na uwadze powyższy katalog barier oraz weryfikować, jakie bariery są eliminowane za pomocą poszczególnych realizowanych narzędzi. Należy też mieć na uwadze, że do najważniejszych barier ze strony organizatora należy bariera finansowa, natomiast ze strony użytkownika jest to prawdopodobnie bariera fizyczna (czas i możliwość dotarcia do przystanku PTZ).

1.6. Dobre praktyki w zapobieganiu i redukcji wykluczenia komunikacyjnego

Komisja Europejska w załączniku 2 do Zalecenia 2025/1021 wskazuje trzy główne tematy działań w kierunku redukcji WK (ubóstwa transportowego) – por. Tabela 5. Instrumenty wsparcia, zgodnie z zaleceniem, powinny być oparte na rozwoju PTZ, bonach dla mieszkańców na usługi mobilności i leasingu pojazdów zeroemisyjnych, ze szczególnym uwzględnieniem PRM, a także rozwoju infrastruktury rowerowej.

Tabela 5. Przykłady ukierunkowanych, opłacalnych środków i inwestycji we wspieraniu zrównoważonej mobilności w celu redukcji wykluczenia komunikacyjnego

Nr	Temat działania i przykłady działań
I	Skoncentrowanie się na wsparciu gospodarstw domowych o niskich średnich dochodach na obszarach o niedostatecznym dostępie do usług transportowych.
Ia	Poprawa usług PTZ oraz uruchamianie linii autobusowych, autokarowych lub kolejowych na obszarach podmiejskich, peryferyjnych i wiejskich, zamieszkiwanych głównie przez osoby o niskich dochodach.
Ib	Budowa infrastruktury PTZ na obszarach zamieszkiwanych głównie przez osoby o niskich dochodach. Tworzenie węzłów mobilności ułatwiających przesiadki i integrację PTZ, mobilności współdzielonej, ruchu rowerowego i pieszego – głównie na obszarach podmiejskich i wiejskich, aby połączyć je z centrami miast.
II	Skoncentrowanie się na wsparciu grup znajdujących się w trudnej sytuacji.
IIa	Dotowane, specjalne usługi PTZ „od drzwi do drzwi” na żądanie lub bezemisyjne usługi PTZ dostosowane do potrzeb grup znajdujących się w trudnej sytuacji.
IIb	Programy bonów na lokalny PTZ i abonamenty na mobilność współdzieloną (w tym rowery, rowery elektryczne i hulajnogi) dla grup znajdujących się w trudnej sytuacji.
IIc	Poprawa dostępności transportu publicznego dla osób z niepełnosprawnościami dzięki instalacji podjazdów, wind i systemów komunikatów głosowych.
IId	Budowa bezpiecznych ścieżek rowerowych, bezpiecznych miejsc parkingowych dla rowerów i stacji rowerów współdzielonych oraz urządzeń do bezpiecznego przypinania rowerów w pobliżu szkół, ośrodków młodzieżowych i uczelni wyższych.
IIE	Społeczne programy leasingowe pojazdów zeroemisyjnych dla gospodarstw domowych, mikroprzedsiębiorstw i innych użytkowników transportu znajdujących się w trudnej sytuacji

Nr	Temat działania i przykłady działań
	wraz z odpowiednią infrastrukturą ładowania.
III	Połączenie działań na rzecz poprawy (dostępnego dla wszystkich) PTZ z systemami wsparcia finansowego dla grup znajdujących się w trudnej sytuacji.
IIIa	Zakup zeroemisyjnych autobusów lub pojazdów szynowych na niedostatecznie obsługiwanych obszarach miejskich i podmiejskich w połączeniu z bonami lub cyfrowymi portfelami mobilności przeznaczonymi dla użytkowników transportu znajdujących się w trudnej sytuacji.
IIIb	Tworzenie bezemisyjnych usług transportowych na żądanie na obszarach pozbawionych odpowiedniej infrastruktury usług PTZ lub w celu zapewnienia połączeń w ramach tzw. „ostatniej mili”, ewentualnie w połączeniu z bonami lub cyfrowymi portfelami mobilności przeznaczonymi dla użytkowników transportu znajdujących się w trudnej sytuacji.
IIIc	Inwestycje w infrastrukturę dla pieszych i rowerzystów w połączeniu z systemami rowerów współdzielonych lub z dotacjami na zakup, długoterminowy wynajem lub leasing rowerów, rowerów elektrycznych i rowerów towarowych dla grup znajdujących się w trudnej sytuacji.
IIId	Dotowane systemy wspólnego użytkowania pojazdów bezemisyjnych lub programy wynajmu dla gospodarstw domowych o niskich dochodach, połączone z inwestycjami w publiczną infrastrukturę ładowania.

Źródło: Załącznik 2 do Zalecenia 2025/1021 [45]

Zidentyfikowano 10 najważniejszych dobrych praktyk, które pozwalają walczyć ze zjawiskiem WK lub zapobiegać jego wystąpieniu w Polsce, wykraczając ponad propozycje wsparcia ze strony Komisji Europejskiej. Uwzględniają one nie tylko projekty inwestycyjne i programy wsparcia, ale też m.in. rozwój zintegrowanej organizacji PTZ czy adekwatne planowanie przestrzenne obszarów miejskich i wiejskich. Zestawienie dobrych praktyk zawiera Tabela 6, natomiast ich opis przedstawiono w kolejnych podrozdziałach pracy. Podejmowane działania powinny zapewniać stabilną i dostosowaną do potrzeb mieszkańców podaż usług PTZ, zwłaszcza w obszarach peryferyjnych i o niskiej gęstości zaludnienia.

Tabela 6. Zestawienie dobrych praktyk w likwidacji wykluczenia komunikacyjnego

Nr	Tytuł dobrej praktyki	Przykłady działań
1	Zagospodarowanie przestrzenne nastawione na redukcję podróży	Osiedla samowystarczalne, mieszana zabudowa mieszkaniowo-usługowo-przemysłowa, tworzenie tzw. miast 15-minutowych.
2	Substytucja mobilności usługami cyfrowymi	Rozwój e-administracji, telepracy, usług zdalnych (telemedycyna, edukacja online).
3	Integracja organizatorów PTZ	Organizacja PTZ w regionach przez województwa, związki powiatowo-gminne, międzygminne, metropolitalne bądź w ramach porozumień między JST.

Nr	Tytuł dobrej praktyki	Przykłady działań
4	Odpowiednie finansowanie PTZ	System dotacji dla PTZ w obszarach wykluczenia komunikacyjnego, wsparcie budowy infrastruktury, zakupu taboru oraz dopłaty do wozokilometra usługi.
5	Zapewnienie minimalnego standardu PTZ	Prawny obowiązek spoczywający na organizatorze PTZ zapewnienia połączeń PTZ na określonym obszarze o zdefiniowanej minimalnej liczbie kursów.
6	Integracja taryfowo-biletowa	Jeden bilet na wszystkie środki PTZ, atrakcyjna cenowo taryfa biletowa, duża dostępność kanałów sprzedaży biletów, karta płatnicza lub aplikacja nośnikiem biletu.
7	Integracja sieci połączeń na węzłach przesiadkowych	Synchronizacja przesiadkowa połączeń kolejowych i autobusowych w obszarach peryferyjnych miast i wiejskich.
8	Cyfryzacja rozkładów jazdy i dynamiczna informacja pasażerska	Zapis rozkładu jazdy w formie cyfrowej, udostępnianie informacji statycznej i dynamicznej o rozkładzie jazdy w portalach i aplikacjach mobilnych.
9	Transport na żądanie (ang. <i>Demand-Responsive Transport</i> , DRT)	Zamiast regularnego PTZ uruchamianie przewozów, których trasy, punkty zatrzymań oraz godziny odjazdu mogą być elastyczne.
10	Międzysektorowe usługi PTZ	Łączenie PTZ z przewozami szkolnymi, pracowniczymi czy specjalistycznym przewozem osób niepełnosprawnych.

Źródło: opracowanie własne

1.6.1. Zagospodarowanie przestrzenne nastawione na redukcję podróży

Planowanie przestrzenne przyczynia się do redukcji WK poprzez zmniejszanie odległości podróży lub ograniczając w ogóle potrzebę podróży. Obszary nowej zabudowy w Polsce dziś lokalizuje się chaotycznie i często w miejscach bez PTZ, a nawet bez możliwości budowy jego korytarzy [101]. Obecne plany zagospodarowania przestrzennego pozwalają na zamieszkanie kraju przez nawet 60 mln osób [102], tymczasem ludność Polski w 2025 roku wynosiła 37 mln osób i malała [103]. Problemem jest niewydolność infrastruktury pod względem przepustowości dla PTZ wraz z intensyfikacją zabudowy. Przykładem jest półwysep helski, gdzie niewłaściwie funkcjonuje zarówno transport kolejowy, jak i autobusowy, wywołując WK mieszkańców obszaru, którzy w okresie ruchu turystycznego (czerwiec-sierpień), mają utrudnione przemieszczanie się w codziennych podróżach (por. Rysunek 3). autobusy stoją w długich zatorów (niewydolne rondo we Władysławowie), a w transporcie kolejowym jest mała liczba kursów i duże opóźnienia (odcinki jednotorowe z mijankami). Najlepszym środkiem transportu na półwyspie pozostaje indywidualna mobilność aktywna – rower i hulajnoga elektryczna.

Rysunek 3. Półwysep helski – obszar z pasmową zabudową



Źródło: opracowanie własne, 2024

Rozwój zorientowany na transport (ang. *Transit-Oriented Development*, TOD [104]) to koncepcja osiedli samowystarczalnych, mieszanej zabudowy mieszkaniowo-usługowo-przemysłowej czy tworzenia tzw. miast 15-minutowych, gdzie w zasięgu czasu dojścia, dojazdu rowerem lub PTZ, mieszkaniec jest w stanie zrealizować wszystkie podstawowe funkcje życiowe. Dopóki nie zostanie zaplanowana obsługa transportowa terenu wraz z jej realizacją, zwłaszcza związana z transportem zbiorowym, dopóty teren nie powinien podlegać zabudowie. W pierwszej kolejności intensyfikacji powinna podlegać zabudowa w już istniejących korytarzach transportu szynowego (węzły przesiadkowe i okolice przystanków), a dopiero później powinno się zabudowywać tereny dotychczas niezagospodarowane [105].

W Toruniu powstało nowe osiedle mieszkaniowe (tzw. JAR) w zgodzie z TOD. W miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego z 2018 r. zarezerwowano pod linię tramwajową korytarz centralnie przebiegający przez osiedle. Jej budowa, przy wsparciu środków unijnych, zakończyła się w 2023 r. Tramwaj stał się osią transportu publicznego, połączył nowe, duże osiedle z centrum miasta z dobrym czasem dojazdu 18 minut [106]. Rozwój infrastruktury rowerowej w okolicy węzłów przesiadkowych oraz parkingów Bike&Ride również może przyczynić się do lepszej koncentracji pasażerów w węzłach przesiadkowych, co zwiększa przestrzenny zasięg oddziaływania założeń TOD [107].

Badania Europejskiej Agencji Środowiskowej (EEA) wykazały, że zwarta zabudowa i krótsze dystanse podróży generują wyższy udział podróży pieszych, rowerowych i PTZ, ograniczając konieczność posiadania samochodu i związane z tym koszty gospodarstw domowych, a w efekcie zmniejszając WK [108]. Koncentracja ludności i miejsc pracy w promieniu do ok. 0,5-1,0 km od stacji transportu szynowego istotnie podnosi wykorzystanie PTZ. Każdy wzrost o 10% liczby mieszkańców w promieniu 800 m od stacji wiąże się szacunkowo z 1-4% wzrostem liczby pasażerów, a wzrost o 10% liczby miejsc pracy – ze wzrostem liczby pasażerów o 2-5% [109]. Koncepcja TOD może potencjalnie prowadzić do gentryfikacji, w efekcie WK mieszkańców na obszarach peryferyjnych ze

słabym dostępem do PTZ [110]. Wskazuje się też, że wartość sprzedawanego gruntu może przyczynić się do finansowania TOD [111]. Koncepcja postrzegana jest jako strategia hamowania nadmiernego rozrastania się obszarów miejskich. Wraz ze wzrostem gęstości zamieszkania w pobliżu infrastruktury kolejowej wskazuje się na potencjał wzrostu zagrożenia dla bezpieczeństwa publicznego [112].

1.6.2. Substytucja mobilności usługami cyfrowymi lub hybrydowymi

Usługi cyfrowe (w pełni cyfrowe) lub hybrydowe (realizowane częściowo cyfrowo i fizycznie) znacznie mogą redukować potrzebę przemieszczania się, a w efekcie niwelować skutki WK. Na obszarach, gdzie usługi te będą rozwinięte w znacznym stopniu, potrzeby obsługi PTZ mogą być znacznie mniejsze. Należy jednak zbadać czy zastąpienie fizycznych usług cyfrowymi nie przyczyni się do wykluczenia określonych grup społecznych (np. osób starszych). Metoda ta też nie zastępuje transportu tam, gdzie jest on niezbędny, lecz uzupełnia system mobilności, szczególnie na obszarach wiejskich i słabiej zaludnionych, gdzie zapewnienie regularnego PTZ jest nieekonomiczne.

Większość usług zdalnych zintensyfikowała się w czasie pandemii Covid-19, a także już po ustąpieniu pandemii. Praca lub edukacja zdalna jest przejawem zastąpienia potrzeby przemieszczania się, realizowaniem za pomocą usług cyfrowych, choć w wątpliwość poddawana jest jakość takich usług edukacji lub świadczonej pracy. Przykładem edukacji zdalnej jest Szkoła w Chmurze, niepubliczna szkoła podstawowa i liceum, finansowana z subwencji oświatowej oraz wpłat rodziców i darczyńców [113]. Co raz częściej też studenci uczelni publicznych funkcjonują w ramach programów studiów hybrydowych, niewymagających od nich codziennego stawiennictwa na uczelni – np. studia magisterskie na Wydziale Transportu Politechniki Warszawskiej [114].

Cyfryzacja objęła już też usługi publiczne, oferując mieszkańcom platformy do rozwiązywania spraw urzędowych, np. ePUAP [115], mObywatel [116] czy lokalne portale e-urzędów gminnych; zastępując konieczność odbywania podróży do urzędów. Telemedycyna zapewniła usługi konsultacji lekarskich online m.in. w ramach Narodowego Funduszu Zdrowia, zastępując konieczność odbywania podróży do przychodni przy prostych do rozwiązania problemach medycznych. Ciekawą odmianą usług cyfrowych jest też dostęp do dóbr kultury online – transmisje spektakli, wydarzeń lokalnych, e-biblioteki, a nawet transmisje mszy świętych w kościołach. To wszystko redukuje konieczność odbywania podróży.

Osobliwym przykładem usługi hybrydowej, która zrewolucjonizowało życie na obszarach WK, są dostawy dóbr do paczkomatów. To infrastruktura, która zastępuje długie podróże na obszarach wiejskich do sklepów, podejściem do urządzenia w zasięgu zamieszkania i odbioru towaru. Mieszkańcy wsi, za pomocą tych urządzeń i platform e-commerce'u, uzyskali dostęp do dóbr dostępnych na całym świecie bez konieczności odbywania dalekich podróży i bez konieczności oczekiwania w domu na kuriera w określonych godzinach (por. Rysunek 4).

Rysunek 4. Paczkomaty we wsi Ruś w woj. warmińsko-mazurskim (12 km od centrum Olsztyna)



Źródło: opracowanie własne, 2024

Usługi cyfrowe zmniejszają potrzebę dojazdów, które mogą być uciążliwe dla osób PRM lub mieszkających z dala od ośrodków usługowych. Mogą one podnieść jakość życia i integrację społeczną poprzez umożliwienie udziału w życiu społecznym i kulturalnym. Usługi te obniżają koszty dla samorządów. Zamiast finansowania regularnego PTZ, możliwe jest zapewnienie transportu nieregularnego (por. rozdział 1.6.9), inwestycje w infrastrukturę i edukację cyfrową. Efektem może być wzrost kompetencji cyfrowych mieszkańców oraz pobudzenie lokalnych inicjatyw (np. cyfrowych centrów aktywności). Występuje tu jednak ryzyko wykluczenia cyfrowego i pogłębienia WK wrażliwych grup społecznych – jeśli nie zapewni się dostępu do Internetu i edukacji cyfrowej, niektóre grupy społeczne mogą być jeszcze bardziej wykluczone (konieczne są działania towarzyszące!).

1.6.3. Integracja organizatorów PTZ

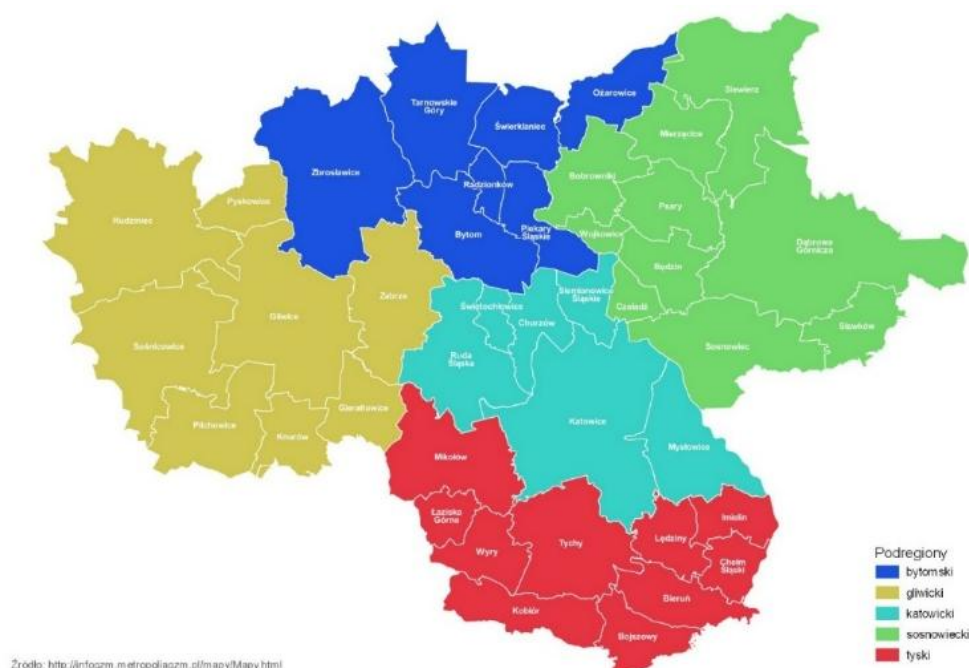
Jako jedną z podstawowych przyczyn występowania zjawiska wykluczenia komunikacyjnego w Polsce przedstawia się rozczłonkowanie systemu organizowania PTZ na wszystkie gminy, powiaty, województwa, metropolie itd., co umożliwia równoległe

funkcjonowanie 2 874 organizatorów w Polsce (16 województw, 314 powiatów i 66 miast na prawach powiatu oraz 2 478 gmin) [117]. Integracja daje szansę funkcjonować w sposób bardziej efektywny ekonomicznie, stąd łączenie funkcji organizatora w związki międzygminne, powiatowo-gminne, metropolitalne lub pod organizatorem powiatowym albo wojewódzkim jest skutecznym narzędziem organizacji PTZ. Celem jest stworzenie komplementarnej, a nie konkurencyjnej sieci połączeń m. in. ze wspólną informacją, taryfą i rozkładami.

Zarząd Transportu Metropolitalnego Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii (ZTM GZM, por. Rysunek 5) powstał w 2017 roku w wyniku połączenia trzech organizatorów transportu: Komunikacyjnego Związku Komunalnego Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego, MKK Tychy i MKK Tarnowskie Góry. ZTM GZM świadczy dziś usługi na terenie 57 miast i gmin w województwie śląskim, co ułatwia organizację spójnego i rozwiniętego systemu PTZ [118]. Powstają w Polsce też związki transportowe, którym wiele jednostek JST powierza funkcje organizatora PTZ, np. Grodzkie Przewozy Autobusowe (3 powiaty: warszawski zachodni, pruszkowski i grodziski) [119], Związek Gmin „Podkarpacka Komunikacja Samochodowa” w Rzeszowie (18 gmin w związku) [120], Beskidzki Związek Powiatowo-Gminny (10 gmin i powiat bielski) [121] itd.

Wśród efektów wdrożeń znajduje się lepsze pokrycie obszarów słabo skomunikowanych dzięki skoordynowanemu rozkładowi i finansowaniu linii dowozowych do połączeń o dużej wydajności i przepustowości. Pasażerowie mają dostęp do rozwiniętej sieci PTZ wraz z jednolitą i prostą taryfą biletową oraz zintegrowaną informacją pasażerską. Wspólne działanie zwiększa efektywność wydatkowania środków publicznych, unika się dublowania kursów, ogłasza się duże wspólne przetargi obniżające koszty jednostkowe wozokilometra [122]. To wszystko powoduje wzrost atrakcyjności PTZ i może potencjalnie tworzyć realną alternatywę do korzystania z samochodu. Trudnością jest jednak funkcjonowanie w dzisiejszym porządku prawnym, instytucjonalnym i dopłat z budżetu państwa – samorządy nie mają obowiązku współpracy, zasady dofinansowania nie preferują podmiotów współpracujących ze sobą, a samorządy często mają rozbieżne priorytety w utrzymaniu połączeń (jedni np. chcą tylko zapewnić dowozy do szkoły, inni dowieźć do kolei, a jeszcze inni zapewnić jak najwięcej połączeń bezpośrednich).

Rysunek 5. Obszar organizatora ZTM GZM, podzielony na podregiony i gminy, które wspólnie organizują PTZ



Źródło: InfoGZM, Departament Strategii i Polityki Przestrzennej 2021

1.6.4. Odpowiednie finansowanie PTZ

Odpowiednie finansowanie PTZ oznacza zapewnienie stabilnych, wystarczających i przewidywalnych środków finansowych na jego organizację – w szczególności na obszarach, gdzie funkcjonowanie połączeń jest deficytowe, ale społecznie potrzebne. Dotyczy to zarówno bieżącej eksploatacji linii komunikacyjnych, jak i inwestycji w infrastrukturę oraz tabor. Mechanizm finansowania powinien być spójny, zróżnicowany i oparty na wielopoziomowym zaangażowaniu (gmina – powiat – województwo – państwo – UE).

Gminy, powiaty czy województwa zapewniają bieżące funkcjonowanie usług PTZ na obszarze właściwym dla poszczególnych JST. Dodatkowym źródłem dochodu mogą być opłaty za parkowanie w strefach płatnego parkowania niestrzeżonego, które zgodnie z zapisami Ustawy o drogach publicznych, dotyczącymi strefy śródmiejskiej, w wysokości nie mniejszej niż 65% „gmina przeznacza wyłącznie na sfinansowanie poprawy PTZ, budowę lub przebudowę infrastruktury pieszej lub rowerowej oraz zieleni i zadrzewienia w gminie” [123]. Kreatywną metodą na pozyskanie finansowania wozokilometrów przy okazji obsługi szkół jest otwieranie dla wszystkich pasażerów przewozów szkolnych, na które gminy otrzymują subwencję z budżetu państwa bądź pozyskiwanie dofinansowania do sprzedawanych biletów miesięcznych dla uczniów oraz rekompensat do sprzedawanych biletów ulgowych. Wsparciem z budżetu Państwa są dopłaty z FRPA do organizowanych,

deficytowych połączeń autobusowych w wysokości do 3 zł za wozokilometr. Z FRPA korzystają wszyscy istotni organizatorzy transportu pozamiejskiego, w tym m.in. GPA, ZG PKS czy BZPG.

Dodatkowym finansowaniem, jakie może być wykorzystane przez organizatorów, są projekty unijne, jednak wymagają one inżynierii finansowej, w ramach której wydzielone zostaną inwestycje i ich koszty, z budżetów eksploatacyjnych. Środki unijne mogą być przeznaczone tylko na inwestycje. Wśród programów znajduje się KPO (inwestycja E1.1.2 Zero- i niskoemisyjny transport zbiorowy (autobusy) [pozamiejski] [124]), FENIKS, Fundusze Europejskie dla Regionów, Fundusze Europejskie dla Polski Wschodniej itd., a także programy krajowe, jak Zielony Transport Publiczny NFOŚiGW. W ich ramach dofinansowany jest zakup taboru wraz z infrastrukturą do zasilania pojazdów, dziś są to głównie pojazdy elektryczne bateryjne i wodorowe. Ponadto, celem budowy infrastruktury szkieletowej, wspierany jest transport kolejowy również z funduszy krajowych i unijnych.

Fundusze powinny zapewnić stabilne funkcjonowanie i rozwój oferty transportowej, także poza godzinami szczytu i w weekendy oraz święta. Środki powinny być przeznaczone na zmniejszanie WK mieszkańców obszarów peryferyjnych, osób starszych i niezmotoryzowanych.

1.6.5. Zapewnienie minimalnego standardu PTZ

W niektórych Państwach, prawo krajowe, reguluje zapewnienie gwarantowanej liczby połączeń w określonych relacjach (np. między sąsiednimi gminami lub między siedzibą gminy, a pobliskim miastem powiatowym). Dane z 2022 r. pokazują, że tylko 52% światowej populacji miejskiej ma dogodny dostęp do PTZ, przy czym występują znaczne różnice regionalne [125]. Na terenach wiejskich ten odsetek jest niższy. Prof. Michał Wolański wskazuje, że zdefiniowanie minimalnego poziomu obsługi komunikacyjnej sołectwa, może być metodą na walkę z WK. Za minimum wskazuje wartość 3 kursów w dni robocze poza lipcem i sierpniem. W pierwszej kolejności priorytetem powinno być objęcie takimi przewozami wszystkich sołectw. W drugiej kolejności – podnoszenie tego standardu [87].

W Szwajcarii, zgodnie z krajowym dekretem z listopada 2009 r., JST wspólnie decydują, planują i organizują regionalną (tj. pozamiejską) ofertę PTZ na podstawie lokalnego zapotrzebowania na transport. Na szczeblu federalnym minimalnym standardem jest 18 kursów dziennie; kursy te są dotowane przez rząd. Równolegle istnieją obniżone poziomy liczby kursów (6 kursów dziennie) na połączeniach drugorzędnych w obszarach górskich lub na połączeniach tylko dla turystów. Minimalna liczba kursów dotyczy wszystkich JST – wsi

liczących ponad 100 mieszkańców. Kantony i przedsiębiorstwa PTZ mogą swobodnie dodawać kolejne kursy, jednak nie są już wtedy refundowane ze środków rządowych [126].

Celem działania jest zagwarantowanie podstawowej mobilności wszystkim mieszkańcom, poprawa równości terytorialnej i ograniczenie WK w gminach wiejskich i peryferyjnych. Taki system tworzy też podstawy do integracji transportu międzygminnego i powiatowego w ramach określonego standardu. Wyzwaniem może być opracowanie ogólnokrajowej regulacji określającej standard minimalny i znalezienie w budżecie państwa środków na jego realizację.

1.6.6. Integracja taryfowo-biletowa

Integracja taryfowo-biletowa polega na ujednoliceniu zasad opłat za przejazd i honorowaniu jednego biletu w różnych środkach PTZ (autobus, tramwaj, pociąg) i u różnych przewoźników na danym obszarze – lokalnym, regionalnym lub krajowym. Integracja ułatwia korzystanie z PTZ, obniża barierę wejścia (brak konieczności znajomości taryf) oraz zwiększa atrakcyjność i dostępność PTZ.

Przykładem integracji biletowej na poziomie krajowym jest *Ujtarifa* na Węgrzech, gdzie od marca 2024 r. obowiązuje ogólnokrajowy system taryf łączący transport kolejowy, autobusowy i miejski w ramach zintegrowanego biletu. Bilet regionalny dostępny jest w każdym komitacie, odpowiedniku powiatu w Polsce, za ok. 30 zł miesięcznie. Bilet krajowy za ok. 65 zł miesięcznie jest ważny we wszystkich środkach PTZ (z wyjątkiem kilku miast). Bilet zwiększa przystępność cenową PTZ mieszkańcom mniejszych miast i wsi [127].

Podobne rozwiązanie wdrożono w maju 2023 r. w Niemczech, tzn. *Deutschlandticket*, krajowy bilet miesięczny za 49 euro (od stycznia 2026 r. za 63 euro), ważny we wszystkich środkach transportu z wyjątkiem kolei i autobusów dalekobieżnych, bez względu na operatora PTZ. Celem biletu jest uproszczenie systemu taryfowego, zwiększenie liczby pasażerów i promocja PTZ jako taniej alternatywy dla samochodu [128].

W Polsce przykładem zintegrowanej taryfy biletowej jest Małopolski Bilet Zintegrowany. Bilet umożliwia podróżowanie na jednym bilecie okresowym różnymi środkami PTZ – pociągami Polregio i Kolei Małopolskich, autobusami oraz komunikacją miejską w Krakowie. Rozwiązanie sprzyja integracji transportu regionalnego i miejskiego. System jest współfinansowany przez Województwo Małopolskie i gminy uczestniczące, a jego celem jest zwiększenie atrakcyjności PTZ względem samochodu, ograniczenie

Rysunek 6. Oferta Małopolskiego Biletu Zintegrowanego wraz z oznaczeniem stref biletowych na mapie województwa



1.6.7. Integracja sieci połączeń na węzłach przesiadkowych

W Szwajcarii, na podstawie *Taktfahrplan* odjazdy na połączeniach kolejowych są realizowane w cyklu godzinnym lub półgodzinnym między węzłami transportowymi. Rozkład jazdy budowany jest zgodnie z hierarchią: pociągi krajowe, regionalne i na końcu autobusy regionalne. Autobusy i pociągi przyjeżdżają do określonego węzła przesiadkowego

w tym samym czasie, pasażerowie przesiadający się mają określony czas na zmianę środka transportu, a następnie odjeżdżają. Gwarantowane przesiadki są powtarzane w cyklu co godzinę, z dodatkowymi kursami w godzinach szczytu. Na obszarach wiejskich, do których nie dociera transport kolejowy, kursują autobusy dowozowe do stacji kolejowych [126].

Efektem działania jest skrócenie całkowitego czasu podróży i zwiększenie wygody, tzn. krótsze i lepiej skoordynowane przesiadki. Skoordynowany system PTZ lepiej pokrywa obszary słabo zaludnione, ograniczając potrzebę uruchamiania nierentownych linii bezpośrednich. Nawet przy bardzo ograniczonym budżecie można zapewnić dostęp z przesiadką. Potrzebna jest ścisła współpraca między organizatorami i przewoźnikami oraz dokładne planowanie rozkładu na różnych szczeblach organizatorów PTZ (uzgodnienia).

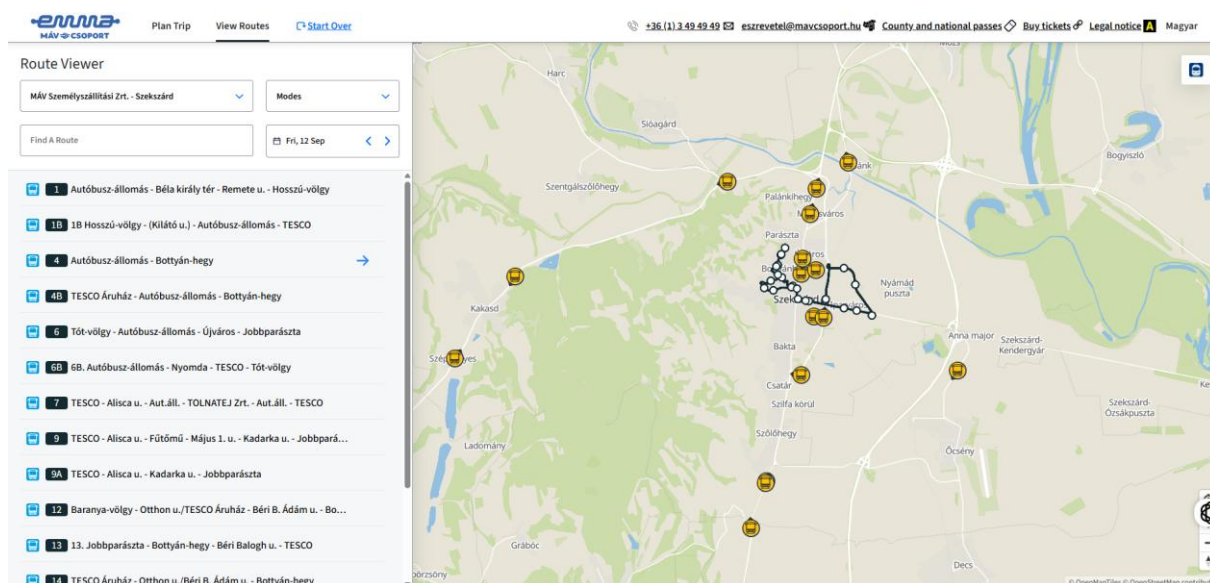
1.6.8. Cyfryzacja rozkładu jazdy i dynamiczna informacja pasażerska

Cyfryzacja rozkładów jazdy i rozwój systemów dynamicznej informacji pasażerskiej (SDIP) polega na udostępnieniu pełnej, aktualnej i zintegrowanej informacji o PTZ w formie cyfrowej – zarówno stacjonarnie (tablice elektroniczne), jak i mobilnie (aplikacje, strony internetowe). SDIP umożliwia obserwację kursów w czasie rzeczywistym, planowanie podróży z przesiadkami oraz reagowanie na zakłócenia. To narzędzie zmniejsza bariery informacyjne, mogące stanowić powód rezygnacji z PTZ. Cyfrowy rozkład jazdy ułatwia też planowanie zintegrowanych sieci połączeń oraz przeprowadzanie analiz, np. wskaźnika WK.

Przykładem rozwiązania jest aplikacja mobilna i platforma internetowa *Utasz* na Węgrzech. Służą one do planowania podróży, zakupu biletów i śledzenia połączeń wszystkich środków PTZ (kolej, autobus regionalny, komunikacja miejska) [130]. Ponadto uruchomiono centralny system zarządzania danymi o PTZ – EMMA. System integruje dane od wszystkich operatorów i przekazuje je w czasie rzeczywistym do aplikacji oraz na tablice przystankowe. EMMA umożliwia aktualizację danych w czasie rzeczywistym (por. Rysunek 7) [131].

Działanie zwiększa dostęp do informacji i ułatwia planowanie podróży. Pasażerowie otrzymują informacje w czasie rzeczywistym o opóźnieniach i odwołanych kursach. Prowadzi to do zwiększenia zaufania do transportu zbiorowego dzięki przejrzystości i przewidywalności działania systemu. Systemy pozwalają integrować informacje różnych organizatorów, dzięki ustalonym formatom danych (np. GTFS, SIRI). Wyzwaniem jest przeciwdziałanie wykluczeniu cyfrowemu np. wśród osób starszych, niekorzystających z aplikacji mobilnych.

Rysunek 7. Węgierski planer podróży EMMA – wyszukiwarka połączeń na terenie całego kraju oraz podgląd w czasie rzeczywistym lokalizacji wszystkich pojazdów PTZ



Źródło: [131]

1.6.9. Transport na żądanie (ang. Demand-Responsive Transport, DRT)

Na obszarach WK warto rozważyć wprowadzenie rozwiązania nieregularnego PTZ typu DRT [71]. Pasażer zgłasza potrzebę podróży w określonym czasie, wskazując jej źródło i cel. Optymalizacja proponowanego kursu odbywa się w oprogramowaniu organizatora. W Hiszpanii usługi DRT istnieją od początku XXI wieku, choć dopiero autokomputery i aplikacje mobilne, pozwalają zarządzać usługą elastycznie i efektywnie. Uruchomienie usługi zaleca się na obszarach wiejskich lub metropolitalnych, charakteryzujących się niską gęstością zaludnienia, w których regularne usługi PTZ są nieefektywne ekonomicznie. Równocześnie świadczenie usług PTZ na tych obszarach jest niezbędne ze względu na interes publiczny, włączenie i spójność społeczną, a także ze względu na zrównoważony rozwój.

Systemy DRT zyskały na popularności w państwach i regionach o dużej powierzchni oraz niskiej gęstości zamieszkania. W ostatnich latach w szczególności w Hiszpanii pojawiły się różne usługi DRT, w celu zaspokojenia popytu na obszarach wiejskich we wspólnotach autonomicznych (odpowiedniki województw w Polsce) np. Andaluzji, Katalonii, Kastylii i León, Galicji, Madrytu (clic.cat), Sewilli czy Asturii. Usługi tego typu funkcjonują też m.in. w Niemczech, Włoszech, czy w Polsce (np. Tele-bus w Krakowie) [132].

Potrzeby użytkowników, które pokrywa DRT, skupiają się na zapewnieniu dostępu do usług publicznych, w tym m.in. usług zdrowotnych. DRT jest przyjazne dla osób starszych, oczekujących dużej jakości usługi oraz chwalących sobie komunikację z dyspozytorem czy

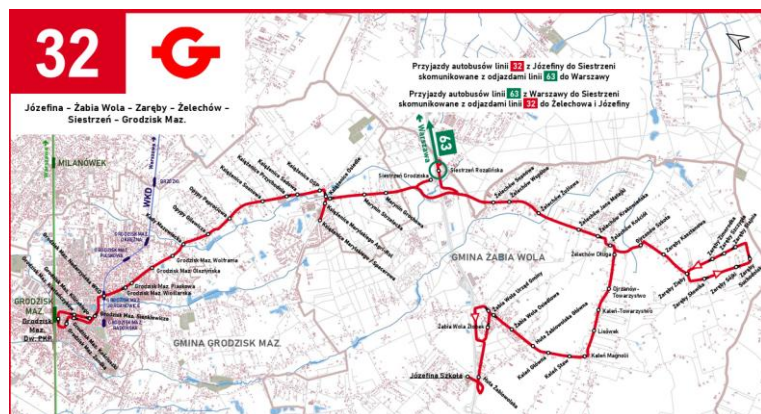
kierowcą. Usługa pozwala funkcjonować takich osobom na obszarach wiejskich. DRT poprawia też bezpieczeństwo pasażerów PTZ: minimalizuje odległości pokonywane pieszo, zatrzymując się na najbliższych do celu przystankach lub wręcz pod konkretnym wskazanym przez pasażera adresem. Implementacja DRT może znacznie poprawić efektywność i dostępność PTZ w Polsce, szczególnie w kontekście obszarów wiejskich i podmiejskich.

1.6.10. Ogólnodostępne usługi PTZ

Sposobem na likwidację WK na obszarach peryferyjnych jest też otwieranie przewozów szkolnych, pracowniczych czy dla PRM, poprzez włączanie tych linii w sieć PTZ o charakterze użyteczności publicznej, dostępnego dla wszystkich mieszkańców. Celem jest lepsze wykorzystanie zasobów, w tym autobusów, kierowców i dotacji.

Otwarcie przewozów szkolnych dla ogółu pasażerów odbywa się np. poprzez ustalenie publicznie dostępnego rozkładu jazdy i odpowiednie oznakowanie pojazdu. Przykładem są przewozy organizowane przez Zielonogórską Komunikację Powiatową czy Grodzkie Przewozy Autobusowe (por. Rysunek 8). Połączenia obsługuje się taborem niskopodłogowym lub niskowejściowym, dostosowanym do przewozu PRM. Zapewnia się też obsługę stref przemysłowych i centrów handlowych przez linie ogólnodostępne, np. strefa w Biskupicach Podgórnych oraz Bielanych Wrocławskich w obsłudze komunikacji gminy Kobierzyce [133].

Rysunek 8. Trasa linii w sieci GPA, obsługującej szkoły w Ojrzeńcu i Józefinie



Źródło: gpa.grodzisk.pl, 2025 [119]

Wśród efektów znajduje się lepsze wykorzystanie środków publicznych, zamiast osobnych przewozów dla różnych grup, uruchamiany jest jeden system PTZ. Zwiększa się liczba kursów na trasach, dzięki współdzieleniu kosztów. Następuje też poprawa dostępności PTZ dla osób starszych, niepełnosprawnych i niezmotoryzowanych. Ponadto, zwiększa się efektywność operacyjna organizatorów, a trasy są zoptymalizowane pod różne cele podróży (szkoły, strefy ekonomiczne, handlowe itd.).

1.7. Podsumowanie aktualnego stanu wiedzy w zakresie wykluczenia komunikacyjnego

Wykluczenie komunikacyjne (WK) to zjawisko, w którym osoba lub grupa osób nie może uczestniczyć w określonych aktywnościach lub dziedzinach życia społecznego. Pojawia się wiele definicji powiązanych z wykluczeniem transportowym (brak możliwości dojazdu – brak dostępu do celów podróży żadnym środkiem transportu, czy to indywidualnym, czy publicznym) lub komunikacyjnym (brak możliwości dojazdu przy wykorzystaniu PTZ). Na cele pracy ograniczono się do zjawiska WK powiązanego z PTZ. Kluczowe jest tu ograniczenie lub brak możliwości uczestnictwa jednostki w różnych dziedzinach życia.

W literaturze anglojęzycznej pojawia się wiele definicji wiążących się z wykluczeniem transportowym. Najbliższym definicyjnie określeniem jest *transport exclusion*, w wyniku, którego powstają pustynie transportowe. Dyskryminacja transportowa może dotyczyć określonych grup osób (np. osób niepełnosprawnych). Wykluczenie możemy też rozpatrywać na tle sprawiedliwości rasowej, luki w mobilności między różnymi grupami społecznymi czy wykluczenia z mobilności w sensie możliwości podjęcia pracy w innym kraju. Przeciwnością wykluczenia jest włączenie (*transport inclusion*), którego celem jest uzyskanie równości (*transport equity*), stanowiące ważną cechę transportu pozwalającą przezwyciężyć osobom ograniczenia osobiste i dotyczące posiadanych zasobów, w dostępie do podstawowych usług i możliwości rozwoju osobistego. W nomenklaturze unijnej wykluczenie transportowe nazywane jest ubóstwem. Konsekwencją WK może być wymuszone posiadanie samochodu (*forced car ownership*), nawet przez osoby niewystarczająco zdolne i sprawne do bezpiecznego korzystania z niego. WK niesie więc poważne konsekwencje dla właściwego funkcjonowania społeczeństw, w szczególności na obszarach wiejskich i peryferyjnych miast.

Akty europejskie wskazują na konieczność zapewnienia równości dostępu, zarówno na obszarach miejskich, jak i wiejskich; ale też dla osób o ograniczonej możliwości poruszania się (PRM), najlepiej poprzez projektowanie uniwersalne. Pomocne mają tu być fundusze europejskie oraz m.in. nowe formy organizacji PTZ przy wsparciu transportu na żądanie czy pojazdów automatycznych, jednak w Polsce obecnie brak jest regulacji umożliwiających legalne wprowadzanie takich usług. Wszystkie dokumenty strategiczne mówią o rozwoju PTZ celem zwiększania jego dostępności. Istotne są też plany mobilności, które pozwalają określić cele strategiczne i adekwatne do nich zestawy działań, zaplanować działania w okresie wieloletnim i monitorować efekty wdrażania poprzez wskaźniki.

W ustawach krajowych należy podkreślić brak zdefiniowania zjawiska WK oraz dopuszczenia do realizacji usług PTZ na zamówienie – zmiany te dopiero są procedowane w procesie legislacyjnym. Problem dostrzegają natomiast krajowe strategie, badacze i publicyści, wskazując, że Polska powiela obecnie występującą w wielu zamożniejszych państwach tendencję do uzależniania się mieszkańców od samochodów. W programach krajowych dominuje podejście infrastrukturalne, natomiast ogromnym problemem PTZ w Polsce jest brak finansowania na realizację usług (eksploatację). W tym zakresie fundusze unijne nie mogą być lokowane, a krajowe, jak np. FRPA. Fundusz poprawił sytuację w organizacji PTZ na obszarach WK, choć nie jest pozbawiony wielu wad, jak np. niewłaściwe kryteria lokowania środków, preferujące małe obszary. Nie pobudza on też samorządów, które dotychczas nie zajmowały się organizacją PTZ, do wzięcia odpowiedzialności za to zadanie własne, które wynika wprost z ustawy o samorządzie. Natomiast niektóre dokumenty na poziomie lokalnym określają obszary występowania WK i podejmują walkę z nim, która przyjmuje różne formy np. tworzenia wspólnych regionalnych organizatorów transportu w formie związków powiatowo-gminnych, międzygminnych czy porozumień o wspólnej organizacji PTZ.

Uwarunkowania wpływające na WK możemy podzielić na podażowe (związane z organizacją PTZ) oraz popytowe (związane z mieszkańcami). Parametry te można ze sobą powiązać i dopiero wtedy ujawniają one prawdziwe cechy WK, gdy połączone są ze sobą czynniki ze strony podaży na PTZ i popytu ze strony mieszkańców. To pozwoliło dojść do przekonania, że metoda oceny WK powinna być zbudowana z powiązania obu rodzajów czynników i tylko wtedy pozwoli ona rzetelnie ocenić to zjawisko. Analiza barier natomiast określiła, że największą z nich jest bariera finansowa po stronie organizatora oraz bariera fizyczna po stronie użytkownika (czas dotarcia do celu podróży).

Wyróżniono 10 dobrych praktyk niwelowania wykluczenia komunikacyjnego, wszystkie mogą być implementowane w Polsce, część z nich jest już zresztą wdrażana. Jako te najbardziej potrzebne do dalszej implementacji na pewno trzeba określić działania z zakresu: właściwego zagospodarowania przestrzennego; integracji organizatorów PTZ, których w Polsce jest dziś zbyt wielu; zapewnienia odpowiedniego finansowania, w szczególności na obszarach peryferyjnych; cyfryzacji rozkładów jazdy i informacji pasażerskiej oraz umożliwienia wdrażania transportu na żądanie (DRT) – usług nieregularnego PTZ.

2. Zrównoważona mobilność

2.1. Koncepcja zrównoważonej mobilności

Zrównoważona mobilność jest działaniem powiązaniem z 17 celami Agendy na Rzecz Zrównoważonego Rozwoju 2030 ONZ, przyjętej na szczycie w Nowym Jorku w 2015 r. [134]. Zagadnienie mobilności wiąże się z celami zrównoważonego rozwoju, w tym m.in.:

1 – Wyeliminowaniem ubóstwa we wszystkich jego formach na całym świecie – wyrażanym np. przez ograniczony dostęp do edukacji i podstawowych usług, czyli przez wykluczenie społeczne, a brak dojazdu sprzyja temu zjawisku;

3 – Zapewnieniem wszystkim ludziom w każdym wieku zdrowego życia oraz promowania dobrobytu – zapewniając m.in. dostęp społeczności do lekarzy oraz ograniczając zanieczyszczenie środowiska, z czym system mobilności również jest powiązany;

4 – Zapewnieniem wszystkim edukacji wysokiej jakości oraz promowaniem uczenia się przez całe życie – definiuje się tu nierówny dostęp do szkół dzieci z obszarów wiejskich, względem obszarów miejskich, który znów powiązany jest z mobilnością;

7 – Zapewnieniem wszystkim dostępu do źródeł stabilnej, zrównoważonej i nowoczesnej energii po przystępnej cenie – w zakresie poprawy efektywności energetycznej systemu mobilności i rozpowszechniania wykorzystania energii odnawialnej;

11 – Uczynieniem miast i osiedli ludzkich bezpiecznymi, stabilnymi, zrównoważonymi oraz sprzyjającymi włączeniu społecznemu – wdrożenie praktyk w zakresie planowania i zarządzania. Zapewnienie wszystkim dostępu do bezpiecznych, przystępnych cenowo i trwałych systemów transportu, podniesienie poziomu bezpieczeństwa na drogach, zwłaszcza poprzez rozwijanie PTZ, zwrócenie uwagi na potrzeby grup wrażliwych, kobiet, dzieci, osoby niepełnosprawne i starsze, które poprzez transport mogą być wykluczone społecznie;

12 – Zapewnienie wzorców zrównoważonej konsumpcji i produkcji – zmniejszenie m.in. zależności od samochodów prywatnych, przy czym szacuje się, że w latach 2002-2020 wskaźnik przejechanych kilometrów na świecie wzrósł o 40%, a liczba samochodów o 32%;

13 – Podjęcie pilnych działań w celu przeciwdziałania zmianom klimatu i ich skutkom – wzmocnienie zdolności adaptacyjnych i odporności na zagrożenia klimatyczne i katastrofy naturalne we wszystkich krajach i zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych.

Koncepcja zrównoważonej mobilności w szczególności propagowana jest w Unii Europejskiej dla miejskich obszarów funkcjonalnych (MOF), czyli miast i ich stref dojazdowych – obszarów funkcjonalnych [135], ze względu na nasilenie negatywnych zjawisk w tych obszarach występujących: zatłoczenia, zanieczyszczeń powietrza, hałasu,

długich czasów dojazdu, braku alternatyw w dojeździe względem własnego samochodu itd. W obszarach miejskich zjawisko WK jest mniejsze niż na obszarach wiejskich, z dala od miast i dużych aglomeracji. Zjawiska z terenów miejskich co raz częściej występują na terenach podmiejskich i wiejskich, tylko z innym stopniem zintensyfikowania. Mieszkańcy obszarów wiejskich często codziennie przemieszczają się do obszarów miejskich do pracy lub szkoły, więc ich zachowania transportowe są również kluczowe dla systemu zrównoważonej mobilności miejskiej. W przypadku Planów zrównoważonej mobilności miejskiej (z ang. *Sustainable urban mobility plan*, w skrócie SUMP) obszarem opracowania jest więc strefa rzeczywistych dojazdów mieszkańców i zwraca się tu uwagę, że odsetek wykorzystania samochodu poza miastami jest dużo wyższy niż w miastach, ale też mieszkańcy mają dużo mniejsze możliwości wykorzystania alternatywnych środków transportu. Kluczowe staje się tu na przykład określenie podstawowego dostępu do usług PTZ.

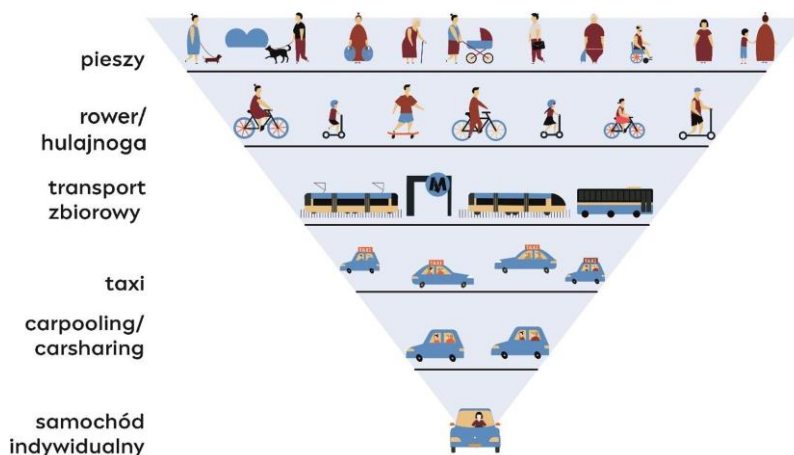
Przykładem MOF jest Metropolia Warszawska, w skład której wchodzi: Miasto Stołeczne Warszawa (1,9 mln mieszkańców) i 69 gmin na terenie 9 powiatów dookoła miasta (1,4 mln mieszkańców). 30 gmin wchodzących w jej skład to gminy wiejskie [136]. Mieszkańcy Warszawy mają zupełnie odmienne zachowania transportowe od pozostałych mieszkańców Metropolii Warszawskiej. Według diagnozy zachowań transportowych mieszkańców z 2022 r., 33% mieszkańców Warszawy w podróżach obligatoryjnych wykorzystuje samochód, a 55% PTZ, natomiast wśród mieszkańców pozostałego obszaru Metropolii: 57% osób wykorzystuje samochód, a tylko 24% PTZ [137].

Koncepcja zrównoważonej mobilności stanowi odpowiedź na wyzwania klimatyczne, przed jakimi stoi świat. Wciąż rosnąca emisja CO₂ prowadzi do coraz szybszej zmiany klimatu: globalnego ocieplenia, częstszych i intensywniejszych zjawisk pogodowych. Straty finansowe spowodowane skrajnymi zjawiskami pogodowymi w 27 krajach UE przekroczyły w ostatnich 40 latach wartość 487 mld euro oraz 138 000 nadmiarowych zgonów (w tym 2 121 w Polsce) [138]. Dlatego jednym z podstawowych celów zrównoważonej mobilności jest ograniczenie emisji CO₂ w wyniku funkcjonowania sektora transportu odpowiedzialnego za 25% całkowitej emisji gazów cieplarnianych w UE w 2019 r., z czego 72% emisji transportowych pochodzi z transportu drogowego [139]. Zgodnie z analizą unijnego centrum obserwacji zmian klimatu, w maju 2025 r. osiągnęliśmy poziom wzrostu globalnie temperatury na ziemi o +1,4°C względem poziomu sprzed epoki przemysłowej [140], a poziom +1,5°C osiągniemy w kwietniu 2029 r. Poziom ten zawarto w Porozumieniu Paryskim z 2015 r., jako próg, na poziomie którego globalne ocieplenie powinno zostać powstrzymane i poniżej kolejnego progu +2,0°C. Międzyrządowy Zespół ds. Zmian Klimatu

ONZ wskazuje, że już przekroczenie progu $+1,5^{\circ}\text{C}$ grozi uwolnieniem znacznie poważniejszych skutków zmian klimatu, w tym częstszych i dotkliwych susz, fal upałów i opadów deszczu [141], a powyżej $+2,0^{\circ}\text{C}$ zmiany te mogą być jeszcze bardziej dotkliwe.

Ważnym celem zrównoważonej mobilności jest budowa odporności na kryzysy, poprzez gospodarkę zasobooszczędną, zamkniętego obiegu oraz wykorzystanie zasobów odnawialnych. Stąd wynika dążenie do wzrostu udziału podróży zrównoważonymi formami mobilności, w pierwszej kolejności pieszo, rowerem i transportem publicznym, a dopiero w dalszej kolejności taksówką, pojazdem współdzielonym i samochodem indywidualnym, zgodnie z tzw. odwróconą piramidą mobilności (por. Rysunek 9). Działania mają doprowadzić do uniezależnienia się od paliw kopalnianych na świecie, importu surowców z krajów wątpliwych pod kątem systemu politycznego czy pod kątem przestrzegania praw człowieka oraz dostaw energii ze źródeł nieodnawialnych. Z tego powodu rozwija się odnawialne źródła energii i produkuje wodór, z którego korzysta zeroemisyjny transport. Nadmienić tutaj jednak trzeba, że dotychczasowe analizy wskazują, że transport wodorowy jest kilkakrotnie bardziej kosztowny i wymagający technicznie niż transport bateryjny (elektryczny). Transport elektryczny w okresie żywotności pojazdu ma już szansę bilansować się z kosztem wykorzystania pojazdu spalinowego. Kluczowa jest tu relacja ceny oleju napędowego do ceny energii elektrycznej [142]. Mieszkańcy oczekują również ulic i przestrzeni im przyjaznych oraz zielonych, co przekłada się na jakość życia i zamieszkania w otoczeniu korytarzy drogowych. Koncepcja zrównoważonej mobilności zakłada też zaangażowanie mieszkańców w pracę nad mobilnością danego obszaru poprzez warsztaty, spacerki badawcze czy konsultacje społeczne, przeprowadzane na różnych etapach procesu planowania zrównoważonej mobilności.

Rysunek 9. Odwrócona piramida mobilności



Źródło: Plan zrównoważonej mobilności miejskiej dla metropolii warszawskiej 2030+ [143]

Jednym z podstawowych czynników zrównoważonej mobilności jest objęcie analizą wszystkich form mobilności na obszarze, obserwacja wzajemnych interakcji oraz podejmowanie działań ukierunkowanych na wzrost funkcjonalności i efektywności całego systemu mobilności. Nie jest to więc analiza oddzielnie każdego systemu: ruchu pieszego, rowerowego, samochodowego, logistyki miejskiej, PTZ, współdzielonego itd.; a analiza szukająca optymalizacji działania wszystkich tych podsystemów transportu jednocześnie. Nie tylko odpowiednie zaplanowanie systemu transportowego ma w koncepcji mobilności zrównoważonej znaczenie, a także zastosowanie wśród narzędzi zarządzania popytem na transport m.in. odpowiedniego planowania przestrzennego. Różnic między tradycyjnym podejściem do planowania transportu a planowaniem mobilności zrównoważonej jest więcej, co przedstawia Tabela 7, pochodząca z wytycznych przygotowania SUMP.

Tabela 7. Zestawienie tradycyjnego podejścia przy planowaniu transportu a planowania zrównoważonej mobilności miejskiej

Tradycyjne planowanie transportu	Planowanie zrównoważonej mobilności miejskiej
Koncentracja na ruchu	Koncentracja na ludziach i ich potrzebach
Cel: płynność i prędkość ruchu	Cel: dostępność i jakość życia
Granice administracyjne miasta	Granice funkcjonalne, uwzględniające obszary dojazdów do pracy
Skoncentrowanie na środkach transportu	Zintegrowane z planowaniem przestrzennym, rozwojem gospodarczym, potrzebami socjalnymi, jakością środowiska i zdrowia
Cele krótko i średnio terminowe	Długoterminowa wizja
Mandat polityczny i planowanie przez ekspertów	Ważni interesariusze i społeczeństwo aktywnie zaangażowani
Domena inżynierów ruchu	Planowanie interdyscyplinarne
Skoncentrowane na infrastrukturze	Kombinacja rozwiązań: infrastruktury, usług, rynkowych, informacyjnych i promocyjnych
Ograniczona ocena wpływu	Ocena i ewaluacja skutków oraz „uczenie się na błędach”

Źródło: SUMP Guidelines [135]

Pierwszą z różnic jest zmiana paradygmatu koncentracji na ruchu (w szczególności drogowym) i dążenia do zwiększania jego płynności (redukcji kongestii) na rzecz koncentracji na ludziach i realizacji ich potrzeb, gdzie celem jest wzrost dostępności celów podróży oraz jakości życia mieszkańców. Zmiana wynika z tego, że za narzędzie do poprawy płynności i prędkości ruchu często przyjmowano dalszą rozbudowę infrastruktury drogowej,

która w pierwszych miesiącach po oddaniu drogi o zwiększonej przepustowości rzeczywiście poprawiała parametry przemieszczania się mieszkańców, jednak wraz z kolejnymi latami po oddaniu inwestycji powodowała dalszy wzrost natężenia ruchu aż do osiągnięcia przepustowości (prawo Lewisa-Mogridge'a [144]) i spadku parametrów ruchu (prędkości podróży) w godzinach szczytu do wartości nawet mniejszych niż przed przeprowadzeniem inwestycji. Wzrost natężenia ruchu szedł jednak w korelacji z zabudową obszarów w otoczeniu drogi – w Polsce to zjawisko oznacza intensywną suburbanizację obszarów podmiejskich [145]. W efekcie rosną odległości podróży do miejsc pracy i edukacji, ze względu na większe rozproszenie miejsc zamieszkania w obszarze. Zjawisko to również zostało opisane przez naukowców w kontekście rozwoju środków transportu, poprzez Stałą Marchettiego, która wynosi 30 minut w jednym kierunku codziennej podróży i określa czas, jaki przeciętny człowiek dziennie jest w stanie poświęcać na dojazdy. Stała ta została określona jako niezależna od narodowości, rasy, płci, wiary i innych czynników różnicujących społeczności świata [97]. Wraz ze wzrostem prędkości na wylotach miast za sprawą rozwoju dróg szybkiego ruchu, w powyższym czasie podróży znajduje się co raz większy obszar podmiejski, czego efektem jest suburbanizacja. Im dalej od miasta buduje się miejsca zamieszkania, to te obszary co raz bardziej mogą być objęte WK, tzn. braku alternatywy dla przemieszczania się samochodem.

Z tego też powodu granice administracyjne miast przestały być granicami planowania mobilności. W kontekście MOF-ów zwraca się uwagę, że nawet najlepsze działania prowadzone tylko przez jednostki miejskie będą nieskuteczne, ponieważ zwolnioną przepustowość dróg przez mieszkańców miasta, gdzie prowadzone są skuteczne działania na rzecz mobilności, zapełnią mieszkańcy gmin podmiejskich i wiejskich, których nawyki przemieszczania się nie ulegną zmianie, a wręcz łatwiejszy dostęp samochodem może zachęcić do wzrostu przemieszczania się tą formą transportu. Z tego też powodu działania w miastach, powinny być powiązane z działaniami podejmowanymi na obszarach podmiejskich i wiejskich.

Duże znaczenie w koncepcji zrównoważonej mobilności mają interakcje z planowaniem przestrzennym, które mają doprowadzać do redukcji odległości pomiędzy źródłami (miejscami zamieszkania), a celami podróży. Preferuje się mieszanie funkcji zabudowy, by nie tworzyły się skupiska zabudowy monofunkcyjnej, np. mieszkaniowej, która będzie generować jednokierunkowe potoki ruchu, związane z codzienną aktywnością mieszkańców. Preferuje się też intensywną zabudowę w pierwszej kolejności otoczenia

istniejących przystanków na korytarzach transportu szynowego, w szczególności usługami, edukacją czy miejscami pracy, które będą zwiększać udział podróży PTZ ze względu na dogodną lokalizację np. przy kolei. Będą one też naturalnymi punktami nie tylko przesiadek, ale agregacji potoków pasażerów w różnych celach podróży. Dla nowych osiedli o intensywnej zabudowie, należy wpierw zaplanować centralny przebieg środka transportu szynowego. Koncepcję takiego działania opisano w poprzednim rozdziale i oznaczono skrótem TOD [104].

W koncepcji mobilności wprowadza się 3-stopniową hierarchię działań, według której w pierwszej kolejności powinno się eliminować konieczność dojazdu, za sprawą rozwiązań IT i coworkingowych oraz redukować odległości dzięki odpowiedniemu planowaniu przestrzeni (wzrost możliwości dojść pieszych i dojazdów na rowerze); w drugiej kolejności odpowiednio lokalizować miejsca pracy i zamieszkania w węzłach transportowych, a na końcu efektywnie kształtować system transportowy, np. poprzez drogi czy uruchamianie linii autobusowych. Podobnie rzecz ma się z walką z WK, gdzie można wskazać taką 3-stopniową hierarchię działań, a zapewnienie dostępu do PTZ jest na 3 miejscu w skali działań [146].

Działania, które podejmuje się w zrównoważonej mobilności polegają więc nie tylko na rozwoju infrastruktury czy zakupie taboru, na czym w ostatnich latach skupia się wydatkowanie funduszy unijnych w Polsce. Nie doprowadziło to do istotnych zmian w wykorzystaniu poszczególnych środków transportu w obszarach miejskich. Jak wskazał prof. Michał Wolański, w swojej pracy habilitacyjnej „Skuteczność interwencji publicznej w zakresie mobilności miejskiej”, największy wpływ na wzrost liczby przewożonych pasażerów w PTZ ma wzrost pracy eksploatacyjnej (liczby wozokilometrów zapewnianej usługi), a nie wyremontowane torowisko tramwajowe czy nowszy tabor. Kluczowa jest odpowiednia usługa wyrażana czasem podróży, częstością czy niezawodnością kursowania. Wzrost pracy eksploatacyjnej musi być odpowiednio ukierunkowany na obszary wymagające większej liczby linii lub kursów albo obszary WK [70]. Z tego powodu, koncepcja mobilności obejmuje nie tylko działania inwestycyjne z zakresu rozwoju infrastruktury czy taboru, a także ich kombinację z działaniami rynkowymi, usługowymi, informacyjnymi i promocyjnymi. Należy do działań angażować nie tylko inżynierów ruchu, a także m. in. urbanistów, specjalistów ds. ochrony środowiska, architektów, edukatorów, marketingowców, ekonomistów, decydentów itd.

Jedną z koncepcji rozwoju obszarów miejskich, powstała w ramach unijnego programu CREATE pod przewodnictwem prof. Petera Jonesa z University College London,

zakłada, że zrównoważona mobilność jest etapem przejściowym w ewolucji. Ewolucja ta w dzisiejszych czasach miałaby przebiegać w 4 fazach. Fazą startową są obszary miejskie zorientowane na ruch samochodowy, dopóki nie zaczyna on sprawiać problemów. Kolejną fazą jest odwrócenie tej sytuacji przez zrównoważoną mobilność, a trzecią fazą jest dążenie do tzw. „miasta miejsc” (z języka angielskiego *city of places*), czyli tworzonego z nastawieniem na lokalność, jakość życia i zapewnienie wszystkich potrzebnych dóbr w zasięgu pieszego dojścia, dojazdu rowerem lub PTZ. Jako fazę 4 – docelową – określono tworzenie zintegrowanych obszarów miejskich na poziomie regionalnym [147].

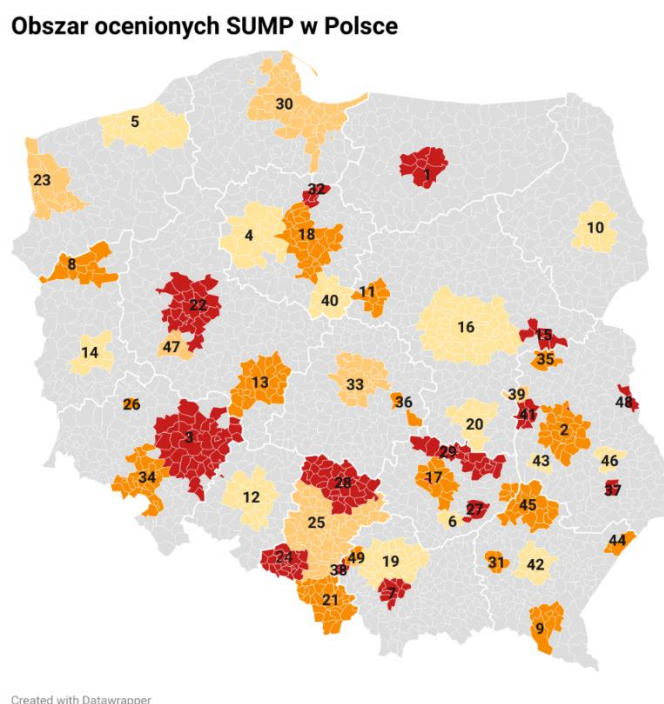
2.2. Plan zrównoważonej mobilności

Plan zrównoważonej mobilności miejskiej (ang. *Sustainable urban mobility plan*, w skrócie SUMP) to strategia długoterminowa (na 20-30 lat), wraz z planem wdrożenia na pierwszy okres trwający do 10 lat. Dokument jest strategiczno-operacyjny, który nie tylko określa kierunek działań, ale też konkretne działania do podjęcia w określonym czasie. Strategia nastawiona jest na zaspokojenie potrzeb mobilności ludzi oraz gospodarki w miastach i ich otoczeniu, dla lepszej jakości życia, a także na zapewnieniu dobrego dostępu do celów podróży i usług [135]. Dokument wcześniej był fakultatywny w przygotowaniu, natomiast od 2027 r. ma być wymagany przez KE dla 424 tzw. węzłów miejskich w transeuropejskiej sieci transportowej TEN-T (przez Polskę przebiegają 3 z 9 korytarzy TEN-T, a w ich ramach utworzono 30 węzłów miejskich), jako narzędzie które może skutecznie doprowadzić do zmian w mobilności [148]. Plan jest wielogałęziowy (transport pieszy, rowerowy, indywidualny, publiczny, współdzielony, logistyka miejska) i obejmuje też kwestie zagospodarowania przestrzennego, wpływania na popyt oraz edukację i promocję.

Za miejski obszar funkcjonalny (MOF), czyli obszar właściwy SUMP unijnej typologii terytorialnej, przyjmuje się obszar miasta rdzenia oraz otaczających go gmin, w takim zakresie, że co najmniej 15% codziennych podróży mieszkańców tych gmin odbywa się do miasta rdzenia. Aktualny podział MOF w Polsce został ustalony w 2023 r. na podstawie spisu powszechnego z 2021 r. Wyznaczono 55 MOF, o 3 mniej niż wynikało z danych z 2011 r. Współdziałanie w zakresie MOF przy opracowaniu SUMP dotychczas nie zostało jednak ustawowo określone i odbywa się na podstawie ogólnych zadań samorządów (Ustawa o zasadach prowadzenia polityki rozwoju [149] oraz Ustawa o samorządzie: gminnym [50] czy powiatowym [51]), a także unijnej typologii terytorialnej [150]. Często wymaga to zawarcia porozumienia międzygminnego lub powiatowo-gminnego, celem przygotowania planu mobilności, co jest procesem długotrwałym i wymaga zgody radnych wszystkich JST.

Ministerstwo Infrastruktury prowadzi comiesięcznie aktualizowane repozytorium SUMP (por. Rysunek 10). To baza zawierająca dane o dokumentach, wraz z odnośnikami do materiałów. W Polsce powstało już 49 (stan na 31.10.2025 r.) ocenionych planów mobilności zamieszkiwanych przez 22,5 mln osób, to jest 60% ludności kraju [151]. Zapisy SUMP obejmują więc już ponad połowę mieszkańców Polski. Warto zaznaczyć, że typologia MOF GUS na podstawie danych ze spisu powszechnego, a realnych obszarów SUMP ocenianych w repozytorium nie pokrywa się. W części przypadków rzeczywisty SUMP zawiera więcej gmin niż wynikało to ze wskaźników dojazdów (np. Świnoujście w SUMP dla MOF Szczecina), w części przypadków tych gmin jest w SUMP znacznie mniej niż powinno wynikać z ruchu mieszkańców (np. tylko miasto rdzeń w SUMP Zamościa, nie spełnia to w ogóle definicji planu mobilności, nie zawierając żadnego obszaru funkcjonalnego miasta), a w części MOF kilku miast zostały w ramach SUMP połączone w jedno opracowanie (Gdańsk, Gdynia i Tczew – w Obszar Metropolii Gdańsk-Gdynia-Sopot). Zaplanowanie mobilności w całym wymiarze regionu najlepiej dotychczas zrealizowano na terenie województwa śląskiego, gdzie cały obszar województwa pokryty jest jednym z 4 planów mobilności – Subregionu Centralnego, Zachodniego, Północnego lub Południowego (Aglomeracja Beskidzka) [150].

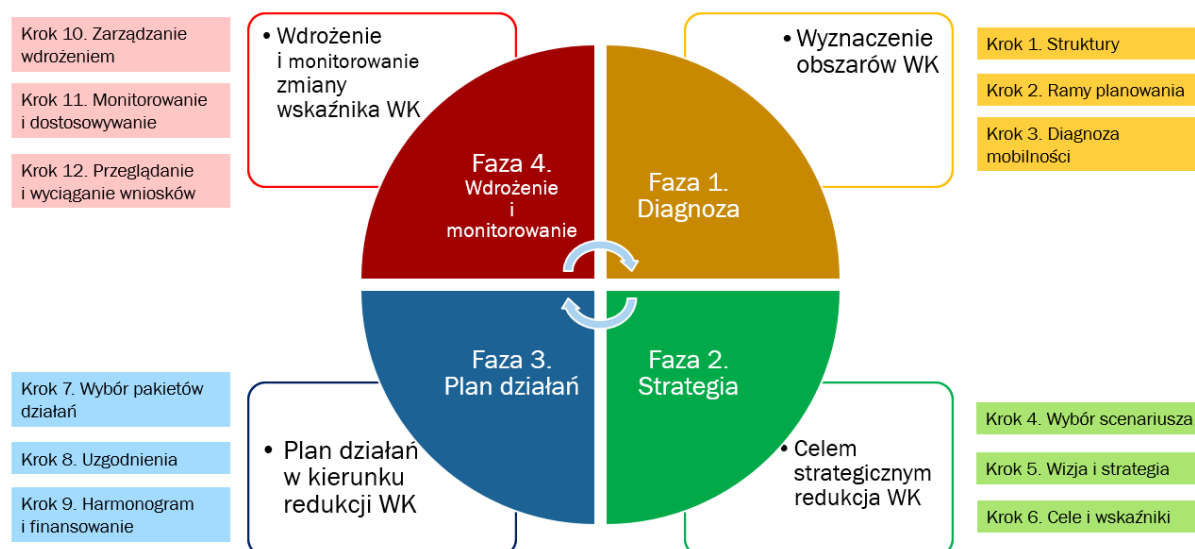
Rysunek 10. Obszary, dla których opracowano SUMP-y w Polsce



Źródło: Ministerstwo Infrastruktury → Repozytorium SUMP [151]

Proces przygotowania SUMP opisany jest w unijnych wytycznych [135] poprzez cykl, który składa się z 4 faz i 12 kroków (por. Rysunek 11).

Rysunek 11. Cykl planowania zrównoważonej mobilności miejskiej



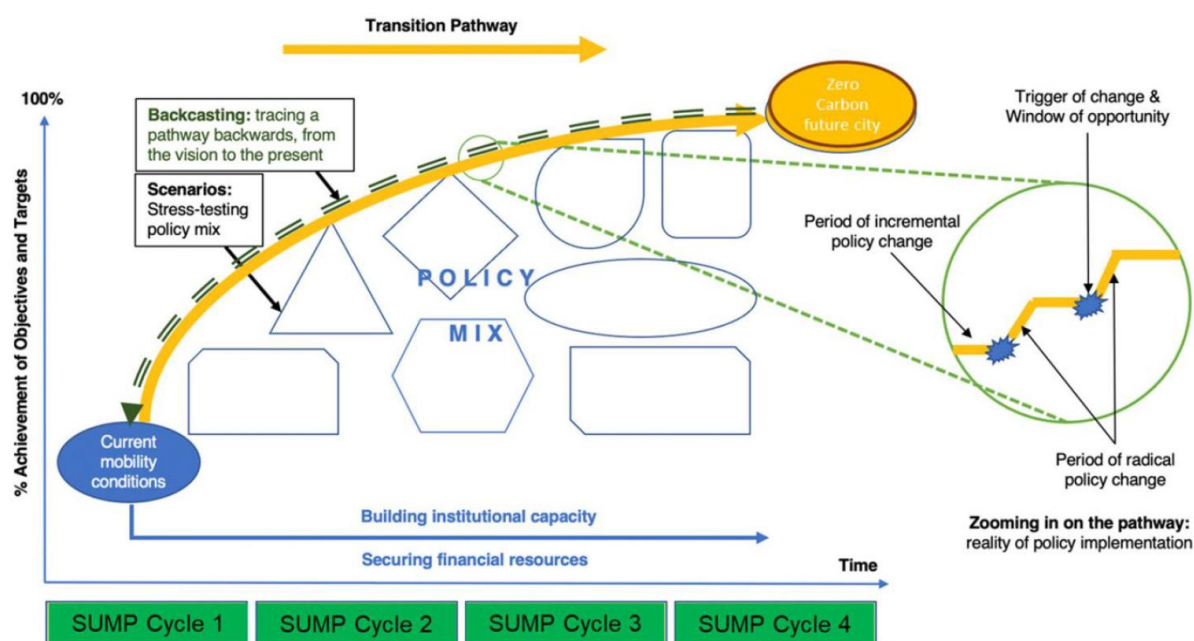
Źródło: opracowanie własne na podstawie SUMP Guidelines [135]

W fazie I podejmuje się decyzję o przygotowaniu SUMP, przygotowuje się struktury robocze, ramy i harmonogram planowania oraz przeprowadza diagnozę mobilności w MOF. Przeprowadzenie tej fazy wspomaga m.in. Narzędzie samooceny SUMP [152]. Po ustaleniu kluczowych problemów do rozwiązania, w fazie II wybiera się optymalny scenariusz rozwoju mobilności, co prowadzi do opracowania wizji i celów strategicznych wraz ze wskaźnikami rezultatu. W ten sposób opracowana zostaje strategia. Faza III prowadzi do zaplanowania i wyboru najlepiej pasujących do celów pakietów działań, wraz z przygotowaniem harmonogramu wdrożenia, podziałem odpowiedzialności i określeniem finansowania. W ten sposób powstaje plan operacyjny. W fazie IV przeprowadza się wdrożenie, monitoruje jego efekty, przeprowadza się bieżące dostosowania działań oraz komunikuje zmiany mieszkańcom. Krok 12 będący zakończeniem cyklu i fazy IV, a równocześnie rozpoczęciem kolejnego cyklu planowania mobilności, polega na przeglądzie efektów (obserwacja zmiany wartości wskaźników rezultatu) i wyciąganiu wniosków z wdrożenia. Jest to ważny krok kształtujący proces poprawy i ulepszenia podejmowanych działań w kolejnym cyklu SUMP. Krok ten stanowi więc wkład do analizy sytuacji w zakresie mobilności w cyklu 2.

Zrozumienie wszystkich kroków cyklu, ale też tego, że jest to proces polegający na uczeniu się i doskonaleniu wraz z kolejnymi cyklami SUMP, trwającymi ok. 8-10 lat, doprowadza planistów do tworzenia strategii, które wpływają na rzeczywistość i zmierzają w kierunku postawionych celów. Bardzo ważne jest zrozumienie, że planowania mobilności

nie kończy jeden cykl SUMP, a efekty mogą zostać osiągnięte dopiero po kilku zrealizowanych cyklach, co może oznaczać okres nawet 30-40 lat wdrażania postanowień planów mobilności. Takiego podejścia świadoma jest też Komisja Europejska, co wyraża Rysunek 12, pokazujący inkrementacyjne znaczenie podejmowanych działań na poziom realizacji zakładanych celów i wskaźników. Tymczasem w Polsce, przygotowywane w ostatnich latach plany mobilności zakładają bardzo ambitne cele, duże spadki emisji zanieczyszczeń (spadek o 47% emisji GHG do 2030 r. w Metropolii Warszawskiej) czy wzrosty dostępności PTZ (wzrost o 6 pp. dostępu do PTZ o częstotliwości dobrej z 62 do 68% w 2030 r. w Metropolii Warszawskiej), które, co jest bardzo prawdopodobne, nie zostaną osiągnięte w zakładanym czasie. Jednak błędem nie jest stawianie sobie ambitnych celów, a kluczowa do ich realizacji będzie rewizja podejmowanych pakietów działań, w kolejnych cyklach realizacji SUMP.

Rysunek 12. Osiągnięcie celów zrównoważonej mobilności wg Komisji Europejskiej



Źródło: Decarbonisation of Urban Mobility [153]

2.3. Wykluczenie komunikacyjne w planach mobilności

Walka z wykluczeniem komunikacyjnym może być jednym z celów strategicznych SUMP. WK sensu stricte często nie jest wymieniane w nim wprost, ale pośrednio, za sprawą współczynników dostępności do PTZ.

Dziś przygotowywane plany mobilności w Polsce (np. **SUMP MW – Metropolii Warszawskiej** [154]) zawierają 4 podstawowe wskaźniki zrównoważonej mobilności miejskiej (SUMI) [155], służące do opisanego aktualnego stanu systemu transportu miejskiego

oraz monitorowania postępów w realizacji wyznaczonych celów: liczbę ofiar śmiertelnych w ruchu drogowym, emisję gazów cieplarnianych (ton CO₂) oraz zanieczyszczeń powietrza (kg PM_{2,5}) i dostęp do PTZ o odpowiedniej częstotliwości. Plany mobilności, jako środek wpierw do oceny WK, a następnie wypracowania zestawu działań pomocnych w walce z nim, ich wdrożenia i monitorowania efektów, wskazywane są też przez wykonawców tego typu opracowań [156].

Ostatni z wymienionych wskaźników jest więc ściśle powiązany z WK. Za dostęp o odpowiedniej częstotliwości określa się w MW udział mieszkańców z bardzo dobrym lub dobrym dostępem do PTZ. Dostęp wyznacza się za pomocą udziału liczby mieszkańców, którzy mają możliwość pieszego dojścia do przystanku autobusowego lub tramwajowego oddalonego mniej niż 5 minut (417 m w linii prostej) albo do przystanku kolei lub metra oddalonego mniej niż 10 minut (833 m w linii prostej) od miejsca zamieszkania, zapewniającego bardzo dobrą lub dobrą częstotliwość kursowania, w liczbie wszystkich mieszkańców obszaru. Definicja dobrej lub bardzo dobrej częstotliwości kursowania uzależniona jest od tego, czy analizowany obszar to JST licząca poniżej lub powyżej 100 tys. mieszkańców (por. Tabela 8) [154]. Przedziały wartości przyjęte w MW nie są jednak zamknięte i nie pokrywają wszystkich możliwości. Wątpliwe jest rozróżnienie parametrów do oceny dostępności PTZ na podstawie granicy ludności 100 tys. osób. Taki przydział parametrów powoduje założenie z góry akceptacji gorszych wskaźników dostępności dla obszarów o mniejszej liczbie mieszkańców, w szczególności w zakresie oceny dobrej dla JST poniżej 100 tys. mieszkańców, która oznacza, że w grupie przystanków w zasięgu miejsca zamieszkania odbywają się średnio poniżej 4 połączenia na godzinę. Powstaje pytanie czy brak kursów to też dostępność dobra (średnio 0 połączeń na godzinę to nadal poniżej 4) czy też w niepoprawny sposób w SUMP opisano te wskaźniki. W każdym razie, z perspektywy WK dotyczącego przede wszystkim obszarów peryferyjnych i wiejskich, przy ocenie częstości kursowania PTZ nie powinno się tak diametralnie różnie jej oceniać.

Tabela 8. Definicja dobrego i bardzo dobrego dostępu do PTZ w Metropolii Warszawskiej

Dostęp do PTZ w godz. 6:00-20:00 w zasięgu grup przystanków w sumie	Dobry	Bardzo dobry
JST poniżej 100 tys. mieszkańców	poniżej średnio 4 połączenia na godzinę	powyżej średnio 4 połączenia na godzinę
JST powyżej 100 tys. mieszkańców	powyżej średnio 4 połączenia na godzinę	powyżej średnio 10 połączeń na godzinę

Źródło: SUMP Metropolii Warszawskiej [154]

Autorzy warszawskiego SUMP wskazują jako kluczową słabą stronę obszaru Metropolii „wykluczenie transportowe na obszarach gmin MW, gdzie PTZ działa w zbyt małym zakresie w stosunku do zapotrzebowania lub (jak w przypadku części gmin MW, szczególnie we wschodniej części) brakuje go. Skutkuje to wysoką liczbą ofiar śmiertelnych w wypadkach drogowych w części powiatów i gmin w MW oraz kongestią na drogach wjazdowych do Warszawy”. A sami, formułując powyżej opisane wskaźniki, będą ten stan wykluczenia utrzymywać. Z kolei jako kluczową mocną stronę autorzy wskazują „powstawanie nowych oraz rozwój istniejących systemów sieci autobusowych organizowanych przez gminy i powiaty MW, obsługujących połączenia gminne i międzygminne, w tym obejmujących także części obszarów wykluczenia transportowego w MW” [154]. Mowa tu o sieciach transportu powiatowego lub związkach powiatowo-gminnych, czego najlepszym przykładem w MW są Grodziskie Przewozy Autobusowe (GPA). W 2025 roku w sieci funkcjonuje już 85 linii, które obsługuje ponad 130 autobusów. Roczna praca eksploatacyjna wynosi około 13 mln wozokilometrów [119]. Jako kluczowe zagrożenie wskazuje się natomiast „Utrzymanie lub postępujący wzrost obecnego poziomu WK części mieszkańców (w małych miastach i na obszarach wiejskich), bezpośrednio wynikający z braku węzłów przesiadkowych, a także niewydolności funkcjonalnej oraz infrastrukturalnej istniejącej infrastruktury, połączony z brakiem nowych linii PTZ, możliwych przesiadek oraz integracji taryfowo-biletowej na obszarze MW, co skutkuje dalszym przyrostem ruchu samochodowego w przemieszczaniu się po MW oraz wzrostem natężenia ruchu” [154].

SUMP dla Subregionu Centralnego Województwa Śląskiego zwraca uwagę na likwidację WK w kontekście przeniesienia do planu celów strategicznych z Regionalnego Planu Transportowego (RPT): „transport przyjazny mieszkańcom — z akcentem położonym na poprawę dostępności, likwidację WK, wzmocnienie intermodalności i uatrakcyjnienie oraz unowocześnienie transportu”. W ramach Celu operacyjnego I – Spójny i dostępny dla wszystkich transport metropolitalny, zadaniem nr 6 jest Stworzenie lokalnych systemów transportu powiatowego, żeby zapobiec WK. „Zależy nam na tym, aby niezbędne usługi były dostępne dla wszystkich mieszkańców najmniejszych miejscowości. Dlatego nawet w najbardziej oddalonych zakątkach wybranych powiatów Subregionu Centralnego uruchomimy zorganizowany PTZ, zapewniający możliwość dotarcia do najbliższych ośrodków powiatowych oraz stacji i przystanków kolejowych.” Plan nie zawiera stricte wskaźników WK, a we wskaźnikach rezultatu odnosi się udziału podróży wykonywanych wyłącznie samochodem w ogólnej liczbie podróży, emisji dwutlenku węgla i liczby ofiar śmiertelnych, natomiast wskaźnikiem produktu najbardziej dotyczącym dostępności

transportu jest liczba mieszkańców w promieniu 1 km od stacji kolei metropolitalnej, która z wartości bazowej 20% mieszkańców w 2022 r. ma ulec zmianie na 30% w 2030 r. [157].

W SUMP dla MOF Torunia formą walki z WK jest zmiana podejścia do planowania przestrzennego, tj. „Stworzenie systemu zachęt dla przedsiębiorców do tworzenia punktów usługowych i handlowych w bezpośredniej bliskości zabudowy mieszkalnej lub w obszarach wykluczonych pod względem dostępności do tych usług”. Wskazuje on też, że sprawnie działający PTZ pozwala na „likwidację WK, zmniejszając to niepożądane zjawisko za sprawą środków finansowych na lepszą infrastrukturę i rozwój połączeń pochodzących z komponentów krajowych oraz europejskich”. Wśród wskaźników planu znajduje się analogiczny wskaźnik dostępności PTZ jak w MW, jednak tutaj jego wartość wyznacza suma liczby mieszkańców, którzy mają dostęp do bardzo dobrego PTZ oraz połowy sumy mieszkańców, mających dostęp do dobrego PTZ. Wartości graniczne częstości kursowania itd. zostały przyjęte tak samo, jak w SUMP MW. Wartość bazowa w MOF Torunia wyniosła 47%, a docelowa dla roku 2030 – 50% i roku 2040 – 55% [158].

SUMP dla Koszalińsko-Kołobrzesko-Białogardzkiego Obszaru Funkcjonalnego (KKBOF) na lata 2021-2030 zwraca uwagę na zagrożenie WK, wynikające ze wzrostu liczby osób w wieku poprodukcyjnym i niedostosowanie infrastruktury oraz taboru do ich potrzeb. Ponadto podkreśla się, że istotnym zadaniem jest eliminacja barier infrastrukturalnych utrudniających poruszanie się osobom o ograniczonej mobilności oraz przeciwdziałanie WK poprzez uwzględnianie potrzeb różnych grup społecznych i ich rozbieżnych oczekiwań (wiek, status materialny, styl życia, zdrowie, uwarunkowania rodzinne i zawodowe). Pakiet działań obejmuje też poprawę dostępności PTZ na obszarze KKBOF, w szczególności na obszarach WK np. poprzez organizowanie nowych połączeń komunikacyjnych, zwiększanie ich częstotliwości, z wykorzystaniem możliwości współpracy sektora publicznego i prywatnego. Wśród wskaźników również znalazły się wskaźniki SUMI, w tym ten dotyczący dobrego lub bardzo dobrego dostępu do PTZ. Wartość bazowa w KKBOF wynosiła 44%, a docelowa na 2030 rok – 50% [159]. Wskaźnik został wyznaczony w ten sam sposób co w Toruniu i Warszawie.

W skali województw w Polsce programem w zakresie mobilności i transportu jest Regionalny Plan Transportowy (RPT), wymagany w ramach wydatkowania funduszy unijnych przez Komisję Europejską jako dokument operacjonalizujący i uszczegóławiający zapisy Strategii Rozwoju Województwa. Przeanalizowano 4 przykładowe RPT dla województw zawierających powyższe SUMP-y, by zweryfikować w jaki sposób na poszczególnych poziomach ujmowane są zagadnienia związane z WK.

Regionalny Plan Transportowy województwa mazowieckiego wskazuje, że autobusowy PTZ nie był dotychczas przez województwo uruchamiany (tylko kolejowy), ale był planowany. Celem głównym planu jest „dostępne i mobilne Mazowsze”. Plan wskazuje na eliminowanie luk w infrastrukturze, tzn. wąskich gardeł oraz WK. W diagnozie określa się, że większość połączeń pomiędzy ośrodkami na terenie województwa odbywa się pośrednio przez Warszawę i są to połączenia dobrze rozwinięte. Uruchamiane przez województwo linie autobusowe mają natomiast prowadzić do obszarów WK oraz jako komunikacja poprzeczna (dowozowa) do linii kolejowych, a kluczowe jest ich wsparcie poprzez dofinansowanie. Integrację systemu miała zapewnić integracja rozkładów jazdy i taryf biletowych. Za główne luki w PTZ, w których potencjalnie może występować WK, określa się połączenia pomiędzy ośrodkami subregionalnymi oraz pomiędzy przystankami/stacjami kolejowymi a ośrodkami pozbawionymi dostępu do sieci kolejowej. Ponadto plan zakłada rewitalizację, modernizację oraz odbudowę i budowę linii kolejowych, a także punktowej infrastruktury pasażerskiej, co ma przyczynić się do zmniejszenia poziomu WK. Wskazuje się na wzrost motoryzacji indywidualnej poprzez wskaźnik liczby samochodów osobowych na mieszkańca obszarów wiejskich oraz rosnące zanieczyszczenie powietrza. Jednak wśród wskaźników monitorowania planu nie ma żadnego stricte odwołującego się do WK, a jedynie wzrost liczby pasażerów i pracy przewozowej komunikacji kolejowej [160], co należy uznać za niewystarczające.

Regionalny Plan Transportowy województwa śląskiego określa cel strategiczny 2 – Transport przyjazny mieszkańcom i cel szczegółowy 2.2: Likwidacja WK. Podkreśla, że wskaźnik dostępności jest w nim dobrą miarą, ale niewystarczającą do opisu tego zjawiska, m.in. dlatego że trzeba zidentyfikować nie tylko obszary niewystarczającej dostępności do środków transportu, ale też ograniczony dostęp dla określonych grup społecznych (w szczególności osób niepełnosprawnych i w gorszej sytuacji materialnej). Wśród kierunków działań wskazuje się likwidację białych plam na terenie województwa, w szczególności w obszarze północnym i południowym. Zaleca się wprowadzenie na tych obszarach komunikacji autobusowej. Ponadto postuluje się zwiększenie dostępności PTZ dla osób PRM, a także obniżenie kosztów korzystania z PTZ, poprzez bardziej elastyczne taryfy oraz obniżanie kosztów funkcjonowania PTZ tak, by nie pociągały za sobą obniżenia standardu jego funkcjonowania. Nie wskazano jednak, w jaki sposób miałyby to zostać zrealizowane. Zaproponowane wskaźniki oceny realizacji tego celu nie odpowiadają wyzwaniu likwidacji WK, ponieważ ani wskaźnik wykorzystania kolei, wielkości przewozów komunikacją miejską, średni wiek floty w Kolejach Śląskich czy roczna liczba sprzedawanych biletów

wspólnych KŚ i ZTM [161], nie pozwoli ocenić, na ile podjęte działania doprowadziły do zmniejszenia WK.

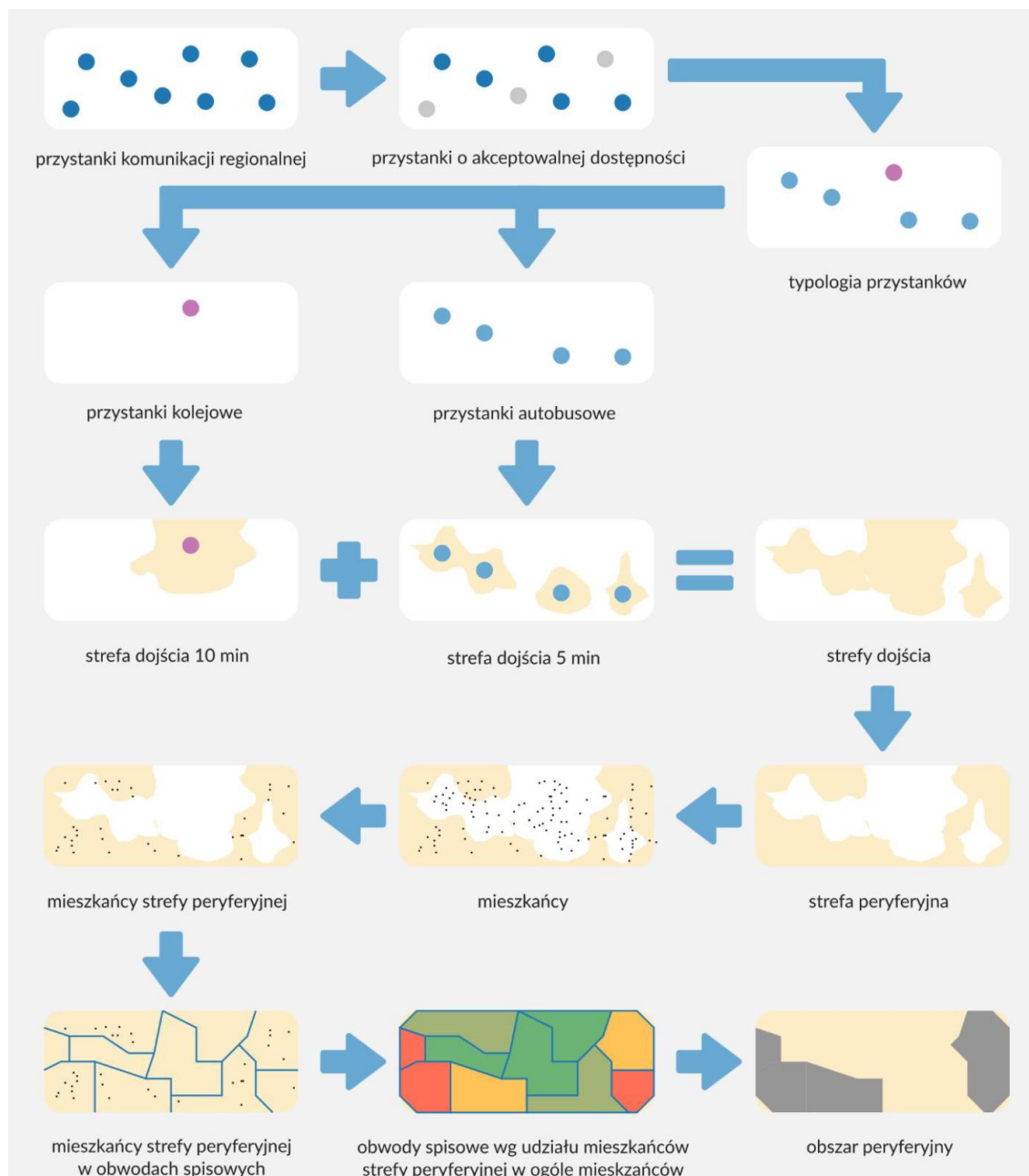
Regionalny Plan Transportowy województwa kujawsko-pomorskiego w części diagnostycznej, na bazie potencjału ruchowego, ciążen i przemieszczeń na poziomie regionalnym określa obszary WK. Ponadto, wskazuje się w nim zależność między dużą wartością wskaźnika motoryzacji (liczba samochodów na 1000 mieszkańców) w powiatach, a występowaniem zjawiska WK. W granicach województwa wartość tego wskaźnika w powiatach wynosi od 463 do 759 samochodów na 1000 mieszkańców, a najwyższe wartości odnotowano w powiatach: radziejowskim, tucholskim, golubsko-dobrzyńskim, grudziądzkim i włocławskim. Za przyczyny WK wskazuje się ograniczone możliwości finansowe JST, rozdrobnienie odpowiedzialności na wszystkie szczeble administracji oraz szybki rozwój motoryzacji. To doprowadziło do degradacji przewozów autobusowych na liniach, które nie wiązały się z uzyskaniem pozytywnego wyniku ekonomicznego. Podsumowaniem diagnozy jest to, że WK stanowi wyzwanie systemowe dotyczące terenów o niższej gęstości zaludnienia oraz znacznym rozdrobnieniu osadnictwa i potęguje inne negatywne zjawiska, jak bezrobocie, starzenie się społeczeństwa, niższy poziom rozwoju społecznego i przedsiębiorczości. W planie pojawiła się metodyka wyznaczenia terenów peryferyjności transportowej (por. Rysunek 13). Analiza wykazała, że peryferyjność w ujęciu regionalnym dotyczy przede wszystkim możliwości dojazdu do siedziby powiatu, a interwencja w relacji węzeł powiatowy – stolica województwa nie doprowadzi do niwelacji zjawiska WK [162].

Temat wykluczenia komunikacyjnego w monitoringu RPT określony jest przez zestaw wskaźników nr 13-15 działania nr 5 – Budowa systemu regionalnego PTZ według założeń systemu 60/90. Wskaźniki te to:

- liczba miast powiatowych z minimalnym poziomem dostępności za pomocą środków PTZ do Bydgoszczy lub Torunia (co najmniej 10 połączeń dla jednego z tych miast) – wartość bazowa 14, a docelowa 17;
- liczba miast powiatowych niespełniających warunku dostępności do Bydgoszczy i/lub Torunia za pomocą PTZ w ciągu 60 minut – w dniu roboczym warunek musi być spełniony przez co najmniej 2 połączenia, przy czym co najmniej 1 umożliwia dojazd przed godziną 8.00 – wartość bazowa 11, a docelowa 4;

- udział obwodów spisowych, w których dostępny jest powiatowy lub wojewódzki PTZ (dotyczy obwodów spisowych poza miastami na prawach powiatu) [w %] – wartość bazowa 43,4; a docelowa – wzrost [162].

Rysunek 13. Delimitacja obszarów peryferyjnych w RPT kujawsko-pomorskiego



Źródło: RPT Kujawsko-Pomorskiego [162]

Podobnie likwidację wykluczenia transportowego jako cel działania związanego z rozbudową siatki PTZ, a także zapewnienia dostępu do różnych gałęzi transportu w obszarach wykluczonych, widzi **RPT zachodniopomorskiego**. Problem wykluczenia pogłębia dwukrotnie niższy od średniej krajowej, wskaźnik gęstości dróg twardych ulepszonych, oraz fakt, że za utrzymanie blisko 95% wszystkich dróg odpowiadają regionalne

i lokalne JST. Jako narzędzie do walki z WK wskazuje się tu transport na życzenie (na żądanie), który będzie dobrze dopasowany do potrzeb na obszarach WK. Jednak już przy ocenie scenariuszy proponowanych działań ocenia się dostępność czasową siedzib powiatów nie poprzez PTZ, a transport indywidualny, co wskazuje na marginalizację WK jako czynnika decyzyjnego przy wyborze działań. Plan wskazuje, że Regionalne Biuro Gospodarki Przestrzennej województwa zachodniopomorskiego powinno wdrożyć system cyklicznych badań i analiz dotyczących potrzeb transportowych mieszkańców, ich mobilności oraz skali WK w regionie oraz wspierać projekty likwidacji WK, w tym przy użyciu systemów elastycznych (DRT, społeczny car-sharing, wolontariat transportowy). Ponadto, jako narzędzie redukcji WK proponuje się rozwój sieci i oferty kolei [163].

Plan zrównoważonego rozwoju PTZ jest wymagany przez Ustawę o PTZ do opracowania przez organizatora [49] oraz powinien mieć strukturę opisaną w rozporządzeniu [164]. **Plan zrównoważonego rozwoju PTZ dla powiatu lipnowskiego** uwzględnia „potrzeby osób o ograniczonej mobilności (zarówno niepełnosprawnych i z dysfunkcjami ruchowymi, jak i osób zagrożonych wykluczeniem społecznym). Osoby niemające możliwości skorzystania z transportu indywidualnego (ze względu na wiek, stan zdrowia, status majątkowy lub z jakichkolwiek innych przyczyn) muszą mieć możliwość dotarcia do miejsca pracy, nauki czy opieki zdrowotnej. Obsługa terenu o niskiej gęstości zaludnienia jest elementarnym działaniem przeciwdziałającym wykluczeniu społecznemu.” Działania ukierunkowane na zwiększanie dostępności zostały ogólnie w dokumencie opisane jako prowadzące do zmniejszenia WK. W planie jakościowo określono pożądaný standard usługi PTZ. Nie określono jednak żadnych wskaźników monitoringu realizacji planu [165].

Plan zrównoważonego rozwoju PTZ dla związku powiatowo-gminnego Grodzkie Przewozy Autobusowe (GPA) w dwóch punktach odnosi się do wykluczenia społecznego, tj. poprzez tworzenie i wzmacnianie udogodnień miejskich związanych z funkcjonowaniem przestrzeni publicznych i znoszeniem barier architektonicznych; a także w diagnozie stanu transportu po pandemii Covid-19. Dostępność jest jednak istotnym zapisem planu oraz jej zwiększanie w kontekście obsługi mieszkańców PTZ. Plan zakłada koordynację planu rozwoju transportu lokalnego z planami regionalnymi i krajowymi oraz integrację systemów transportowych na poziomie powiatów i gmin. Finansowanie PTZ realizowane jest z trzech głównych źródeł: przychodów ze sprzedaży biletów, rekompensat z budżetu jednostek samorządu terytorialnego oraz ze Skarbu Państwa z tytułu honorowania ulg ustawowych, a także wsparcia ze środków pomocowych krajowych i UE. Środki te pokrywają

wydatki bieżące oraz inwestycyjne na zakup taboru, wdrożenie systemu informacji pasażerskiej, utrzymanie infrastruktury oraz funkcjonowanie organizatora przewozów. Wskaźniki monitorowania planu obejmują „Zapewnienie dostępności do transportu, w tym osobom z niepełnosprawnościami”, wraz z listą 8 wskaźników do spełnienia, jednak w planie nie wyznaczono ich wartości bazowych ani docelowych.

Plan uwzględnia integrację systemów transportowych w obrębie MW, w tym harmonizację taryf, wdrażanie wspólnego biletu oraz promowanie ekologicznych form transportu. Dokument podkreśla konieczność współpracy między różnymi jednostkami samorządowymi oraz integracji transportu miejskiego i podmiejskiego, aby efektywnie zarządzać ruchem i zmniejszać zanieczyszczenie środowiska. WK dotyczy głównie mieszkańców mniejszych miejscowości, które są słabo skomunikowane z większymi ośrodkami miejskimi. Dokument wskazuje na konieczność organizowania PTZ przez gminy i powiaty oraz udzielanie rekompensat dla operatorów, aby zapewnić dostępność PTZ dla wszystkich mieszkańców, w tym tych bez samochodów osobowych i prawa jazdy oraz osób o ograniczonej zdolności do poruszania się. Konkurencja samochodów osobowych oraz ograniczenia wprowadzone przez przewoźników komercyjnych w związku z niskimi potokami pasażerskimi dodatkowo pogłębiają problem WK [166].

Plan dla Związku Gmin „Podkarpacka Komunikacja Samochodowa” w Rzeszowie, określa kierunek działania „rozwój połączeń autobusowych i kolejowych zapewniających transport obszarom dotkniętym wykluczeniem transportowym”. W diagnozie podkreśla, że wykluczenie transportowe doprowadza do zwiększenia się rozwarstwienia społecznego, czyniąc z faktu posiadania samochodu osobowego nie tyle symbol statusu społecznego, co konieczność. W planie określono postulaty standardu jakości usługi PTZ, w tym jego dostępność [167].

2.4. Podsumowanie powiązań planowania zrównoważonej mobilności z wykluczeniem komunikacyjnym

Cele planowania zrównoważonej mobilności są zbieżne z celami walki z WK, tj. zapewnienie mieszkańcom dostępu do celów podróży i wzrost jakości życia. Co więcej, w obszarach WK nie można powiedzieć, że mobilność jest zrównoważona, ponieważ lokalna społeczność jest wtedy uzależniona tylko od transportu indywidualnego.

Wśród ekspertów, a także Komisji Europejskiej pojawiają się głosy, że metodyka SUMP powinna być stosowana nie tylko w obszarach miejskich, ale też podmiejskich

i wiejskich [36], ponieważ cykl planowania oparty na czterech fazach jest uniwersalny dla dowolnego obszaru funkcjonalnego jaki wskażemy, może nim być też powiat, związek powiatowo-gminny czy województwo. Cykl SUMP nie musi więc być ograniczony tylko do obszarów miejskich, a istotne jest określenie rzeczywistych obszarów dojazdów. Każdy obszar wiejski jest związany z jakimś obszarem miejskim, chociażby z powodu dojazdów uczniów do szkół ponadpodstawowych, zlokalizowanych w miastach powiatowych. Być może więc SUMP powinien pokrywać każdą gminę w Polsce, ponieważ zawsze będzie ona w przynajmniej jednym MOF określonego miasta. Wskaźnik GUS powinien też nie tylko uwzględniać przy delimitacji MOF codzienne dojazdy do pracy, ale też dojazdy do szkół, w szczególności, że często te dojazdy wykonywane są PTZ.

Dostępność jest jednym z 4 podstawowych wskaźników SUMI, które pojawiają się w planach mobilności, co podkreśla znaczenie walki z WK. W planach mobilności udało się ujednolicić wykorzystywane wskaźniki, jednak ich metodyka jest wątpliwa, chociażby ze względu na różną ocenę dostępności dla obszarów miast powyżej i poniżej 100 tys. mieszkańców. Natomiast w RPT czy planach rozwoju PTZ na określonym obszarze, zestawy wskaźników dotyczących WK bardzo się od siebie różnią: niektóre dotyczą dostępności, niektóre wykonywanej pracy eksploatacyjnej, przewożonej liczby pasażerów czy własnych wskaźników wykluczenia. Brak unifikacji powoduje, że nie ma możliwości na bazie tej dokumentacji porównania w różnych obszarach skali WK. Spośród dostępnej dokumentacji, najbardziej zunifikowana jest więc metodyka wskaźników SUMP dla MOF. MOF wydaje się też właściwym obszarem do oceny WK, ponieważ jest to obszar rzeczywistych dojazdów mieszkańców w codziennych podróżach. Należałoby więc umieścić SUMP wraz z WK w polskim porządku prawnym, by ustandaryzować działania oraz nadać im mocy prawnej.

Zastanawiać się można czy dostępność do PTZ jest wystarczającym wskaźnikiem do oceny wykluczenia komunikacyjnego, ponieważ uwzględnia ona tylko stronę podażową usługi PTZ, natomiast w żadnym stopniu nie określa strony popytowej. Zastanawiać się też można czy występowanie przystanku w zasięgu dojścia z określoną liczbą kursów jest wystarczające, by oceniać obszar pod kątem wykluczenia komunikacyjnego.

Jak wykluczenie komunikacyjne jest obecnie w Polsce oceniane? Przegląd metod oceny zawiera rozdział 3.

3. Metody i narzędzia oceny wykluczenia komunikacyjnego

3.1. Metody oceny wykluczenia komunikacyjnego

Zgodnie ze składającym się z 4 faz cyklem SUMP, pierwszym etapem planowania mobilności jest diagnoza. Podobnie rzecz powinna się mieć przy planowaniu walki z WK, gdzie należy rozpocząć od oceny tego zjawiska. Naukowcy wskazują, że istnieją problemy z doбором wskaźników przy ocenie WK, w tym interpretacji wyników empirycznych wskazujących na to zjawisko. Trudność sprawia określenie, kiedy wartość WK osiąga maksimum i można je już tylko zmniejszyć lub jeszcze bardziej zwiększyć [168]. Rozważania nad diagnozą WK należy rozpocząć od przeglądu dzisiaj wykorzystywanych metod i narzędzi oceny, a także dostępnych baz danych, z których pobierane są dane.

Metoda to systematyczny i uporządkowany sposób postępowania, który obejmuje zbiór zasad, technik, narzędzi i procedur stosowanych w celu osiągnięcia określonego celu, rozwiązania problemu lub przeprowadzenia badania. Metoda może prowadzić do odpowiedzi na postawioną tezę lub pytanie badawcze [169]. Metoda pozwala w sposób naukowy i obiektywny podejść do analizy zjawisk, procesów czy problemów [170].

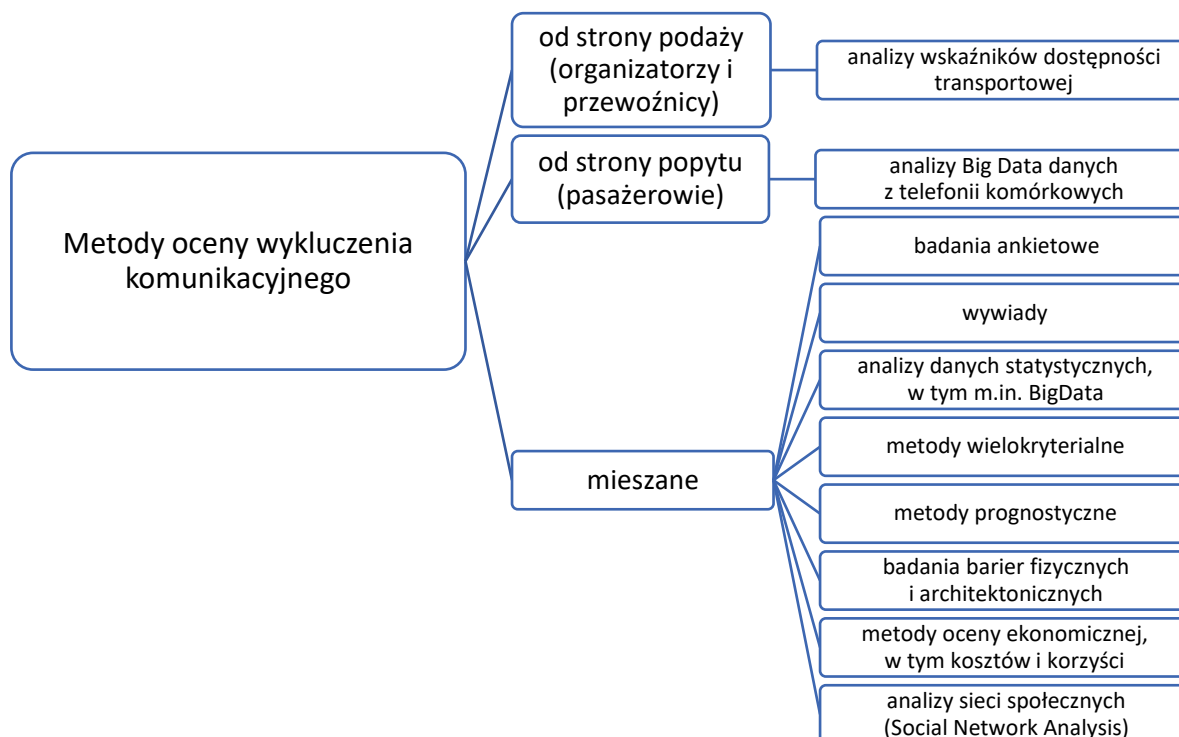
Metoda odnosi się do podejścia badawczego lub analitycznego, które pozwala na:

- zbieranie danych – ilościowych lub jakościowych,
- analizę danych – zastosowanie narzędzi statystycznych, modeli przestrzennych czy metod jakościowych do interpretacji zebranych informacji,
- wyciąganie wniosków – identyfikację WK, jego przyczyn i skutków oraz formułowanie rekomendacji.

W ramach pojedynczego badania możliwe jest wykorzystanie wielu metod. Przykładowo, w analizie „Wykluczenie transportowe w województwie mazowieckim” zjawisko zbadano zarówno w wymiarze przestrzennym, ilościowym oraz indywidualnej perspektywy mieszkańców województwa – jakościowo. Analiza przestrzenna została wykonana na mapie województwa, na bazie danych ilościowych o trasach linii autobusowych i kolejowych. Indywidualną perspektywę mieszkańców stanowiły wywiady przeprowadzone z mieszkańcami trzech wybranych gmin w obrębie województwa [84].

Zestawienie rozpoznanych lub potencjalnych metod wspomagających ocenę WK zawiera Rysunek 14, w podziale na metody analizy podaży zapewnianej przez PTZ oraz analizy popytu ze strony mieszkańców. Występują też metody mieszane, które pozwalają zarówno na ocenę popytu, jak i podaży na PTZ w kontekście WK.

Rysunek 14. Potencjalne metody oceny wykluczenia komunikacyjnego



Źródło: opracowanie własne

3.1.1. Analizy wskaźników dostępności transportowej

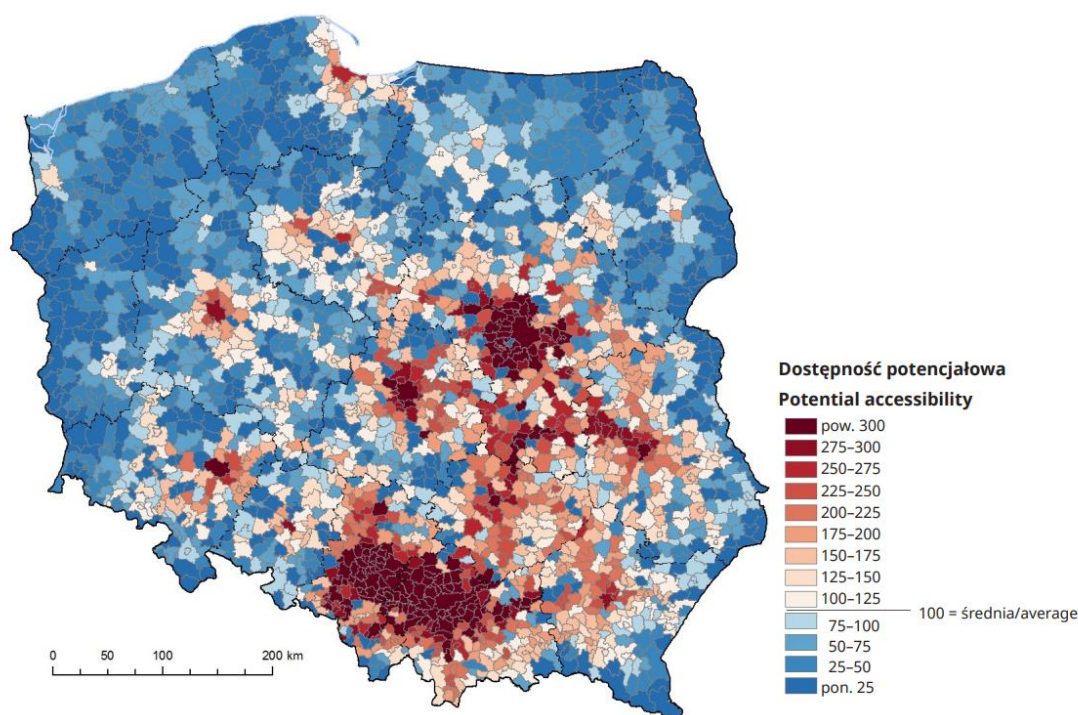
Metody rozpropagowane dla obszaru całej Polski przez prof. Tomasza Komornickiego i jego zespół z Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania Polskiej Akademii Nauk. W ramach jego prac powstał m.in. wskaźnik syntetyczny międzygałęziowej dostępności transportowej, oparty o transport drogowy, kolejowy, lotniczy i wodno-lądowy, w podziale na ruch osobowy i towarowy. Wskaźnik powstał na bazie rzeczywistej pracy przewozowej realizowanej przez poszczególne gałęzie transportu na poziomie krajowym. W kontekście PTZ wskaźnik uwzględnia autobusy zamiejskie w komunikacji krajowej oraz kolejową komunikację krajową (na podstawie danych GUS) [171].

Metoda wykorzystuje szacowanie **dostępności potencjalowej (tzw. grawitacyjnej)**, najczęściej wykorzystywanej w badaniu dostępności transportowej. Atrakcyjność celu podróży wzrasta wraz z jego rozmiarem i maleje w miarę wydłużania się odległości fizycznej, czasowej lub ekonomicznej. Jeśli dostępność transportowa danego obszaru jest niska, świadczy to o potencjalnym WK powiązanej z nim społeczności (por. Rysunek 15) [172].

Metoda analizy dostępności odnosi się do badania łatwości dotarcia do wybranego miejsca z punktu początkowego w danym systemie przestrzennym. W tym kontekście, dostępność mierzy się zazwyczaj czasem podróży lub dystansem, co pozwala na ocenę

jakości infrastruktury transportowej i usług publicznych. Oprogramowanie GIS (Geographic Information System) jest często wykorzystywane w tej metodzie, umożliwiając analizę i wizualizację dostępności przestrzennej. Dzięki analizom sieciowym i danym drogowym, GIS pomaga określić najszybsze trasy oraz zróżnicowanie dostępności w badanym obszarze. Metoda ta pozwala ocenić, jakie obszary mają dobrą dostępność do usług publicznych oraz identyfikować miejsca, które wymagają interwencji, choć szacowane wartości są ograniczone do obszaru całej gminy.

Rysunek 15. Dostępność potencjalowa w transporcie publicznym autobusowym

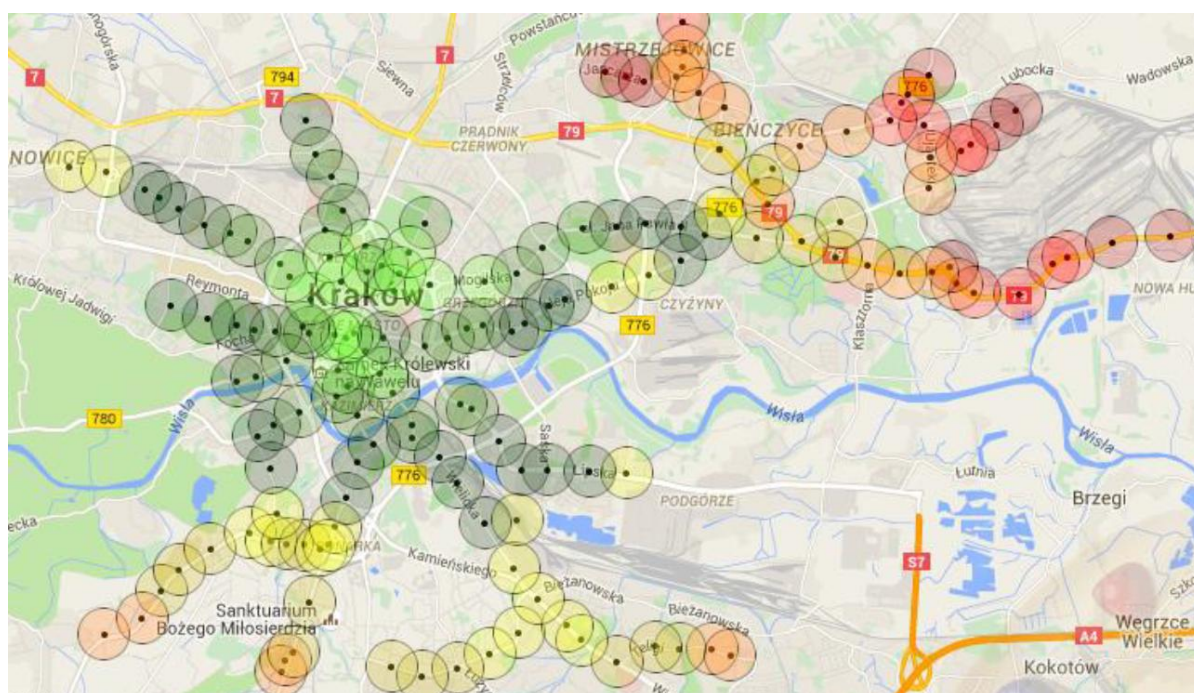


Źródło: [173]

Metoda analizy dostępności czasowo-przestrzennej w kontekście transportu miejskiego, jak przedstawiono w artykule Kisielewskiego i Skóry, opiera się na badaniu łatwości dotarcia do wybranego punktu w systemie komunikacji miejskiej. W analizie dostępności przystanków tramwajowych w Krakowie, autorzy posłużyli się promieniem 400 m jako akceptowalnym dystansem pieszym dla pasażerów. Wpływ na dostępność mają też warunki infrastruktury, takie jak jakość taboru czy zagęszczenie sieci komunikacyjnej. Izochrony czasowe pokazują, jak szybko można dotrzeć z jednego punktu miasta do innego, co pozwala na ocenę efektywności komunikacji miejskiej i identyfikację miejsc o słabszej dostępności (por. Rysunek 16) [174]. Analiza ta wskazuje na konieczność dalszej modernizacji i rozbudowy sieci, aby zwiększyć dostępność. W Szczecinie analizę dostępności przeprowadzono obszarowo, mając na uwadze możliwość dojścia do najbliższego przystanku

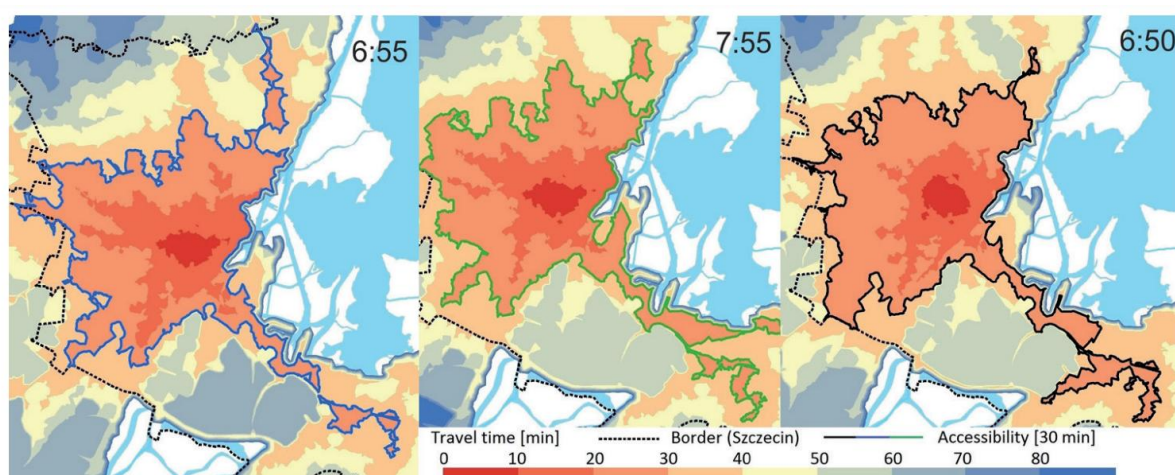
bez ograniczeń maksymalnej odległości (por. Rysunek 17). W pracy Burdzieja analizowano natomiast dostępność czasową do obiektów użyteczności publicznej w Toruniu, ukazując różnice w dostępie w zależności od lokalizacji i kategorii usług. Obszar miasta podzielony został na sieć komórek heksagonalnych (por. Rysunek 18) [175].

Rysunek 16. Pokrycie komunikacyjne obszaru Krakowa w 8 przedziałach czasowych dostępności centrum miasta, do: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 i 40 minut



Źródło: [174]

Rysunek 17. Izochrony dostępności na przykładzie Szczecina



Źródło: [176]

W praktyce metoda wykorzystuje narzędzia GIS lub modele transportowe (np. PTV Visum) do obliczenia wartości wskaźników – na podstawie danych o sieci drogowej i kolejowej, rozkładach jazdy PTZ, rozmieszczeniu ludności oraz lokalizacji ważnych miejsc

pracy, edukacji, przemysłu, usług i innych punktów. Wskaźniki dostępności transportowej można wyznaczyć do infrastruktury liniowej lub punktowej PTZ [177].

Rysunek 18. Przykład obliczenia czasu dotarcia z punktu początkowego do punktu docelowego w metodzie czasowo-przestrzennej



$$[TOTTRV_TIME] = [ORIGINTONET_TIME] + [DRV_TIME] + [DESTTONET_TIME]$$

Źródło: [175]

W literaturze wyróżnia się trzy wymiary i odpowiadające im wskaźniki dostępności: przestrzennej, czasowej i ekonomicznej.

Dostępność przestrzenna (fizyczna), określa fizyczną odległość od środków transportu źródeł i celów podróży. Wskaźnik dostępności przestrzennej wyznacza odległość w linii prostej do najbliższego przystanku lub stacji (miejsca wsiadania i wysiadania pasażerów PTZ), co może mieć uzasadnienie przy planowaniu transportu w miastach przy gęstej sieci dróg i chodników; jednak w przypadku WK i przede wszystkim obszarów wiejskich, konieczne należy brać pod uwagę odległość rzeczywistą, uwzględniającą rzeczywistą sieć dróg i chodników dla pieszych, a także występujące bariery przestrzenne (izolację przestrzenną) – bariery naturalne, takie jak np. rzeki i akweny wodne lub techniczne, jak np. linie kolejowe, drogi szybkiego ruchu, nasypy itd. Na dostępność przestrzenną wpływ może mieć gęstość rozmieszczenia przystanków na trasie linii. Wskaźnikiem dostępności może być średnia odległość do przystanku PTZ lub liczba przystanków na jednostkę powierzchni, np. km². Znaczna liczba osób zamieszkujących obszar daleko od jakiegokolwiek przystanku PTZ może być sygnałem dla WK [85].

Dostępność czasowa uwzględnia czas podróży oraz rozkład jazdy jako kluczowe czynniki oceny. Oblicza się w jej ramach czas dotarcia do wybranego celu przy wykorzystaniu PTZ, a także czy komunikacja jest możliwa do wykorzystania w określonych porach dnia czy dniach tygodnia. Dlatego analizuje się np. liczbę kursów dziennie (osobno w dni szkolne, robocze, soboty, niedziele i święta) oraz godziny funkcjonowania linii (np.

w godzinach pracy zakładów pracy, szkół, za dnia, wieczorem, w nocy). Typowe wskaźniki dostępności czasowej to np. średni czas podróży PTZ do centrum JST albo odsetek celów podróży (miejsce pracy lub nauki) dostępnych w ciągu 30 minut podróży od miejsca zamieszkania (stała Marchettiego [97]). Niewielka odległość do przystanku (i dobra dostępność przestrzenna) jest niewystarczająca, gdy linie komunikacyjne kursują rzadko lub w nieodpowiednich godzinach. W niektórych sytuacjach definiuje się dostępność dzienną, czyli możliwość odbycia podróży tam i z powrotem w ciągu jednego dnia – przyjmuje się tu, że pojedynczy dojazd w jedną stronę nie powinien przekraczać około 3-5 godzin [178]. W sytuacji jednak, gdy nie ma możliwości dojazdu do ważnego ośrodka rano i powrotu popołudniu lub wieczorem, w rozsądnych ramach czasowych, to nie ma możliwości wykonywania codziennych dojazdów do pracy lub szkoły PTZ, więc zaistnieje WK.

Dostępność ekonomiczna (cenowa) odnosi się do kosztu korzystania z PTZ. Wskaźniki mogą tu obejmować np. średni koszt podróży jednorazowej do centrum gminy lub siedziby powiatu albo średni koszt biletu miesięcznego do miejsca pracy lub nauki. Jeśli dojazd do pracy lub szkoły PTZ wymaga zakupu drogiego biletu, osoby mniej zamożne mogą doświadczać WK mimo istnienia fizycznego połączenia (dostępność przestrzenna) z rozsądnym czasem dojazdu (dostępność czasowa). Analiza dotyczy więc kosztów korzystania z PTZ w kontekście dochodów mieszkańców, co pozwala ocenić, na ile transport jest ekonomicznie dostępny dla różnych grup społecznych.

Według literatury do najczęściej stosowanych mierników w kontekście wykluczenia komunikacyjnego należą: dostępność najbliższego przystanku PTZ, czas i koszt podróży do celu oraz zbiorcze miary dostępności np. dziennej lub potencjałowej.

Wyznaczone wskaźniki pozwalają porównać poziom dostępności między różnymi obszarami. Obszary, dla których wskaźniki wykazują skrajnie niekorzystne wartości (np. bardzo duży dystans do najbliższego przystanku, bardzo długi czas podróży, brak połączeń PTZ) są identyfikowane jako „białe plamy” transportowe – wymagające interwencji. Niejednokrotnie przyjmuje się progi, poniżej których dostępność uznaje się za niewystarczającą (np. brak możliwości dojazdu do szkoły rano przed godziną 8:00 albo co najwyżej 1 połączenie dziennie). W ten sposób dostępność transportowa staje się miernikiem pozwalającym diagnozować WK w ujęciu przede wszystkim przestrzennym.

Komisja Europejska w zaleceniach dotyczących Społecznego Funduszu Klimatycznego definiuje wskaźniki ubóstwa transportowego, które zawiera Tabela 9.

Tabela 9. Przykłady wskaźników ubóstwa transportowego

Rodzaj wskaźnika	Wskaźniki
Wskaźniki przystępności cenowej transportu	Odsetek ludności dotkniętej wymuszonym brakiem samochodu, według grup dochodowych i rodzaju gospodarstwa domowego w podziale na grupy ludności Odsetek ludności, dla której bilety na PTZ są zbyt drogie Odsetek populacji gospodarstw domowych określony na podstawie wskaźników przystępności cenowej transportu Odsetek dochodu do dyspozycji przeznaczanego na transport (eksploatację środków transportu i usługi transportowe)
Wskaźniki dostępu do transportu	Odsetek ludności znajdującej się w trudnej sytuacji materialnej i społecznej oraz posiadającej samochód Odsetek ludności, dla której najbliższy przystanek PTZ znajduje się „zbyt daleko” Odsetek ludności z „bardzo trudnym” dostępem do PTZ – według ogólnej liczby ludności i według liczby ludności wiejskiej
Wskaźniki dostępności dzięki wykorzystaniu transportu	Odsetek ludności aktywnej zawodowo, której dojazd do pracy (w jedną stronę) zajmuje ponad 30 minut, z podziałem według stopnia urbanizacji
Wskaźniki adekwatności transportu	Odsetek ludności, która uznaje dostęp do PTZ za zbyt trudny (dla osób o ograniczonej możliwości poruszania się)

Źródło: Załącznik 1 do Zalecenia Komisji (UE) 2025/1021 [45].

Przykładowe zastosowania metody:

- Oszacowanie i ocena zmian wartości wskaźnika dostępności transportowej w Polsce na potrzeby ewaluacji inwestycji transportowych. Wykorzystanie syntetycznego wskaźnika dostępności w ujęciu multimodalnym (Wskaźnik Międzygałęziowej Dostępności Transportowej) [171].
- Wskaźniki dostępności wykorzystywano też w Polsce przy opracowywaniu ogólnokrajowych dokumentów strategicznych – np. Koncepcji Przestrzennego Zagospodarowania Kraju – w celu wskazania regionów peryferyjnych i oszacowania efektów planowanych inwestycji transportowych [179].

3.1.2. Badania ankietowe

Gromadzenie danych ilościowych lub jakościowych poprzez ankiety, które pozwalają budować bazy danych o WK. Zastosowanie mogą tu znaleźć wszystkie rodzaje badań

ankietowych – CAWI (z ang. *Computer Assisted Web Interview*, czyli ankieta internetowa), CATI (z ang. *Computer Assisted Telephone Interview*, czyli ankieta telefoniczna), CAPI (z ang. *Computer Assisted Personal Interview*, czyli ankieta wspomagana komputerowo) i PAPI (z ang. *Pen And Paper Interview*, czyli ankieta z wykorzystaniem kwestionariusza papierowego i długopisu). Badania ankietowe mogą być prowadzone po stronie podaźowej lub popytowej.

Po stronie podaźowej badanie prowadzi się z przedstawicielami JST, organizatorami, przewoźnikami lub operatorami PTZ. Metoda pozwala badać postrzeganie WK przez jednostki odpowiedzialne za PTZ oraz zebrać dane statystyczne o funkcjonowaniu PTZ na określonym obszarze. Metoda dostarcza obrazu stanu PTZ widzianego przez te jednostki, mogą one określać największe bariery i potrzeby w zakresie walki z WK, a także wskazywać dobre praktyki. Dane operacyjne pozwalają na porównanie np. liczby kursów, wykonywanych wozokilometrów w sieciach komunikacyjnych czy kosztów w różnych obszarach.

Po stronie popytowej badanie prowadzi się z mieszkańcami obszarów potencjalnie dotkniętych WK. Metoda pozwala uzyskać ocenę organizacji i funkcjonowania PTZ, a także postrzegania problemu WK i jego konsekwencji dla mieszkańców dotkniętych tym zjawiskiem. Z mieszkańcami zazwyczaj dziś przeprowadza się ankietę internetową bądź ankietę PAPI lub CAPI w środkach PTZ, na głównych węzłach przesiadkowych lub w domostwach. Za pewną formę badania ankietowego można uznać powszechnie wykonywane w obszarach miejskich dzienniczki podróży, służące do budowy modeli ruchu, jednak ze względu na koszt tej metody (rozbudowany formularz ankietowy) raczej nie przeprowadza się jej w obszarach wiejskich lub na bardzo małej próbie (niemiarodajnej).

Przykładowe zastosowania metody:

- Opinia uczniów szkół ponadpodstawowych województwa dolnośląskiego na temat WK i jego skutków oraz wpływ tych opinii na odbywane przez nich podróże. W pracy pojawiły się m.in. wnioski dotyczące zależności płci i wyboru środka transportu – kobiety mają większą tendencję do korzystania z PTZ, wymuszonej motoryzacji mieszkańców obszarów wiejskich oraz braku istotnego związku między miejscem zamieszkania a zwyczajami podróżowania [168].
- Badanie wykluczenia transportowego seniorów mieszkających w miejscowościach o niskiej dostępności komunikacji – we wsiach województwa warmińsko-

mazurskiego. Otrzymane wyniki wskazywały, że osoby starsze doświadczają wielu skutków WK, co nie pozostaje bez wpływu na jakość ich życia [74].

- Badanie Instytutu Badań Rynkowych i Społecznych IBRiS we wrześniu 2024 roku na ogólnopolskiej próbie 2 468 uczniów w wieku 12-19 lat, dodatkowo badanie zrealizowano w celowo wybranych pięciu powiatach zagrożonych WK na próbie 1 001 uczniów. Z badania wynikało, że co 6 młoda osoba w wieku 12-19 lat zagrożona jest wykluczeniem transportowym, 30% badanych uczniów uważało, że dostęp w ich miejscu zamieszkania do PTZ jest problemem i wpływa m.in. na ich relacje ze znajomymi czy wybór szkoły średniej, a 21% młodzieży deklarowało, że gdyby PTZ zapewniał dobry dostęp to wybrałoby inną (lepszą lub bardziej dopasowaną do oczekiwań, zainteresowań) szkołę [180].
- Poszukiwanie dobrych praktyk w zakresie walki z WK – ankieta skierowana do organizatorów, operatorów i przewoźników PTZ w ramach projektu Gospostrateg T-Included. Badanie wykazało, że w większości jednostek największą barierą w walce z WK jest ograniczony budżet. Problemem jest również organizowanie transportu przez wiele podmiotów na jednym obszarze (gminę, powiat, województwo, porozumienia w ramach komunikacji miejskiej itd.) [1].

3.1.3. Wywiady

Wywiady są metodą, która dostarcza dane o stronie podażowej lub popytowej PTZ. Kluczowe jest tu pozyskanie danych jakościowych i głębsze rozpoznanie zjawiska WK, ponad standardowy zbiór odpowiedzi w badaniu ilościowym, jakim jest ankieta. W tej metodzie badacz skupia się na poznaniu nieznanego mu bądź nieprzewidzianego dotychczas przyczyn, skutków i aspektów przedmiotu badania. Wywiad pozwala też skonfrontować wyniki badań ankietowych z badanymi osobami oraz lepiej zrozumieć ich kontekst. Wśród najczęściej stosowanych form wywiadów znajdują się wywiady indywidualne IDI (z ang. *individual depth-interview*) oraz grupowe FGI (z ang. *focus group interview*).

Dla wywiadu pogłębionego cechami charakterystycznymi są: bezpośredni kontakt między badaczem a respondentem, otwarty charakter pytań, ustrukturyzowany scenariusz, refleksyjna postawa badacza, konwersacyjny styl, rejestracja wypowiedzi respondenta z wykorzystaniem na przykład dyktafonu, obserwacja i rejestracja zachowań respondenta [181]. W związku z powyższym metoda ta może być niezwykle skuteczna w przypadku oceny WK jako zjawiska, które nadal jest niewystarczająco rozpoznane w Polsce.

Przykładowe zastosowanie metody:

- Wywiady pogłębione z osobami odpowiedzialnymi za organizację PTZ w badaniu Regresu sieci PTZ w powiatach Beskidu Niskiego i Bieszczad [182]. Rozmowy pozwoliły zrozumieć kontekst ograniczanych połączeń, uwarunkowania ekonomiczne i techniczne tego zagadnienia – okazało się na przykład, że techniczny stan infrastruktury drogowej miał znaczenie przy likwidacji połączeń autobusowych.

3.1.4. Analizy danych statystycznych

Analiza danych statystycznych to jedna z metod mieszanych badania WK, ponieważ przesłanki do jego zaistnienia mogą wynikać zarówno z charakterystyki podaży PTZ (sieć komunikacyjna, rozkład jazdy, praca eksploatacyjna) oraz popytu na PTZ (demografia, zaludnienie obszaru, wskaźniki społeczne np.: bezrobocie czy wykształcenie oraz ekonomiczne np. dochód rozporządzalny na osobę w gospodarstwie domowym). WK może występować w obszarach o określonej kombinacji powyższych wskaźników.

Metoda polega na gromadzeniu i przetwarzaniu danych ilościowych z różnych źródeł, w celu identyfikacji obszarów bądź grup społecznych zagrożonych WK. Przykładowe dane statystyczne analizowane w tej metodzie zestawia Tabela 10.

Tabela 10. Kategorie danych i przykładowe wskaźniki istotne z punktu widzenia oceny wykluczenia komunikacyjnego

Kategoria danych	Przykładowe wskaźniki [jednostka]	Źródło
Demografia i charakterystyka ludności	Liczba mieszkańców [os.]	BDL GUS
	Gęstość zaludnienia [os./km ²]	BDL GUS
	Średnia liczba osób w gospodarstwie domowym [os.]	BDL GUS
	Udział dzieci i młodzieży w liczbie mieszkańców [%]	BDL GUS
	Udział osób 60+ w liczbie mieszkańców [%]	BDL GUS
	Udział gospodarstw domowych bez samochodu [%]	BDL GUS
	Udział ludności mieszkającej >1 km od najbliższego przystanku [%]	GIS
	Udział dzieci dojeżdżających do szkoły spoza miejscowości zamieszkania [%]	BDL GUS
	Udział osób pracujących poza gminą zamieszkania [%]	BDL GUS
Infrastruktura transportowa	Liczba przystanków [przystanki]	Rozkład jazdy
	Gęstość przystanków [przystanki/km ²]	Rozkład jazdy
	Praca eksploatacyjna [wozokm]	Rozkład jazdy
	Długość sieci linii [km]	Rozkład jazdy

Kategoria danych	Przykładowe wskaźniki [jednostka]	Źródło
	Długość dróg objętych PTZ [km]	Rozkład jazdy
	Liczba kursów dziennie na przystanek [-]	Rozkład jazdy
Dane społeczne i ekonomiczne	Poziom bezrobocia rejestrowanego [%]	BDL GUS
	Dochód rozporządzalny na osobę w gospodarstwie domowym [PLN/os.]	BDL GUS
	Udział osób z niepełnosprawnościami [%]	BDL GUS
	Udział uczniów szkół podstawowych w liczbie mieszkańców [%]	BDL GUS
	Udział uczniów szkół ponadpodstawowych w liczbie mieszkańców [%]	BDL GUS
	Udział studentów w liczbie mieszkańców [%]	BDL GUS
	Udział osób z wykształceniem podstawowym lub niższym [%]	BDL GUS
Wykorzystanie PTZ	Liczba pasażerów [os.]	Organizator PTZ
	Liczba sprzedanych biletów jednorazowych [sztuk]	Organizator PTZ
	Liczba sprzedanych biletów okresowych [sztuk]	Organizator PTZ
	Liczba pojazdów w ruchu [poj.]	Organizator PTZ
	Liczba skarg	Organizator PTZ
Geolokalizacja i przestrzeń	Średnia odległość do przystanku [m]	GIS, rozkład jazdy (GTFS)
	Czas dojazdu transportem publicznym do siedziby gminy [min]	GIS, rozkład jazdy (GTFS)
	Czas dojazdu transportem publicznym do najbliższego miasta powiatowego [min]	GIS, rozkład jazdy (GTFS)
	Czas dojazdu transportem publicznym do szkoły podstawowej / ponadpodstawowej [min]	GIS, rozkład jazdy (GTFS)
	Czas dojazdu do pracy [min]	GIS, rozkład jazdy (GTFS)

Źródło: opracowanie własne

Dzięki wskaźnikom, takim jak odsetek ludności bez samochodu, liczba kursów na 1000 mieszkańców, odległość do najbliższego przystanku czy udział seniorów w populacji, możliwe jest wykrycie terytoriów o podwyższonym ryzyku wystąpienia WK. Dodatkowo analiza pozwala uchwycić związki między dostępnością transportu a innymi zmiennymi społeczno-gospodarczymi (np. bezrobociem, ubóstwem, niepełnosprawnością), co umożliwia lepsze planowanie interwencji, priorytetyzację inwestycji w PTZ oraz uzasadnianie wniosków o dofinansowanie usług transportowych w regionach szczególnie zagrożonych wykluczeniem.

Przykładowe zastosowania metody:

- Budowa baz danych dotyczących liczby połączeń PTZ w 1990 r. i 2019 r. w badaniu Regresu sieci PTZ w powiatach Beskidu Niskiego i Bieszczad. Wyznaczono przestrzenne zróżnicowanie dostępności PTZ, identyfikując obszary o największym spadku liczby kursów jako szczególnie zagrożone WK [182].
- Badanie danych pochodzących z Urzędu Marszałkowskiego Województwa Podkarpackiego w Rzeszowie i Głównego Urzędu Statystycznego wykluczenia komunikacyjnego w województwie podkarpackim. Ponad 57% miejscowości mieszczących się na Podkarpaciu nie miała w 2023 r. dostępu do transportu drogowego. Ustalono także, że mieszkańcy powiatu brzozowskiego są wykluczeni komunikacyjnie, ponieważ przez żadną jego miejscowość nie przejeżdża pociąg [183].

3.1.5. Metody wielokryterialne

W ocenie wykluczenia komunikacyjnego mogą być użyteczne metody wielokryterialne ze względu na złożoność analizowanego zjawiska i łączenie czynników popytowych i podażowych. Metody zazwyczaj są dwuetapowe z analizą i syntezą [184]. Metody te pozwalają uwzględnić różnorodne aspekty zjawiska WK, takie jak dostępność PTZ, koszt, fizyczne i społeczne bariery czy też zróżnicowane możliwości i potrzeby użytkowników; a w efekcie przeprowadzić złożoną diagnozę problemu. Mogą też być wykorzystywane do optymalizacji polityk i pomóc decydentom w podjęciu decyzji dotyczących rozwoju PTZ i przeciwdziałania WK. Ponadto mogą też wskazywać priorytetowe obszary lub kierunki interwencji, w oparciu o duże zbiory danych i analizę. Wśród podstawowych metod wielokryterialnych znajdują się:

- Metoda Podejmowania Decyzji Wielokryterialna (z ang. *Multiple Criteria Decision Making* – MCDM lub *Multiple Attribute Decision Making* – MADM) [185] – subdyscyplina badań operacyjnych, zbiorcza kategoria metod wspomagających podejmowanie decyzji na podstawie wielu kryteriów lub atrybutów. Wśród nich mogą znajdować się wskaźniki dostępności, modele regresji wielorakiej czy metody rankingowe. Metoda ta może wykorzystywać algorytmy sztucznej inteligencji, w tym sieci neuronowe do przewidywania prawdopodobieństwa WK lub optymalizacji rozwiązań minimalizujących WK w danej przestrzeni.
- Analiza Hierarchii Decyzji (z ang. *Analytic Hierarchy Process* – AHP) [186] – metoda analitycznej hierarchizacji kryteriów i ich oceny względem siebie

w kontekście określonego celu, na przykład oceny WK. W procesie tym określa się zestaw kryteriów (np. dostępność PTZ, koszt itd.), porównuje się pary kryteriów, by wyznaczyć te najważniejsze i oblicza się wagę każdego z kryteriów, co pozwala na ustalenie priorytetów w działaniach zmierzających do rozwiązania problemu.

- Metoda TOPSIS (z ang. *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) [187] – odmiana metody MCDM, metoda wykorzystująca punkty referencyjne, w kontekście WK może ona polegać na określeniu rozwiązania idealnego i najgorszego (wzorcową sieć transportu publicznego kontra brak transportu publicznego), ocenie podlega określony obszar w odniesieniu do tego, w jakim stopniu jego parametry zbliżone są do rozwiązania idealnego lub najgorszego i określeniu, które obszary mają w najlepszym stopniu zaspokojone potrzeby, a które wymagają największej interwencji.
- Metoda DEX (z ang. *Decision Expert*) [188] – metoda decyzji oparta na tzw. „rozszerzonych drzewach decyzyjnych”, może być użyta w kontekście WK do oceny i klasyfikacji obszarów na podstawie zdefiniowanych kryteriów. Zakłada się, że wszystkie atrybuty (argumenty funkcji i wyniki) są dyskretne. Ponadto mogą być one preferencyjnie uporządkowane, tak że wyższa wartość porządkowa oznacza lepszą preferencję.

Przykładowe zastosowania metod:

- **Badanie statystyczne miejscowości w Wielkiej Brytanii** z potencjałem spełnienia kryteriów pustyni transportowej na bazie systemu punktowego, czyli metoda rankingowa MCDM. Oceniano: częstość połączeń autobusowych z główną miejscowością celu podróży (0-4 punkty), połączeń kolejowych (0-3 punkty) a także innych usług transportowych – dalekobieżnych autobusowych (0-2 punkty), transportu na żądanie (0-1 punkt), taxi i ride-sharingu (0-1 punkt) lub innych – tramwaj, prom itd. (0-3 punkty). Na podstawie sumy punktów wyróżniano miejscowości stanowiące pustynie transportowe, które uzyskały 6 punktów lub mniej, natomiast te, które uzyskały co najmniej 11 punktów lub więcej, nazwano oazami transportowymi [19].
- **Wielokryterialna ocena PTZ w ramach projektu Gospostrateg**, gdzie wyznaczono wskaźnik WK obliczany na podstawie każdego punktu adresowego w Polsce – wyznaczono ich około 7 milionów. Wskaźnik WK wyznaczany był dla każdego punktu jako wartość 0 lub 1, gdzie 0 oznacza brak WK, a 1 wykluczenie. Wskaźnik

dla obszaru (np. gminy, powiatu, województwa), stanowił medianę wartości wskaźników dla wszystkich punktów adresowych z danego obszaru [1].

Za punkt adresowy wykluczony komunikacyjnie w projekcie Gospostrateg uznano taki adres, gdy spełniony był co najmniej jeden z następujących warunków:

- warunek 1 – dostępność czasowa PTZ do najbliższego miasta powiatowego przekraczała 70 min, a do siedziby gminy przekraczała 45 min, przy założeniu maksimum 3 przesiadek;
- warunek 2 – dostępność piesza z miejsca zamieszkania do najbliższego przystanku obsługiwanego przez PTZ była większa niż 1000-1500 metrów dla gmin wiejskich i miejsko-wiejskich lub 600-900 metrów dla gmin miejskich;
- warunek 3 – łączna liczba kursów wszystkich połączeń PTZ do miasta powiatowego oraz siedziby gminy, obsługujących przystanki zlokalizowane w promieniu dostępności pieszej, była w dniu roboczym mniejsza niż 4 na dobę w godzinach porannych (5:00-14:00) oraz mniejsza niż 4 na dobę w godzinach popołudniowych (14:00-23:00);
- warunek 4 – niezawodność czasu przejazdu (odwrotność ryzyka opóźnienia), mierzona ulokowaniem przystanku na trasie (linii) w stosunku do przystanku początkowego (zależność liniowa, gdzie „0” oznacza przystanek początkowy – największa punktualność / niezawodność) była większa niż 0,8 [-];
- warunek 5 – koszt miesięcznego korzystania z usług PTZ był większy niż 15% przeciętnego miesięcznego dochodu rozporządzalnego w województwie skorygowanego dla danej gminy, według wskaźnika mediany miesięcznego wynagrodzenia brutto;
- warunek 6 – oferta PTZ była niedostosowana do potrzeb osób z niepełnosprawnościami, tj.:
 - 1) dojazd do dowolnego miasta powiatowego lub dowolnej siedziby gminy wymagał więcej niż jednej przesiadki, lub
 - 2) dostępność z miejsca zamieszkania do najbliższego przystanku obsługiwanego przez PTZ była większa niż 500-750 metrów dla gmin wiejskich i miejsko-wiejskich lub 300-450 metrów dla gmin miejskich, lub
 - 3) przy założeniu, że dopuszczalny koszt podróży dotyczył biletu ulgowego (dla osób z niepełnosprawnościami) oraz pozostałych warunków identycznych jak dla osób pełnosprawnych.

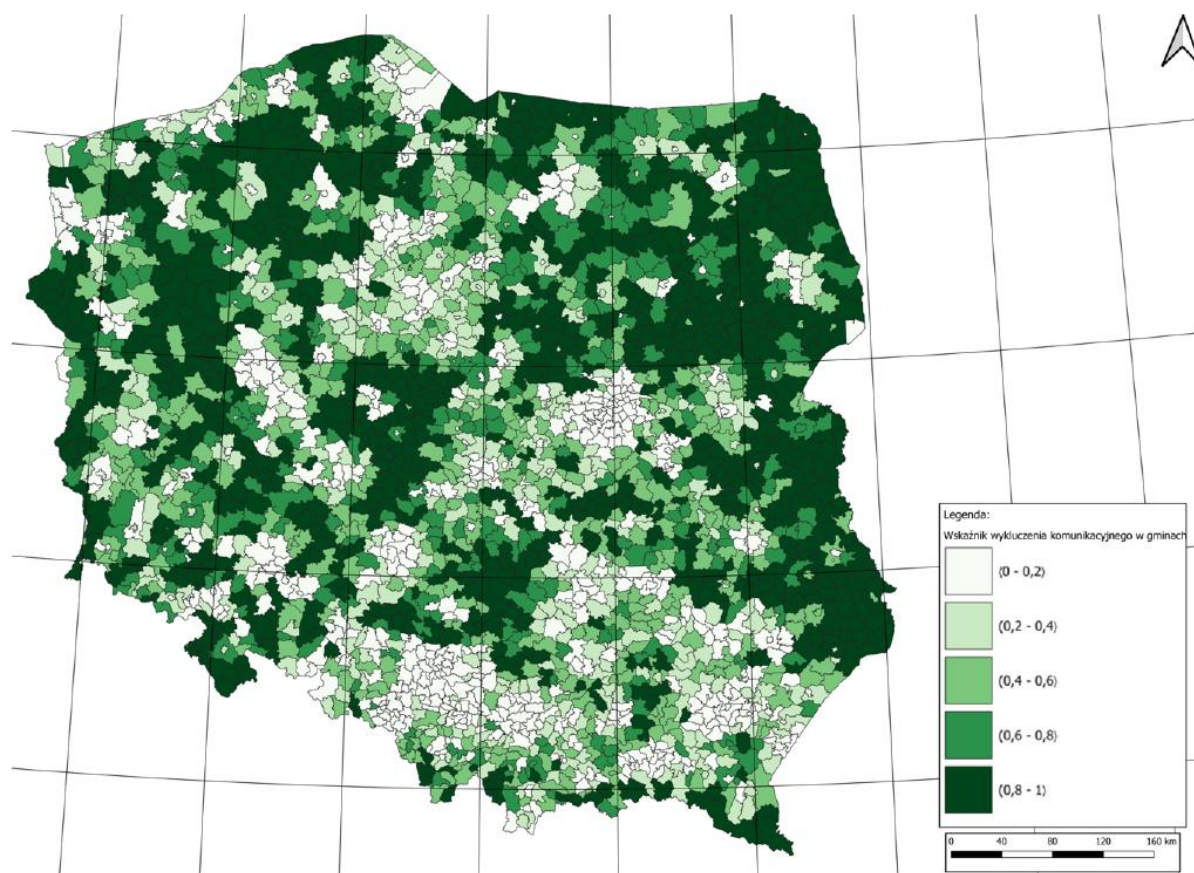
Przyjęte warunki dla wskaźnika WK budzą duże wątpliwości, co do właściwego ich zastosowania lub nadmiarowości pewnych parametrów. W zakresie warunku 1 trudno akceptować określenie odgórnej granicy czasu podróży, powyżej którego uznaje się punkt za wykluczony komunikacyjnie, niezależnie czy w dojeździe do miasta powiatowego czy gminy.

W zakresie warunku 2 dużą wątpliwość budzą mniejsze widelki odległości w zakresie dojścia do najbliższego przystanku dla gminy miejskiej niż wiejskiej czy miejsko-wiejskiej – oznacza to, że częściej mieszkańcy gmin miejskich będą uznawani za wykluczonych, mimo lepszej dostępności PTZ. Wskaźnik może więc zawyżać WK na obszarach gmin miejskich. Ponadto, ustawa „Prawo oświatowe” określa w art. 39. ust. 2., że „Droga dziecka z domu do szkoły nie może przekraczać: 1) 3 km – w przypadku uczniów klas I-IV szkół podstawowych; 2) 4 km – w przypadku uczniów klas V-VIII szkół podstawowych.”, więc tutaj zakłada się nawet bardzo duże potencjalne odległości dojścia [189]. Warunek 3 ogranicza ocenę rozkładu jazdy tylko poprzez ocenę liczby kursów w dni robocze w okresach 5:00-14:00 i 14:00-23:00, nie ma tu więc mowy o realizacji potrzeb mieszkańców występujących w soboty, niedziele czy święta. Warunek 4 zawiera niezawodność czasu przejazdu, zakładający, że największa punktualność (niezawodność) występuje na przystanku początkowym, co niekoniecznie musi być prawdą w sytuacji opóźnionego odjazdu z przystanku początkowego i „nadrabiania” opóźnienia wynikającego z rozkładu jazdy przez kierowcę lub w ogóle rozkładu jazdy zakładającego możliwość zredukowania opóźnienia. Odniesienie się do miesięcznego kosztu korzystania z PTZ w danej gminie nie musi powodować WK, w sytuacji, gdy jego potrzeby przemieszczania się dotyczą tylko wybranych dni tygodnia, a nie codziennych dojazdów do pracy lub szkoły. Dostępność oferty dla osób z niepełnosprawnościami nie powinna być w pierwszej kolejności podyktowana liczbą przesiadek, odległością do najbliższego przystanku czy ceną biletu ulgowego, a w ogóle możliwością odbycia takiej podróży tj. dostosowania infrastruktury (peronów przystankowych), taboru czy informacji pasażerskiej do potrzeb takich osób oraz np. odsetka osób z niepełnosprawnościami w danej gminie.

Wskaźnik opracowany w projekcie Gospostrateg nie zakłada np. przyszłej zmiany zabudowy i pojawienia się nowych punktów adresowych w związku z postępującą w Polsce suburbanizacją, więc nie umożliwia prognozowania zmian na podstawie zmiany popytu. W metodzie wykorzystano też tylko koszt podróży na podstawie biletu miesięcznego (przejazdu codzienne – głównie pracownicze lub uczniowskie), a potrzeby mieszkańców mogą też obejmować bilety okazjonalne (jednorazowe).

W marcu 2026 r. opublikowano mapę wartości wskaźników dla całego kraju, wyniki zagregowano z poziomu punktów adresowych do obszarów gmin (por. Rysunek 19). Zidentyfikowano pod tym względem 5 kategorii gmin, umieszczając je w przedziałach wartości wskaźnikach WK między 0 a 1 o szerokości 0,2.

Rysunek 19. Mapa WK w ujęciu gminnym – wartości wskazują w gminie udział wykluczonych punktów adresowych



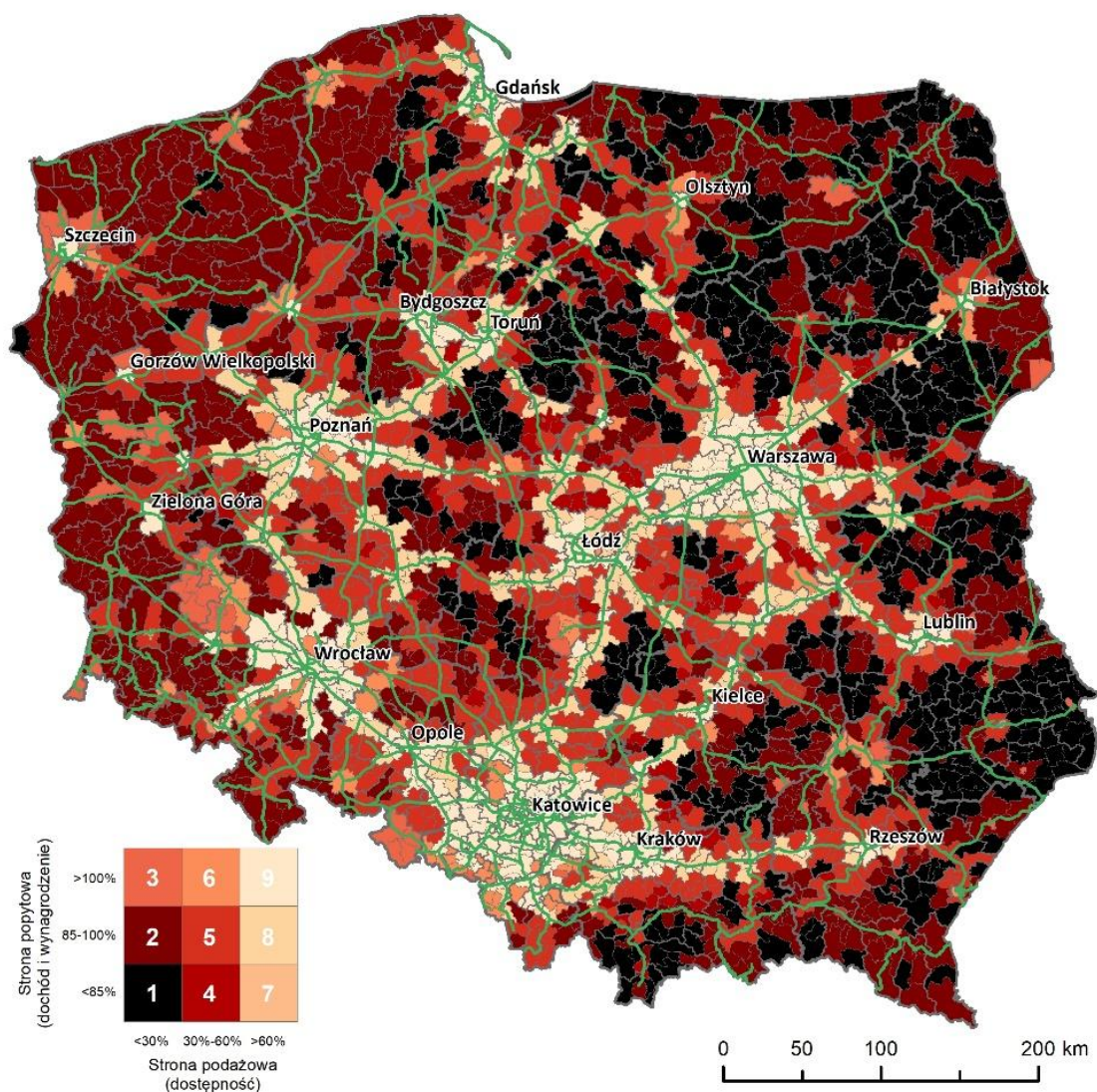
Źródło: [190]

- **Szacowanie ubóstwa transportowego w Planie Społeczno-Klimatycznym** do Społecznego Funduszu Klimatycznego w ramach funduszy UE. Ubóstwo określono jako niezdolność osób i gospodarstw domowych do pokrycia kosztów transportu prywatnego, PTZ lub trudności w tym zakresie, bądź też brak dostępu lub ograniczony dostęp dla tych osób lub gospodarstw domowych do transportu niezbędnego, aby mieli oni możliwość skorzystania z podstawowych usług i realizacji czynności społeczno-gospodarczych, z uwzględnieniem kontekstu krajowego i przestrzennego. Wyraża się to poprzez stronę popytową i podażową zjawiska. Opracowany został wskaźnik zagrożenia ubóstwem transportowych w Polsce przez zespół prof. Rosika (por. Rysunek 20) [191].

Strona popytowa ubóstwa transportowego została określona poprzez wskaźnik uwzględniający średnią arytmetyczną dla danej gminy z: (a) zestandaryzowanego udziału mieszkańców gminy (podatników) powyżej progu ubóstwa, czyli powyżej 0,6 mediany krajowego dochodu/przychodu dla PPE wg formy opodatkowania PIT na podstawie rozkładu

poziomu dochodu/przychodu dla PPE z PIT wg decyli w gminie (średnia krajowa udziału mieszkańców powyżej progu ubóstwa, dane za rok 2023), (b) zestandaryzowanego wynagrodzenia brutto na poziomie gminnym za rok 2024.

Rysunek 20. Ocena obszarów pod kątem zagrożenia ubóstwem transportowym w Polsce wykonana przez zespół pod przewodnictwem prof. Rosika



Źródło: [191]

Strona podażowa ubóstwa transportowego została określona poprzez Wskaźnik Ubóstwa Podaży Usług Transportowych (WUPUT) uwzględniający średnią arytmetyczną dla danej gminy z zestandaryzowanych trzech wskaźników cząstkowych lub miar dostępności potencjałowej w transporcie publicznym (wskaźniki WKDT – Wskaźnik Kolejowej Dostępności Transportowej, WDAK – Wskaźnik Dostępności Autobusowo – Kolejowej, WDPK – Wskaźnik Dostępności Połączeń Kolejowych; średnia krajowa = 100).

- **Ocena regionów Republiki Czeskiej** pod kątem wybranych czynników społeczno-ekonomicznych, które prowadzą lub mogą prowadzić do wykluczenia społecznego przy pomocy metody TOPSIS, przy szczególnym uwzględnieniu wykluczenia dzieci i młodzieży, a także wskazanie przyczyn różnic występujących pomiędzy tymi regionami w latach 2011-2016. Autorzy badania wskazali, że metoda może być inspiracją do dalszych badań skupiających się na wykluczeniu społecznym w jego wielowymiarowości [192].

3.1.6. *Metody prognostyczne*

Prognozy w transporcie publicznym przeprowadza się często w ramach prognoz ruchu. Prognozy ruchu będące wynikiem modelowania ruchu (makroskopowego) stanowią rzetelną podstawę weryfikacji korzyści z przeprowadzanych inwestycji. Wśród danych wejściowych uwzględnia się wiele parametrów (np. miejsca pracy, wskaźnik motoryzacji, miejsca w szkołach, PKB, populację, uczniów, strukturę wiekową, dostępność) [193]. Jednak ze względu na dokładność takich opracowań ograniczoną do tzw. rejonów komunikacyjnych, czyli zagregowanych obszarów o określonej charakterystyce, niekoniecznie może to być metoda przydatna do szacowania WK. W modelach ruchu prognozy wykonuje się na bazie zmiany wskaźnika ruchliwości mieszkańców, macierzy źródeł i celów podróży oraz zmian w gałęziach transportu. To podstawowa metoda szacowania zmian w ruchu. Istnieją też metody uproszczone wykorzystywane m.in. w ruchu drogowym: wskaźników wzrostu ruchu (wykorzystywana przez GDDKiA) lub ekstrapolacji ruchu na podstawie pomiarów z wcześniejszych lat (np. regresja liniowa) [194].

Przykładowe zastosowanie:

- **Sieciowa prognoza ruchu w ramach Pasażerskiego Modelu Transportowego Centralnego Portu Komunikacyjnego** na bazie 4-stopniowego modelu międzygałęziowego opracowanego w środowisku PTV Visum. Prognoza pozwoliła wyznaczyć znaczenie inwestycji realizowanych w ramach CPK na likwidację WK [195]. Na uwadze trzeba mieć jednak niską dokładność modelu, który zawiera ok. 2 800 rejonów komunikacyjnych dla całej Polski, co należy utożsamiać z dokładnością na poziomie gminy.

3.1.7. *Badania barier fizycznych i architektonicznych*

Zestaw metod pozwalających na ocenę specyficznej formy WK, ponieważ dotyczącego ograniczonej grupy osób ze szczególnymi potrzebami, która ze względu na

swoje cechy zewnętrzne lub wewnętrzne albo okoliczności, w których się znajdują, muszą podjąć dodatkowe działania lub zastosować dodatkowe środki w celu przezwyciężenia bariery, aby uczestniczyć w różnych sferach życia na zasadzie równości z innymi osobami.

Każdy rodzaj niepełnosprawności wymaga innego rodzaju dostosowań w systemie PTZ. Osoby z niepełnosprawnością ruchową wymagają usunięcia barier fizycznych w dostępie do PTZ. Osoby z niepełnosprawnością sensoryczną potrzebują elementów wspomagających nawigację w obszarze infrastruktury i pojazdu, zapewnienie właściwego poziomu bezpieczeństwa i informacji w postaci tekstowej lub w języku migowym. Osoby z niepełnosprawnością intelektualną mają trudności ze zrozumieniem komunikatów i wypowiedzi czy skomplikowanych tekstów oraz mają nadwrażliwość na różnego typu bodźce – światło, dźwięk i tłok. Osoby starsze mają szerokie spektrum potrzeb, rozpoczynając od usuwania barier, przechodząc przez bezpieczeństwo podróży a kończąc na komforcie jazdy, dostępności miejsca siedzącego czy jasnej informacji pasażerskiej. Rodzice podróżujący z małymi dziećmi też wymagają dostępności fizycznej PTZ a także wyznaczonej przestrzeni na bezpieczne ustawienie wózka dziecięcego w taborze [196].

Zasady dostępności w Polsce reguluje Ustawa z 19 lipca 2019 r. o zapewnianiu dostępności osobom ze szczególnymi potrzebami [197]. Ustawa definiuje barierę jako przeszkodę lub ograniczenie architektoniczne, cyfrowe lub informacyjno-komunikacyjne, które uniemożliwia lub utrudnia osobom ze szczególnymi potrzebami udział w różnych sferach życia na zasadzie równości z innymi osobami. Zapewnienie dostępności jest natomiast wynikiem uwzględnienia uniwersalnego projektowania albo zastosowania racjonalnego usprawnienia.

Podstawową formą zapewnienia dostępności transportu dla wszystkich osób powinno być projektowanie uniwersalne, czyli takie by usługa była użyteczna dla wszystkich w możliwie największym stopniu, bez adaptacji lub specjalistycznego projektowania. Nie wyklucza ono pomocy technicznych dla poszczególnych grup osób z niepełnosprawnościami, jeżeli są one potrzebne [198].

W systemie kolejowym standardem dla taboru, infrastruktury, eksploatacji i systemów telematycznych są Techniczne Specyfikacje Interoperacyjności dla Osób o ograniczonej mobilności (w skrócie TSI PRM) [199]. Brak jest natomiast jednolitych standardów dostępności dla infrastruktury i pojazdów transportu publicznego drogowego. W obszarach miejskich takie standardy pojawiły się w Polsce u wielu organizatorów PTZ lub zarządców infrastruktury drogowej (np. standardy dostępności miasta stołecznego Warszawy [200] lub

Metropolii GZM [201]). Warunki dostępności autobusów reguluje natomiast Regulamin nr 107 Europejskiej Komisji Gospodarczej Organizacji Narodów Zjednoczonych (EKG ONZ) w zakresie homologacji autobusów.

Badanie barier fizycznych i architektonicznych można przeprowadzić z dwóch stron – podażowej, czyli weryfikacji dostępności infrastruktury, taboru, usług PTZ i systemów telematycznych (audytów dostępności), a także popytowej – zapotrzebowania na te rozwiązania ze strony osób o ograniczonej mobilności. Badania często przeprowadza się z udziałem osób posiadających szczególne potrzeby, weryfikując poszczególne elementy cyklu dostępności: dotarcie na przystanek, oczekiwanie, informację, wsiadanie, podróż, przybycie do celu i wysiadanie.

Przykładowe zastosowanie:

- **Badanie dostępności infrastruktury i taboru z pomocą osób o ograniczonej mobilności** (osób: na wózku inwalidzkim, niewidomej, o niepełnosprawności intelektualnej) **w ramach Ewaluacji Programu Operacyjnego Polska Wschodnia 2014-2020 – Niskoemisyjna Infrastruktura Transportowa.** Badanie wykazało liczne nieprawidłowości w wykonaniu i utrzymaniu infrastruktury transportowej, co może mieć wpływ na WK osób ze szczególnymi potrzebami. W badaniu wskazano też, że o ile na terenie miast poziom dostosowania PTZ do osób ze szczególnymi potrzebami rośnie i jest co raz bardziej zadowalający, tak na terenach wiejskich często w ogóle nie zapewnia się dostępności dla osób o ograniczonej mobilności i nawet jeśli osoby pełnosprawne nie są wykluczone komunikacyjnie, tak osoby o ograniczonej mobilności są w pełni wykluczone [202].
- **Badanie dostępności PTZ dla osób niepełnosprawnych w miastach na prawach powiatu wykonane przez Najwyższą Izbę Kontroli (NIK) w 2015 r.** Inspektorzy stwierdzili, że w żadnym z 10 skontrolowanych miastach nie zapewniono osobom niepełnosprawnym możliwości korzystania z PTZ na takim samym poziomie dostępności, z jakiego korzystają osoby w pełni sprawne. W czasie kontroli przeprowadzono oględziny (wizje lokalne) taboru i przystanków komunikacji miejskiej i spełniania przez nie standardów obsługi osób niepełnosprawnych [203].

3.1.8. *Analiza dostępności usług publicznych i komercyjnych*

Ocena wpływu dostępności transportowej na możliwość korzystania z usług takich jak edukacja, opieka zdrowotna, sklepy czy instytucje kultury. Analizy wiąże się z metodą

wyznaczania dostępności transportowej, ale dotyczą konkretnych usług publicznych lub prywatnych.

Przykładowe zastosowanie:

- **Atlas dostępności do usług publicznych.** Przeprowadzone analizy opierały się na danych dotyczących czasu przejazdu samochodem osobowym wyznaczonych przy wykorzystaniu modelu prędkości ruchu opracowanym w IGiPZ PAN. Uwzględnione kategorie usług publicznych obejmowały: administrację publiczną (urzędy administracji publicznej, administrację skarbową, ubezpieczenia społeczne); opiekę nad dziećmi (żłobki); edukację (przedszkola, szkoły podstawowe, gimnazja, szkoły ponadgimnazjalne); służbę zdrowia (apteki, przychodnie POZ, specjalistyczną opiekę medyczną, ratownictwo medyczne); placówki kultury (kina, teatry) [204]. Interesujące jest to, że nie analizowano dojazdu innymi środkami transportu niż samochód.

3.1.9. Metody oceny ekonomicznej (ekonometrycznej), w tym analizy kosztów i korzyści

Analiza kosztów i korzyści polega na mierzeniu w wartościach pieniężnych wszystkich korzyści i kosztów projektu z punktu widzenia społeczeństwa. W przypadkach związanych z walką z WK, powinna więc uwzględniać po stronie podaży takie aspekty, jak koszt wozokilometra, przychody ze sprzedaży biletów, dopłaty z różnych źródeł, nakłady inwestycyjne; natomiast po stronie popytu: dostępność ekonomiczną PTZ, wpływ na rynek pracy, wpływ na jakość życia, wpływ na edukację, zdrowie, kulturę itd. Metodykę oceny ekonomicznej można opierać na analizie kosztów i korzyści projektów inwestycyjnych realizowanych w ramach funduszy unijnych na bazie Niebieskich Ksiąg 2021-2027 CUPT [205], jednak wymagałyby one rozszerzenia o kategorie kosztów i korzyści obejmujących wszystkie aspekty WK.

Przykładowe zastosowanie:

- Nie odnaleziono. Metoda może być potencjalnie zaadaptowana do projektów związanych z walką z WK, gdzie mieszkańiec zyskujący połączenia PTZ osiąga korzyść związaną z dostępem do różnych celów podróży. Celom tym można przypisywać wartość pieniężną, ale oczywiście w taki sposób wyznaczone byłyby potencjalne korzyści nabywane przez mieszkańca, które mogą nie być nigdy sprowadzone do rzeczywistej wartości finansowej. Jednak już dzisiaj metodyka wyznaczana kosztów i korzyści oparta jest na trudno wyrażalnych w pieniądzu

wartościach, jak na przykład koszt emisji CO₂ i zanieczyszczeń powietrza lub hałasu (efekty środowiskowe).

3.1.10. *Analiza sieci społecznych (Social Network Analysis)*

Analiza sieci społecznych pozwala na zrozumienie interakcji między różnymi podmiotami w systemie transportowym, takimi jak pasażerowie, organizatorzy czy operatorzy transportu i decydenci. Metoda ta może ujawnić, jak struktura społeczna i relacje między jej użytkownikami wpływają na WK [206].

Przykładowe zastosowanie metody:

- Badanie sieci społecznościowych w Lizbonie w przeciwdziałaniu wykluczeniu transportowemu mieszkańców. Sieci kontaktów w społeczeństwie pozwalają włączać jednostki w niekorzystnych warunkach, np. niedoboru sieci PTZ, czym może być np. wzajemne podwożenie się sąsiadów do pracy [207].

3.2. Narzędzia oceny wykluczenia komunikacyjnego

3.2.1. *GIS (System Informacji Geograficznej)*

Systemy Informacji Geograficznej (GIS) to zaawansowane narzędzie badawcze umożliwiające gromadzenie, przechowywanie, analizę i wizualizację danych przestrzennych oraz geograficznych. GIS integruje informacje z różnych źródeł, pozwalając na kompleksowe badanie zjawisk i procesów w kontekście przestrzennym [208]. Najpopularniejszym programem GIS jest ArcGIS [209], w kontekście opracowań profesjonalnych i komercyjnych licencji. Dużą popularnością w środowisku akademickim cieszy się natomiast QGIS [210], stanowiący wieloplatformowe, wolne i otwarte oprogramowanie geoinformacyjne.

GIS umożliwia przestrzenną analizę dostępności transportowej poprzez mapowanie sieci transportowej, lokalizacji przystanków, tras oraz identyfikację obszarów słabo skomunikowanych [211]. Narzędzie może bazować na wykorzystaniu otwartych danych mapowych np. z serwisu OpenStreetMap, a także analiz sieciowych i technologii GIS do obliczenia dostępności czasowej [175]. Narzędzie może też wizualizować dane na mapie, np. wartości wskaźnika WK.

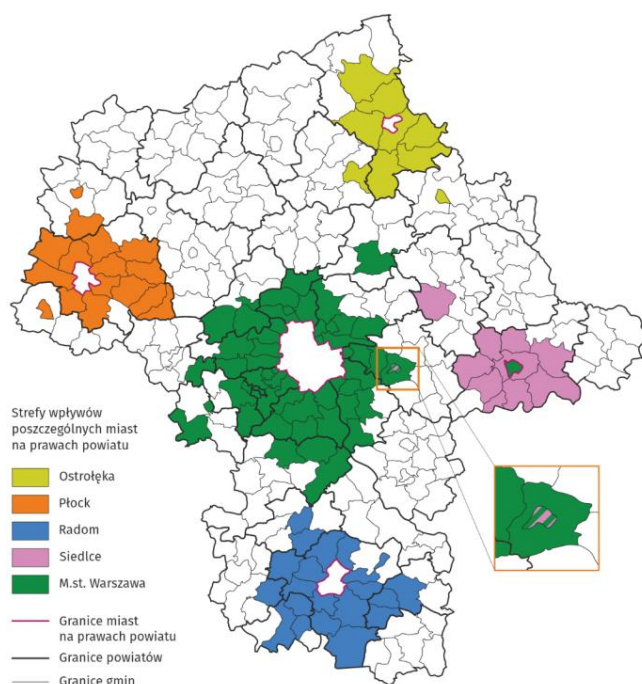
Przykładowe zastosowanie:

- **Ocena dostępności przestrzennej do 16 kategorii obiektów użyteczności publicznej w Toruniu.** Zaprezentowano metodykę polegającą na analizie dostępności w siatce sześciokątnych pól testowych, dzięki czemu możliwe było ukazanie przestrzennego zróżnicowania czasów dojazdu do określonych usług. Oceniono, że

w strefach zamieszkałych najbardziej dostępne są przystanki komunikacji publicznej (średnia 1,5 minuty), a także tereny zielone (2,2 minuty), supermarkety (3,3 minuty), boiska (3,4 minuty) oraz przedszkola (3,5 minuty) [175].

- **Wyznaczenie stref wpływów szkół w województwie mazowieckim poszczególnych miast na prawach powiatu w roku szkolnym 2022/23** – szkoły podstawowe dla dzieci i młodzieży (por. Rysunek 21). Strefy wpływu wiążą się z obszarami dojazdów do szkół, w których konieczne jest zapewnienie PTZ, w szczególności, gdy uczniowie często nie mają innej alternatywnej formy dojazdu [212].

Rysunek 21. Strefy wpływów w województwie mazowieckim poszczególnych miast na prawach powiatu w roku szkolnym 2022/23 – szkoły podstawowe



Źródło: [212]

3.2.2. Planer podróży, np. *Open Trip Planner (OTP)*

OpenTripPlanner (OTP) to oprogramowanie z otwartym źródłem, które zapewnia usługę planowania podróży. Główny komponent Java po stronie serwera znajduje trasy łączące PTZ, ruch pieszy, rowerowy i samochodowy za pośrednictwem sieci zbudowanych z powszechnie dostępnych danych OpenStreetMap i rozkładu jazdy (GTFS). Do tej usługi można uzyskać dostęp bezpośrednio za pośrednictwem interfejsu API sieciowego lub przy użyciu bibliotek JavaScript. OTP obsługuje regionalne i krajowe usługi planowania podróży na całym świecie, a także kilka popularnych aplikacji mobilnych [213].

Przykładowe zastosowanie:

W ramach projektu Gospostrateg [1] opracowano procedurę obliczeniową obejmującą następujące kroki:

- krok 1 – przygotowanie niezbędnych danych cyfrowych: o PTZ (standard GTFS lub NeTEx), geolokalizacja przystanków (cyfrowa baza przystankowa), geoprzestrzennych punktów adresowych (baza TERYT) i podkład mapowy;
- krok 2 – generowanie tras, tj. dla każdego przystanku wyznaczane są wszystkie możliwe podróże do wybranych punktów docelowych i powrotnych (siedzib gminy i miast powiatowych związanych z punktem docelowym);
- krok 3 – ocena tras, tj. ograniczenie dla każdego przystanku zbioru tras dopuszczalnych, czyli spełniających łącznie 3 warunki, tj. czas przejazdu, niezawodność czasu przejazdu i miesięczny koszt przejazdów;
- krok 4 – dopasowanie dopuszczalnych podróży do punktu adresowego, tj. ocena dostępności przestrzennej przystanków względem każdego punktu – weryfikacja warunku dostępności pieszej oraz jeżeli warunek poprzedni jest spełniony, ustalenie łącznej liczby podróży możliwych do wykonania ze wszystkich przystanków w promieniu dostępności pieszej z punktu adresowego;
- krok 5 – integracja wskaźnika WK dla punktu adresowego, czego rezultatem jest ustalenie czy punkt jest wykluczony ($WK = 1$), czy nie ($WK = 0$);
- krok 6 – obszarowa agregacja WK, tj. ustalenie dla jakiej części punktów adresowych należących do obszaru agregacji (np. gminy) spełniony jest warunek wykluczenia.

3.2.3. Arkusz kalkulacyjny

Arkusz kalkulacyjny w kontekście WK może służyć do gromadzenia, porządkowania i analizy danych dotyczących PTZ, liczby kursów, odległości do przystanków czy kosztów przejazdów w różnych miejscowościach. Umożliwia tworzenie zestawień porównawczych, wykresów obrazujących luki w komunikacji oraz obszarów o ograniczonym dostępie do usług PTZ. Pozwala też przeprowadzać proste analizy statystyczne, np. identyfikować gminy najbardziej zagrożone WK, co wspiera podejmowanie decyzji o potrzebnych inwestycjach lub zmianach w siatce połączeń. Arkusze kalkulacyjne powstają w praktycznie każdym badaniu, gdzie gromadzone lub wytwarzane są dane.

3.2.4. Wizja lokalna lub spacer badawczy

Narzędzie pozwalające zweryfikować stan rzeczywisty zjawiska w przestrzeni. W kontekście WK, wizja lokalna może obejmować np. identyfikację infrastruktury i taboru

PTZ na obszarach wykluczenia, a także jakości oferowanej usługi. Narzędzie często wykorzystywane jest przy okazji ewaluacji wydatkowania funduszy unijnych, celem oceny elementów systemu transportowego lub pokazania dobrych lub złych praktyk.

Przykładowe zastosowanie:

- **Badanie parkingów Parkuj i jedź** powstałych w wyniku inwestycji realizowanych w ramach Programu Operacyjnego Polska Wschodnia 2014-2020. W czasie wizji lokalnej weryfikowano przy pomocy listy kontrolnej wyposażenie parkingów, pełnioną funkcję czy stan utrzymania parkingu. W kontekście WK, parkingi mogą być punktem wejścia mieszkańca do systemu PTZ, po dojeździe z obszaru zagrożonego WK transportem indywidualnym (np. samochodem czy rowerem) [202].

3.2.5. Fotografia

Fotografia jest narzędziem wspierającym wizje lokalne lub spacerów badawcze, zapewniając przede wszystkim informacje jakościowe, wizualne, możliwe do umieszczenia w raportach z badania, które pozwalają unaocznić badane zjawisko. W przypadku WK może w szczególności obrazować wady taboru i infrastruktury PTZ oraz ich otoczenia.

Przykładowe zastosowanie:

- **Maciej Wójcik w pracy dyplomowej inżynierskiej** użył fotografii do przedstawienia ograniczonej dostępności przystanków PTZ zlokalizowanych w otoczeniu dróg szybkiego ruchu w Polsce, omawiając wpływ tras tego typu na obsługę komunikacyjną mieszkańców otoczenia drogi [100].
- **W badaniach inwestycji w ramach Programu Operacyjnego Polska Wschodnia 2014-2020**, pod przewodnictwem prof. Wolańskiego, weryfikowano dostępność infrastruktury drogowej, PTZ oraz pojazdów do obsługi PRM. Fotografie przedstawiały niedostatki wyposażenia (brak obniżonych krawężników, niedostosowana wysokość peronu przystanku do wysokości wejścia w pojeździe), utrzymania elementów (np. zapiaszczone obszary styku jezdni-chodnik, zapadnięte chodniki) lub błędy projektowe (wysoko powieszone tabliczki rozkładu jazdy) [202].

3.2.6. Symulacje i modele ruchu

Modele symulacyjne dla PTZ powstają w skali mikro i makro. W skali mikro odwzorowuje się sytuację ruchową punktowej lub liniowej infrastruktury, np. przystanku, skrzyżowania, węzła przesiadkowego, dworca czy ciągu skrzyżowań, ewentualnie małego obszaru. Skala mikro służy do analiz efektywności rozwiązań inżynierskich. W skali makro wyznacza się potok ruchu w całej sieci na danym obszarze. Model ruchu wspomaga

planowanie sieci komunikacyjnej i rozkładu jazdy, poprzez wyznaczanie potoków ruchu wzdłuż planowanych tras. Podstawowym uproszczeniem modelu jest jednak określanie tzw. rejonów komunikacyjnych – zagregowanych obszarów stanowiących homogeniczną strukturę zabudowy o podobnej gęstości zamieszkania. W zależności od skali modelu (krajowy lub na określonym szczeblu JST), ustala się poziom szczegółowości definiowany rejonem komunikacyjnym. Model ruchu ma ograniczone możliwości badania WK, ponieważ już na etapie definiowania poziomu danych w modelu, upraszcza się pojedyncze punkty adresowe lub budynki do poziomu zagregowanych obszarów zawierających wiele obiektów. Obszary o dużej gęstości zaludnienia dzieli się na mniejsze, a tam, gdzie gęstość zaludnienia jest mała – tworzy się duże rejony. Model ruchu wspomaga planowanie sieci komunikacyjnej, ale nie pozwala precyzyjnie określić występowania WK [214].

Przykładowe zastosowania:

- **Pasażerski Model Transportowy zbudowany na potrzeby prognoz ruchu w ramach Centralnego Portu Komunikacyjnego.** Sieciowa prognoza ruchu wskazała na istotne znaczenie inwestycji kolejowych CPK dla likwidacji WK w Polsce. Budowa nowych linii, na obszarach dotychczas pozbawionych dogodnych połączeń, ma pozwolić na zwiększenie liczby osób podróżujących koleją i przyczynić się do wzrostu atrakcyjności tego środka transportu. Model pozwala porównywać różne scenariusze rozwoju transportu. Umożliwia też wybór najlepszych wariantów inwestycyjnych, co jest wykorzystywane m.in. w pracach nad studiami techniczno-ekonomiczno-środowiskowymi (STeŚ) dla poszczególnych inwestycji [195].

3.2.7. Ankieta

Ankieta może dostarczać dane ilościowe lub jakościowe o WK. Dużo trudniej jest jednak przeprowadzić ankietę jakościową przy zjawisku o tak szerokich aspektach, więc z reguły dziś przeprowadzane ankiety polegają na ocenie ilościowej określonych parametrów. Przykładami narzędzi do ankietowania są: Google Forms (narzędzie bezpłatne) i LimeSurvey (narzędzie specjalistyczne, płatne). Wybór narzędzia zależy od potrzeb i wymagań badania.

Przykładowe zastosowania:

- **Badanie ankietowe z przedstawicielami organizatorów i przewoźników PTZ na terenie Polski,** przeprowadzane w projekcie Gospostrateg. Ankieta pozwoliła m.in. wskazać priorytety w zakresie barier WK oraz metod jego likwidacji. Za najważniejsze uznano bariery organizacyjne (rozdrobienie organizatorów PTZ do

poziomu gminy) oraz finansowe (niewystarczające finansowanie funkcjonowania usług) [1].

3.2.8. Scenariusz wywiadu

Scenariusz zawiera sposób przeprowadzenia wywiadu i jest narzędziem wsparcia dla osoby wywiad przeprowadzającej, by zmaksymalizować efektywność wykorzystania jego czasu i osoby odpowiadającej oraz uzyskać jak najszerszy zbiór informacji przede wszystkim jakościowych o badanym zjawisku. Scenariusz powinien zawierać sekcje z pytaniami dotyczącymi badanego zjawiska, umożliwić pogłębienie informacji, pytaniami o nieoczywistych odpowiedziach i które mogą prowadzić do poszerzenia posiadanej wiedzy.

Przykładowe zastosowania:

- Wywiady IDI z przedstawicielami organizatorów PTZ oraz organizacji zrzeszających osoby z niepełnosprawnością w ramach oceny osi priorytetowej Nowoczesna Infrastruktura Transportowa Programu Operacyjnego Polska Wschodnia na lata 2014-2020. Badanie dostarczyło danych o niewystarczającej integracji miejskiego i pozamiejskiego PTZ oraz braku dostępności dla PRM w pozamiejskim PTZ [202].

3.3. Bazy danych

3.3.1. Dane o sieciach transportu publicznego i rozkładzie jazdy, np. GTFS

GTFS (z ang. *General Transit Feed Specification*) to otwarty format używany do zapisu danych o PTZ w formie cyfrowej. Zawiera dane dotyczące przewoźników, rozkładów jazdy, lokalizacji przystanków, tras, godzin odjazdów, a także czasów przejazdu. Dane wykorzystywane są przez aplikacje, systemy informatyczne oraz narzędzia GIS. GTFS występuje w wersji statycznej (*static*) i w czasie rzeczywistym (*real-time*) [215]. **Jest to najpopularniejszy w Polsce standard zapisu danych o rozkładzie jazdy** na cele zarządzania ruchem pojazdów PTZ oraz systemów dynamicznej informacji pasażerskiej (SDIP). W UE planuje się wprowadzenie szerszego standardu zapisu danych o PTZ, umożliwiającego również sprzedaż biletów – NeTEx 2 (z ang. *Network Timetable Exchange*) – jednak jego wprowadzanie jest jak na razie w początkowej fazie. W 2022 r. prowadzono konsultacje dotyczące krajowego profilu tego standardu [216]. Wśród innych standardów używanych na świecie znajduje się jeszcze SIRI (z ang. *Service Interface for Real-Time Information*), na bazie normy CEN z 2006 r., używana m.in. we Francji, Niemczech, Włoszech i Wielkiej Brytanii [217].

Dane w tym formacie pozwalają analizować dostępność PTZ. Możliwa jest analiza odległości do przystanków, częstości kursowania, czasu podróży do celu w różnych dniach i porach dnia. Dodatkowo, standard GTFS *real-time* umożliwia analizę punktualności. Dane o kursujących pojazdach ustalane są na podstawie autokomputera lub smartfona, znajdującego się w pojeździe i korzystającego z sygnałów GPS (położenie – współrzędne geograficzne i korekcja tych danych przez hodometr) i GPRS (transmisja danych przez sieć telefonii komórkowej). Miejsca o niskiej punktualności połączeń mogą być uznane za obszary WK.

Standard składa się z zestawu plików tekstowych w formacie CSV, opisujących sieć PTZ, w tym przede wszystkim trasy linii i rozkład jazdy. Zbiór danych GTFS składa się z wielu plików, każdy z nich zawiera specyficzne informacje, co zestawia Tabela 11.

Tabela 11. Struktura plików w standardzie GTFS

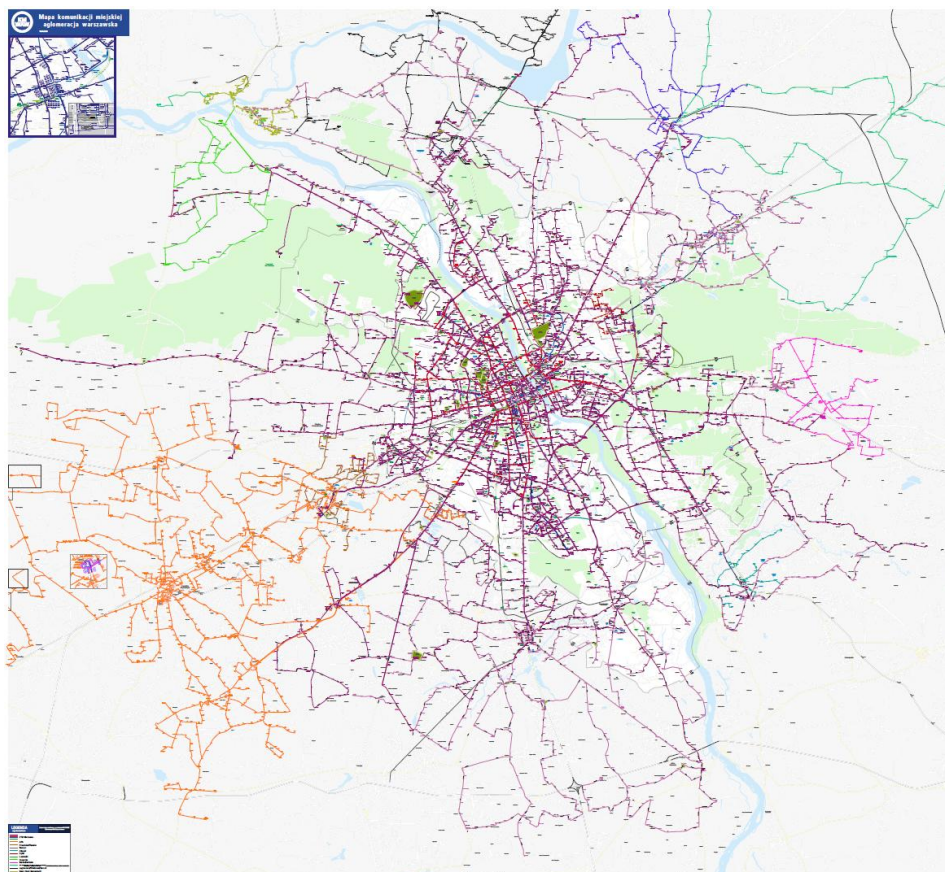
Plik	Opis	Zawarte dane
agency.txt	Informacje o organizatorach lub przewoźnikach transportu publicznego	Nazwa firmy, adres strony internetowej, strefa czasowa lokalizacji firmy, język podstawowy, numer telefonu, e-mail itd.
stops.txt	Informacje o przystankach lub stacjach, w tym ich nazwy i współrzędne geograficzne (szerokość i długość geograficzna)	Identyfikator (ID) przystanku, nazwa przystanku, długość i szerokość geograficzna położenia przystanku, numer strefy biletowej, typ przystanku, dostępność dla osób niepełnosprawnych
routes.txt	Dane o trasach linii komunikacyjnych	ID trasy, nazwa linii, opis linii, typ linii, kolor linii, forma obsługi
trips.txt	Szczegółowe informacje o kursach na poszczególnych trasach	ID kursu, dni kursowania, ID linii, kierunek kursu, ID kierunku, ID kształtu trasy, dostępność dla PRM, podróż z rowerem
stop_times.txt:	Dokładne czasy przyjazdów i odjazdów na poszczególnych przystankach w trakcie kursu	ID kursu, czas przyjazdu, czas odjazdu, ID przystanku, numer przystanku na trasie kursu
calendar.txt	Określa dni tygodnia, w które dany kurs jest wykonywany	ID usługi, dostępność od poniedziałku do niedzieli, data początkowa, data końcowa usługi
calendar_dates.txt	Wyjątki w rozkładzie jazdy (np. święta)	ID usługi, data, typ wyjątku
fare_attributes.txt	Zawiera informacje o taryfach biletowych, w tym ceny, waluty, strefy oraz typy biletów	ID taryfy, cena, waluta taryfy, możliwość płatności przed i po wejściu do pojazdu, dopuszczalna liczba przesiadek, ID organizatora lub przewoźnika, dopuszczalny czas trwania przesiadki
shapes.txt	Definiuje geometrię trasy, czyli rzeczywisty przebieg kursu między przystankami (w formie linii)	ID kształtu, współrzędne punktu na trasie, kolejność punktów na trasie, pokonany dystans

Plik	Opis	Zawarte dane
frequencies.txt	Dane o częstości kursów zamiast dokładnych godzin odjazdów, przy PTZ bez ustalonego rozkładu jazdy	ID kursu, czas rozpoczęcia przedziału częstości, czas zakończenia, wartość odstępu między pojazdami
transfers.txt	Określa miejsca, gdzie pasażerowie mogą przesiadać się pomiędzy liniami oraz czas wymagany na przesiadkę.	Przystanek rozpoczęcia przesiadki, przystanek zakończenia przesiadki, ID linii z i do której przesiadka następuje, ID kursu z i do którego następuje, rodzaj przesiadki, czas trwania w minutach
feed_info.txt	Informacje o pliku GTFS, w tym data jego utworzenia, wersja i autor	Nazwa organizatora publikującego dane, strona www organizatora, język organizatora, data rozpoczęcia i zakończenia ważności danych, wersja danych, e-mail kontaktowy, adres www

Źródło: opis formatu GTFS [215]

Dane te umożliwiają dokładne modelowanie sieci PTZ, co pozwala na tworzenie aplikacji do planowania podróży, analizowanie dostępności transportu oraz monitorowanie jej działania w czasie rzeczywistym. Przykład mapy sieci PTZ w Metropolii Warszawskiej opracowanej na podstawie danych GTFS organizatorów transportu zawiera Rysunek 22.

Rysunek 22. Mapa sieci transportu publicznego w Metropolii Warszawskiej



Źródło: [218]

Dane GTFS są ogólnodostępne i zawarte w portalach internetowych zawierających odnośniki do baz udostępnianych przez poszczególnych organizatorów PTZ: miejskich (np. ZTM Warszawa czy ZTM Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii), gminnych (np. Wschód Express), regionalnych (np. Koleje Małopolskie czy Polregio) i krajowych (np. PKP Intercity); dostępne np. pod adresami <https://mkuran.pl/gtfs/> (portal Mikołaja Kuranowskiego [219]) i <https://odt.org.pl/> (portal Otwartych Danych Transportowych [220]).

3.3.2. Dane mapowe i przestrzenne, np. *OpenStreetMap* czy *Geoportal*

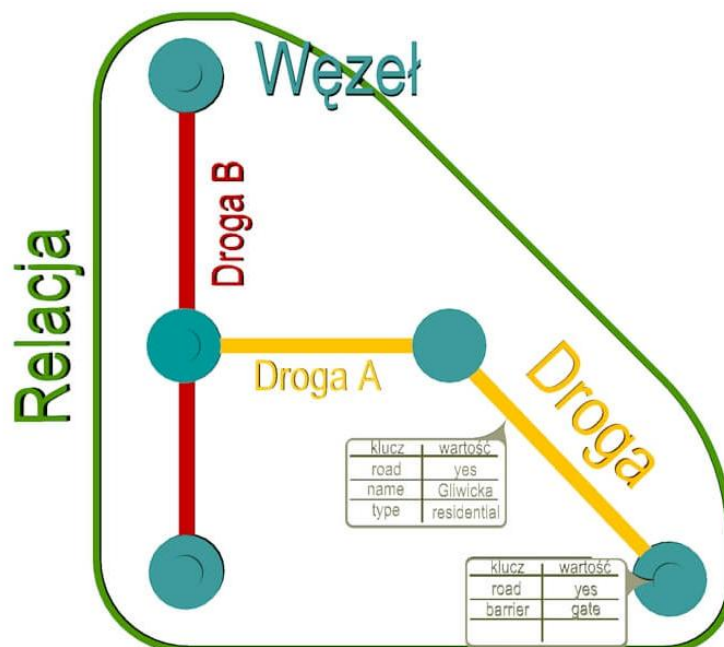
OpenStreetMap (OSM) to otwarty, społecznościowy projekt mający na celu stworzenie szczegółowej, bezpłatnej w użytkowaniu, edycji, rozwoju i wykorzystywaniu, mapy świata, dostępnej dla wszystkich – zarówno użytkowników, jak i deweloperów. Dane w OSM są zbierane, aktualizowane i utrzymywane przez wolontariuszy na całym świecie, a ich dostępność i licencja umożliwiają wykorzystanie tych informacji w różnych celach, zarówno komercyjnych, jak i niekomercyjnych. Można go używać w aplikacjach, badaniach czy analizach bez opłat licencyjnych. Dane są licencjonowane na podstawie licencji ODbL (Open Database License). Dane można kopiować, modyfikować i rozpowszechniać, pod warunkiem zachowania tej samej otwartości i przypisania źródła [221].

Użytkownicy OSM mogą mapy edytować, dodawać nowe elementy, poprawiać istniejące dane, jak również aktualizować informacje na podstawie własnych obserwacji, zdjęć satelitarnych, GPS i innych źródeł. Społeczność składa się zarówno z amatorów, jak i profesjonalistów, co pozwala na szybką aktualizację map, zwłaszcza w przypadku nagłych zmian (np. budowa nowych dróg, zmiana tras).

Struktura danych OSM ma charakter topologiczny. Wyróżniamy trzy typy elementów, tj. węzły (*nodes*), drogi (*ways*) i relacje (*relations*), a właściwości każdego z nich możemy określać za pomocą tagów (por. Rysunek 23). Węzły to punkty, które posiadają współrzędne geograficzne. Wśród punktów mogą być m.in. przystanki autobusowe, latarnie, drzewa i punkty orientacyjne. Drogi to listy węzłów definiujących linie lub wielokąty. Wśród dróg można wyróżnić między innymi drogi samochodowe, kolejowe itd., ścieżki, rzeki, granice czy inne linearne elementy. Drogi mogą też tworzyć wielokąty, służące do opisywania powierzchni, np. budynków lub parków. Relacje to grupy węzłów, dróg i innych relacji, które mogą posiadać pewne właściwości; wśród nich mogą znajdować się np. linie komunikacji PTZ, szlaki piesze lub granice administracyjne (por. Rysunek 24). Tag to para klucz-wartość. Klucz odpowiada typowi obiektu (np. budynek), a wartość precyzuje podtyp (np. szkoła).

Tagi można przypisywać węzłom, drogom lub relacjom. Każdy obiekt w bazie OSM może posiadać wiele opisujących go tagów [222].

Rysunek 23. Struktura danych OSM



Źródło: [222]

Rysunek 24. Warstwa Transportu publicznego mapy OSM



Źródło: [221]

Dane OSM można pobierać za pomocą różnych interfejsów API, takich jak *Overpass* lub określonego formatu plików (np. PBF). Udostępnia się całe zbiory danych o krajach czy

regionach. Użytkownicy mogą również tworzyć własne ekstrakty danych za pomocą narzędzi, jak Geofabrik czy BBBike. W Polsce dane przestrzenne dostarcza Geoportal, który pełni rolę centralnego węzła Infrastruktury Informacji Przestrzennej, pośrednicząc w dostępie do danych przestrzennych i związanych z nimi usług. Wśród map, które mogą wspierać ocenę WK znajdują się: mapa topograficzna (Baza danych obiektów topograficznych BDOT10k – w skali 1:10 000 i BDOT500 – w skali 1:500), mapa punktów adresowych w ramach warstwy Adresy i ulice, Miejskowe plany zagospodarowania przestrzennego oraz Studia uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego czy ortofotomapa [223].

Z perspektywy oceny WK z danych przestrzennych kluczowe do wykorzystania będą dane o: punktach adresowych i budynkach, przystankach, węzłach i możliwych drogach przejazdu oraz przejścia pieszego (dojścia do przystanków), a także o planowanej formie zagospodarowania przestrzennego obszarów w kontekście prognoz na przyszłość. Na bazie map można wyznaczać planowane trasy podróży, a także mapy dostępności komunikacyjnej.

3.3.3. *Dane Big Data, np. z telefonii komórkowej*

Dane Big Data o przemieszczaniu się ludności na podstawie logowania się kart SIM do sieci można wykorzystać do analizy WK i użycia poszczególnych środków transportu. Innowacją wrocławskiego Kompleksowego Badania Ruchu (KBR) w 2018 roku była analiza przemieszczeń na bazie kart SIM [224]. Metodę ponownie wykorzystano w KBR 2024, zasięgiem obejmując Wrocław i 9 gmin, do oszacowania liczby miejsc pracy w obszarze [225]. Podstawowym warunkiem wykorzystania danych jest ich anonimizacja, jednak w kontekście WK zagadnienie jest niebanalne, ponieważ analiza powinna skupiać się wręcz na pojedynczych punktach. Dane takie, w kontekście Ustawy i Rozporządzenia o ochronie danych osobowych (RODO) [226], nie powinny zapewniać dostępu do wiedzy o pojedynczych podróżach konkretnych, identyfikowalnych osób, ale mogą być przedstawiane w sposób zagregowany, analizując np. źródła i cele podróży mieszkańców czy używane środki transportu.

Na uwadze trzeba też mieć, że dokładność danych SIM ograniczona jest do tzw. celek, tj. stacji bazowych sieci GSM (BTS) i zasięgu (obszaru określonego obwodem i promieniem dotarcia sygnału) ich oddziaływania. Zakres oddziaływania nadajnika może wynosić od kilkuset metrów do kilku kilometrów. W obszarach o dużej gęstości zamieszkania sygnał z kilku celek nakłada się na siebie, a zabudowa stanowi przeszkodę dla fal, więc przyporządkowywanie karty SIM do BTS jest znacznie trudniejsze niż na obszarach wiejskich [227]. Na obszarach wiejskich problemem może być nadal niewystarczające pokrycie

zasięgiem telefonii komórkowej określonych obszarów, mogą to być zresztą obszary WK. Na podstawie wzorców przemieszczeń mieszkańców można określać występowanie WK, w zależności od przedziału wieku, celów podróży czy wykorzystywanych środków transportu. Może to być dalszy kierunek badań nad WK.

3.3.4. *Bank Danych Lokalnych Głównego Urzędu Statystycznego (BDL GUS)*

Baza zawierająca podstawowe dane statystyczne w różnych dziedzinach w rozdzielnici poszczególnych szczebli JST – gmina, powiat, województwo, kraj, MOF czy Obszar Strategicznej Interwencji (OSI) [228]. Dane mogą służyć do wyznaczania obszarów potencjalnego występowania WK ze względu na aspekty społeczne czy ekonomiczne oraz porównywania parametrów pomiędzy tymi obszarami. Do zbiorów danych GUS, które mogą być przydatne w ocenie WK należą dane z poniższych dziedzin:

1. Ceny

– wskaźnik cen towarów i usług konsumpcyjnych (inflacja) – wpływa na stronę popytową (zdolność mieszkańców do korzystania z PTZ) i podaźową (koszty obsługi PTZ) zjawiska;

2. Gospodarka mieszkaniowa i komunalna:

– budynki mieszkalne w gminie – dane dotyczą budynków mieszkalnych i niemieszkalnych, jeśli posiadają przynajmniej jedno mieszkanie;

3. Ludność:

– przeciętny miesięczny dochód rozporządzalny na 1 osobę – niski poziom dochodów może wskazywać na WK, gdyż osoby o niskich dochodach częściej korzystają z PTZ i mają ograniczone możliwości poruszania się prywatnymi środkami transportu, dane będą jednak nieprzydatne, ponieważ gromadzone są w skali regionów (województw),

– wskaźniki zasięgu ubóstwa – udział osób w gospodarstwach domowych o wydatkach poniżej granicy ubóstwa – obszary o wysokim wskaźniku ubóstwa mogą być bardziej podatne na WK, ponieważ dostęp do transportu może być ograniczony ze względu na wysokie koszty podróży lub brak infrastruktury,

– prognoza ludności na lata 2023-2060,

– gęstość zaludnienia oraz wskaźniki – od roku 2020 bazą wyjściową bilansu stanu i struktury ludności są wyniki NSP 2021, analiza gęstości zaludnienia pozwala zidentyfikować obszary wiejskie lub peryferyjne, gdzie obsługa PTZ będzie stanowić wyzwanie pod kątem ekonomicznym,

- ludność w gminach bez miast na prawach powiatu i w miastach na prawach powiatu wg płci
- dane o liczbie ludności w poszczególnych gminach, powiatach i województwach pozwalają ocenić, w jakich regionach zamieszkuje najwięcej osób potencjalnie narażonych na WK,
- ludność wg funkcjonalnych grup wieku i płci w podziale na miasto i wieś – informacje o strukturze wiekowej, zwłaszcza dotyczące osób starszych i dzieci, które są zależne od PTZ, mogą wskazywać na obszary o większej wrażliwości na dostęp do transportu,
- rezydenci w wieku przedprodukcyjnym (17 lat i mniej), produkcyjnym i poprodukcyjnym,
- udział ludności wg ekonomicznych grup wieku w ludności ogółem;

4. Narodowe Spisy Powszechne (NSP):

- osoby niepełnosprawne według grup wieku, płci, kategorii niepełnosprawności oraz miejsca zamieszkania – osoba niepełnosprawna prawnie lub biologicznie posiada odpowiednie orzeczenie wydane przez organ do tego uprawniony, a także posiada ograniczenia sprawności w wykonywaniu codziennych czynności. Osoba niepełnosprawna tylko prawnie to osoba, która posiada odpowiednie orzeczenie wydane przez organ do tego uprawniony, a nie posiada ograniczenia sprawności w wykonywaniu codziennych czynności. Osoba niepełnosprawna tylko biologicznie to osoba, która posiada wyłącznie ograniczenia sprawności w wykonywaniu codziennych czynności, a nie posiada orzeczenia o niepełnosprawności;

5. Rynek pracy:

- stopa bezrobocia rejestrowanego,
- udział bezrobotnych zarejestrowanych w liczbie ludności w wieku produkcyjnym wg płci – dane na temat zatrudnienia w regionach (np. odsetek ludności aktywnej zawodowo, miejsca pracy w odniesieniu do miejsca zamieszkania) pozwalają ocenić, jak wielu mieszkańców musi korzystać z PTZ w celu dotarcia do pracy. Brak transportu może prowadzić do wykluczenia zawodowego i społecznego.
- wolne miejsca pracy – wskaźnik będzie nieprzydatny, ponieważ GUS gromadzi dane tylko w zakresie całych regionów (województw);

6. Transport i łączność:

- długość dróg dla rowerów – jako alternatywna forma przemieszczania się do indywidualnego transportu samochodowego oraz PTZ, obecność gęstej sieci rowerowej może wpływać na mniejsze zapotrzebowanie na usługi PTZ,

- drogi publiczne ogółem, drogi wg typu nawierzchni, lokalizacji i własności – dane na temat długości dróg krajowych, wojewódzkich, powiatowych i gminnych umożliwiają ocenę dostępności drogowej w regionach. Słabo rozwinięta sieć drogowa może wskazywać na WK,
- dworce kolejowe i przystanki osobowe, linie kolejowe – statystyki dotyczące długości linii kolejowych i liczby połączeń w danym regionie mogą być użyte do oceny dostępności kolei i możliwości transportowych, zwłaszcza w regionach wiejskich i peryferyjnych;

7. Wynagrodzenia i świadczenia społeczne:

- przeciętne miesięczne wynagrodzenia brutto – dane dotyczą podmiotów gospodarki narodowej o liczbie pracujących 10 i więcej osób oraz jednostek sfery budżetowej niezależnie od liczby pracujących;

8. Dojazdy do pracy w świetle wyników NSP 2021:

- badanie dojazdów do pracy w 2021 r. dla ogółu pracujących zostało przeprowadzone na podstawie danych zawartych w rejestrach administracyjnych, pozyskanych przez statystykę publiczną na potrzeby NSP [229] – dane o średnim czasie dojazdu do pracy w poszczególnych regionach mogą wskazywać na obszary, gdzie dostępność komunikacyjna jest ograniczona. Baza obejmuje przede wszystkim analizę badanego zjawiska w skali całego kraju z uwzględnieniem przekroju wojewódzkiego, powiatowego i gminnego.

Z przeprowadzonego badania dojazdów do pracy w NSP 2021 wynika, że w Polsce dojazdy dotyczą 5,2 mln pracowników najemnych, 38% ogólnej ich liczby. Rozmiary i natężenie dojazdów wykazywało znaczne zróżnicowanie przestrzenne. Spośród wszystkich pracowników najemnych w Polsce najwięcej mieszkało w województwie mazowieckim (14%), gdzie 731 tys. osób dojeżdżało poza granice gminy, w której zamieszkiwało. Dużą liczbę dojazdów do pracy zanotowano również w województwach: śląskim, wielkopolskim i małopolskim (odpowiednio: 707 tys., 573 tys., 491 tys.). Najmniej takich osób zamieszkiwało w województwie podlaskim (109 tys.) i lubuskim (113 tys.).

9. Dojazdy uczniów do szkół podstawowych i ponadpodstawowych w roku szkolnym 2023/2024:

- w roku szkolnym 2023/2024 do szkół podstawowych i ponadpodstawowych dla dzieci i młodzieży w Polsce dojeżdżało 1 001 155 uczniów. Dojeżdżający stanowili 21% ogółu uczniów (6% uczniów szkół podstawowych oraz 45% uczniów szkół ponadpodstawowych). Największą liczbą uczniów dojeżdżających do szkół według miejsca zamieszkania

charakteryzowały się województwa: mazowieckie (14% ogółu dojeżdżających), wielkopolskie (11%) i małopolskie (10%) [230]. Przez uczniów dojeżdżających do szkół rozumie się uczniów, których gmina zamieszkania jest inna niż gmina, w której pobierają naukę. Dane zawierają wszystkie gminy w Polsce i nie uwzględnia się przepływów mniejszych niż 3 osoby.

3.3.5. *Pozostałe bazy danych statystycznych*

Do badania WK wykorzystuje się różnego typu bazy danych statystycznych: społecznych, ekonomicznych, środowiskowych i transportowych – o działalności organizatorów i operatorów PTZ czy bezpieczeństwie ruchu.

Bank Danych Pomiarowych Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska (BDP GIOŚ) zawiera dane ze stacji pomiaru zanieczyszczeń powietrza za lata 2000-2023 oraz dane bieżące. Dane dotyczą pyłu zawieszonego PM₁₀ i PM_{2,5}; ozonu, SO₂, NO₂, benzenu, CO, benzo(a)pirenu ołowiu, czyli substancji, które są powiązane w szczególności z indywidualnym transportem drogowym [231]. Badania z wykorzystaniem danych GIOŚ można kierunkować na to czy WK ma wpływ na zwiększone poziomy zanieczyszczeń w tych obszarach i w jakim stopniu to transport przyczynia się do tego zjawiska. Zanieczyszczenia powinny być analizowane w kontekście obowiązujących norm jakości powietrza Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) – ostatnia zmiana norm miała miejsce w 2021 r. [232].

System Ewidencji Wypadków i Kolizji (SEWIK) Komendy Głównej Policji – dane mogą być wyszukiwane poprzez niekomercyjny serwis sewik.pl, który umożliwia generowanie raportów dotyczących kolizji i wypadków drogowych na terenie Polski w latach 2018-2025 [233]. Dane z tej bazy mogą być analizowane pod kątem wpływu jaki WK ma w obszarach jego występowania na potencjalnie zwiększone występowanie wypadków drogowych. Analiza może obejmować m.in. w jakim stopniu wypadki powodowane są na takich obszarach przez osoby, które nie mają predyspozycji do kierowania samochodem, a mimo to podejmują się tej czynności powodu braku innych możliwości dojazdu (brak PTZ).

Informacje dotyczące PTZ w transporcie drogowym i kolejowym za lata 2018-2023, udostępniane na stronie Ministerstwa Infrastruktury i przekazywane od województw [234]. Baza zawiera w części A dane o organizatorach i operatorach komunikacji miejskiej oraz gminnych, powiatowych, powiatowo-gminnych, metropolitalnych, wojewódzkich i międzywojewódzkich przewozów pasażerskich. Wśród danych znajduje się liczba podmiotów, liczba linii komunikacyjnych, roczna praca eksploatacyjna na liniach, roczna liczba przewiezionych pasażerów, łączna liczba autobusów wykorzystywanych do

przewozów. W części B zawarto dane o przystankach i dworcach w gestii ich własności i zarządu przez poszczególne JST. W części C zawarto informacje o zawartych porozumieniach międzygminnych lub powiatów oraz utworzonych związkach międzygminnych, powiatów, powiatowo-gminnych na obszarze właściwości poszczególnych marszałków województw.

Dane o przewozach pasażerskich Urzędu Transportu Kolejowego (UTK) – dane eksploatacyjne, o punktualności, wymianie pasażerskiej na stacjach, przewozach pasażerskich w poszczególnych województwach, taborze pasażerskim, zatrudnieniu w sektorze pasażerskim, organizatorach PTZ i rodzajach przewozów pasażerskich opublikowane za lata 2010-2025 w portalu statystycznym [235]. Szczególnie istotnym parametrem w kontekście WK może być dobową wymiana pasażerska na stacjach i przystankach w Polsce.

3.4. Przyporządkowanie narzędzi do metod badawczych i baz danych

Ze względu na naturę WK, które wiąże ograniczenia popytu z ograniczeniami podaży PTZ, jego ocena oznacza powiązanie metod i narzędzi oraz wykorzystanie różnych baz danych. Tabela 12 zestawia zidentyfikowane powiązania między tymi elementami. Narzędzia dzielą się na podstawowe dwie kategorie celu ich zastosowania – służące do zebrania danych bądź do ich analizy. Wynikiem zastosowania metod mogą być natomiast dane ilościowe bądź jakościowe.

Tabela 12. Powiązanie metod oceny wykluczenia komunikacyjnego z narzędziami i bazami danych

Narzędzie Metoda	1. GIS	2. Open Trip Planner (OTP)	3. Arkusz kalkulacyjny	4. Wizja lokalna lub spacer badawczy	5. Fotografia	6. Symulacje i modele ruchu	7. Ankieta	8. Scenariusz wywiadu
1. Wskaźniki dostępności transportowej	Użyte dane: - transportowe - przestrzenne - statystyczne	Użyte dane: - transportowe - przestrzenne	Może posłużyć do obliczeń	-	-	Użyte dane: - transportowe - przestrzenne - statystyczne	-	-
2. Badania ankietowe	Wizualizacja wyników ankiety	-	Gromadzenie i przetwarzanie danych z ankiety	Ankiety można przeprowadzić w czasie wizji lokalnej	-	-	Narzędzie do zbierania danych	-
3. Wywiady	-	-	-	Wywiad można przeprowadzić w czasie wizji lokalnej	-	-	-	Zebranie danych jakościowych
4. Analiza danych statystycznych	Użyte dane: - transportowe - przestrzenne - statystyczne	Użyte dane: - transportowe - przestrzenne	Może posłużyć do obliczeń	-	-	Mogą dostarczyć danych do analizy	Może dostarczyć danych do analizy	-
5. Metody wielokryterialne	Użyte dane: - transportowe - przestrzenne - statystyczne	Użyte dane: - transportowe - przestrzenne	Może posłużyć do obliczeń	-	-	Mogą dostarczyć danych do analizy	Może dostarczyć danych do analizy	-
6. Metody prognostyczne	Użyte dane: - transportowe - przestrzenne - statystyczne	Użyte dane: - transportowe - przestrzenne	Może posłużyć do obliczeń	-	-	Mogą dostarczyć danych do analizy	Może dostarczyć danych do analizy	-

Narzędzie Metoda	1. GIS	2. Open Trip Planner (OTP)	3. Arkusz kalkulacyjny	4. Wizja lokalna lub spacer badawczy	5. Fotografia	6. Symulacje i modele ruchu	7. Ankieta	8. Scenariusz wywiadu
7. Badanie barier fizycznych i architektonicznych	Wizualizacja wyników badania	-	-	Główne narzędzie w badaniu barier	Zebranie danych jakościowych	-	-	-
8. Analiza dostępności usług publicznych i komercyjnych	Użyte dane: - transportowe - przestrzenne - statystyczne	Użyte dane: - transportowe - przestrzenne	Może posłużyć do obliczeń	Studia przypadku	Studia przypadku	Mogą dostarczyć danych do analizy	Mogą dostarczyć danych do analizy	Zebranie danych jakościowych
9. Metody oceny ekonomicznej	Użyte dane: - transportowe - przestrzenne - statystyczne	-	Dane: - transportowe - statystyczne - Big Data	-	-	Mogą dostarczyć danych do analizy	Mogą dostarczyć danych do analizy	-
10. Analiza sieci społecznych	Wizualizacja wyników badania	-	Może posłużyć do analizy danych	Studia przypadku	Studia przypadku	-	Mogą dostarczyć danych do analizy	Zebranie danych jakościowych

Źródło: opracowanie własne

3.5. Podsumowanie metod oceny wykluczenia komunikacyjnego

Właściwa ocena WK wymaga zastosowania kombinacji kilku metod badawczych, narzędzi i baz danych. Najczęściej w ocenie wykluczenia stosuje się metody oparte na wskaźnikach dostępności, analizę danych statystycznych i metody wielokryterialne, które dostarczają danych ilościowych. Jako metody wspomagające można uznać ankiety, wywiady, badanie barier fizycznych i architektonicznych, analizę dostępności usług czy sieci społecznych. Duży potencjał w identyfikacji cech jakościowych WK leży w wywiadach, to najlepsza metoda do pozyskania tego typu danych.

Do dwóch najbardziej zaawansowanych w Polsce metod oceny WK lub ubóstwa transportowego należą dziś te opracowane w ramach projektu Gospostrateg przez konsorcjum czterech Politechnik oraz przez zespół prof. Rosika w analizie do Planu Społeczno-Klimatycznego Polski w ramach SFK UE. Pierwsza z metod przyjęła arbitralne kryteria uznania punktu adresowego za wykluczony na podstawie wartości progowej w ramach 6 warunków. To duże ograniczenie metody, ponieważ ciężko uznać za dobrą obsługę komunikacyjną 4 kursy linii do godz. 14:00 oraz po godz. 14:00 z najbliższego przystanku. Ograniczeniem metody jest też uwzględnienie tylko dni roboczych, różnych wartości akceptowalnego dojazdu w gminie miejskiej i miejsko-wiejskiej itd. Metoda zespołu prof. Rosika wiąże natomiast wskaźniki dostępności transportowej ze wskaźnikami ekonomicznymi, co wyznacza macierz ryzyka wystąpienia ubóstwa transportowego na określonym obszarze. Zjawisko WK jest jednak szersze niż dostępność i uwarunkowania ekonomiczne, ponieważ pod uwagę powinny zostać wzięte w większej liczbie parametry sieci komunikacyjnej, a także możliwości, które za sobą ta sieć niesie, a także aspekty społeczne, np. wskaźnik bezrobocia. W obu metodach zidentyfikowano więc słabe strony, po których rozpoznaniu – autor niniejszej pracy przystąpił do opracowania metody pozbawionej tych wad, która z większą szansą powodzenia będzie odzwierciedlać pełne aspekty zjawiska WK. Budowę metody zajęto się w rozdziale 5, jej implementacją w rozdziale 6 i weryfikacją na podstawie rzeczywistego obszaru i sieci komunikacyjnej w rozdziale 7.

Wśród wykorzystywanych narzędzi najczęściej przeprowadza się analizy GIS w oparciu o dane statystyczne: przestrzenne i transportowe (np. GTFS), a także wiążąc je z danymi społecznymi czy ekonomicznymi (BDL GUS). Wsparcie przy analizach GIS może być wykorzystanie algorytmów planowania podróży, jak OTP i baz zbudowanych w arkuszu kalkulacyjnym, ankiet lub potoków ruchu z modeli ruchu. Jako narzędzia wspomagające ocenę WK można uznać pozostałe metody: wizje lokalne, fotografię czy wywiad.

Do metod, które nie są obecnie powszechnie wykorzystywane, a potencjalnie mogą doprowadzić do poszerzenia wiedzy o WK należą metody prognostyczne i oceny ekonomicznej. Potencjał prognoz leży w zmieniającej się zabudowie mieszkaniowej w Polsce – suburbanizacja powoduje wzrost dystansów mieszkańców w codziennych podróżach i może oznaczać, w kolejnych latach spadku populacji kraju, ale większego jego rozproszenia terytorialnego (spadku gęstości zaludnienia), poważne konsekwencje w postaci rosnącego WK mieszkańców kraju na coraz dalej od miast zabudowywanych obszarach. Analiza ekonomiczna może natomiast odpowiedzieć na pytanie, do jakiego stopnia warto niwelować WK, aby koszty tego działania nienadmierne przewyższały korzyści (lub aby korzyści były większe niż koszty, co w metodyce projektów unijnych, jest warunkiem realizacji projektu). Należałoby tutaj zaadaptować metodykę analizy kosztów i korzyści na rzecz zjawisk społecznych, jakie ze sobą niesie WK – a w efekcie wyceny korzyści wynikających z zapewnienia dostępu do miejsc pracy, edukacji, kultury, usług publicznych i komercyjnych, miejsc wypoczynku itd. Żadna z metod nie uwzględnia też usług elastycznych PTZ, to jest transportu na zamówienie, co też jest luką możliwą do uzupełnienia poprzez odpowiednie konstruowanie wskaźników definiujących dostępną sieć komunikacyjną na danym obszarze.

Podkreślić też należy, że WK można rozważać dwutorowo pod kątem badanej populacji. Zjawisko dotyczy ogółu społeczeństwa, ale też konkretnych grup społecznych. Szczególnie wrażliwą grupą są osoby ze szczególnymi potrzebami, w kontekście PTZ mówimy przede wszystkim o PRM, ale do tej szerokiej grupy możemy zaliczyć zarówno osoby z niepełnosprawnościami, jak i osoby starsze, dzieci, a nawet obcokrajowców. Badanie potrzeb w kontekście WK tych osób w pracy zawarto w metodzie badania barier fizycznych i architektonicznych. Zjawisko to jest dużo bardziej skomplikowane i nie dotyczy tylko problemów w przemieszczaniu się. Od oceny możliwości przemieszczania się przez PRM należy jednak rozpocząć, ponieważ, o ile w miastach zapewnia się już dobry poziom dostępności infrastruktury i taboru, o tyle na obszarach wiejskich, często nie zapewnia się w ogóle żadnej dostępności dla osób np. na wózkach inwalidzkich. Wyznaczane wartości wskaźników WK dla ogółu społeczeństwa mogą mieć dużo niższe wartości niż WK dla osób z niepełnosprawnościami. W przypadku ogółu społeczeństwa przyjmuje się wartości progowe możliwe do osiągnięcia przez osobę statystycznie pełnosprawną. Inne wartości progowe powinno się przyjmować dla PRM. Z tych rozważań wynika, że ogólny wskaźnik WK może niewiele mówić o wykluczeniu grup ze szczególnymi potrzebami i dla każdej z nich. Dla osób z ograniczoną możliwością poruszania się, trzeba przygotować oddzielną metodykę oceny.

4. Teza, cele cząstkowe i zakres pracy

Zagadnienie badania WK jest w Polsce stosunkowo świeże, a większość prac dotyczących tego zjawiska opracowano w ciągu ostatnich 10 lat. Zjawisko to badano też na świecie, w szczególności w Wielkiej Brytanii, gdzie WK zaczęto postrzegać nie tylko jako problem infrastrukturalny czy transportowy, ale jako istotny wymiar wykluczenia społecznego, wpływając na dostęp do edukacji, rynku pracy, usług publicznych i uczestnictwa w życiu społecznym. Problem zaczyna też zauważać Komisja Europejska, a w perspektywie wydatkowania funduszy unijnych na lata 2021-2027 pojawiło się określenie ubóstwa transportowego, powiązanego z transformacją energetyczną, związaną z wdrożeniem kosztownego transportu zeroemisyjnego. W ostatnich latach zrealizowano też badania WK w Polsce, koncentrując się na aspektach dostępności transportowej.

Celem pracy jest opracowanie wielokryterialnej metody oceny wykluczenia komunikacyjnego, która pozwoli identyfikować obszary o niedoborze publicznego transportu zbiorowego, stosując nie tylko wskaźniki dostępności transportowej, ale też wskaźniki społeczno-gospodarcze.

Kluczowym zagadnieniem w ocenie WK jest identyfikacja obszarów o niedoborach publicznego transportu zbiorowego. Jako poligon badawczy wybrano powiat grodzicki, składający się z bardziej i mniej zurbanizowanych obszarów: 3 gmin wiejskich, 2 miejskich oraz gminy miejsko-wiejskiej. Na jego terenie funkcjonują Grodziskie Przewozy Autobusowe (w skrócie GPA), oceniane przez specjalistów PTZ jako dobrze zorganizowana sieć połączeń o rozsądnej częstotliwości kursowania. Dobór takiego obszaru pozwoli uzyskać zróżnicowanie wartości wskaźnika WK i wskazać obszary o niedoborze PTZ. Biorąc pod uwagę powyższe sformułowano tezę niniejszej rozprawy:

Opracowanie i zastosowanie wielokryterialnej metody oceny wykluczenia komunikacyjnego umożliwia przestrzennie zróżnicowane identyfikowanie obszarów o niedoborach publicznego transportu zbiorowego, co stanowi kluczowe narzędzie wspierające proces planowania zrównoważonej mobilności.

Wsparciem w weryfikacji tezy rozprawy będzie realizacja poniższych celów cząstkowych:

Cel 1. Przeanalizować istniejące definicje i wskaźniki wykluczenia komunikacyjnego w literaturze oraz praktyce planistycznej, aby zidentyfikować ograniczenia w ustalaniu jednoznacznych kryteriów jego oceny.

Cel 2. Zbudować cyfrową bazę danych integrującą rozkłady jazdy, sieć transportową i osadniczą, stanowiącą podstawę do obliczania wskaźników wykluczenia komunikacyjnego.

Cel 3. Opracować i przetestować podejście opisujące wykluczenie komunikacyjne w sposób ciągły (funkcja lub wskaźnik o wartościach od 0 do 1), umożliwiający bardziej precyzyjne różnicowanie przestrzenne niż klasyfikacje dyskretne.

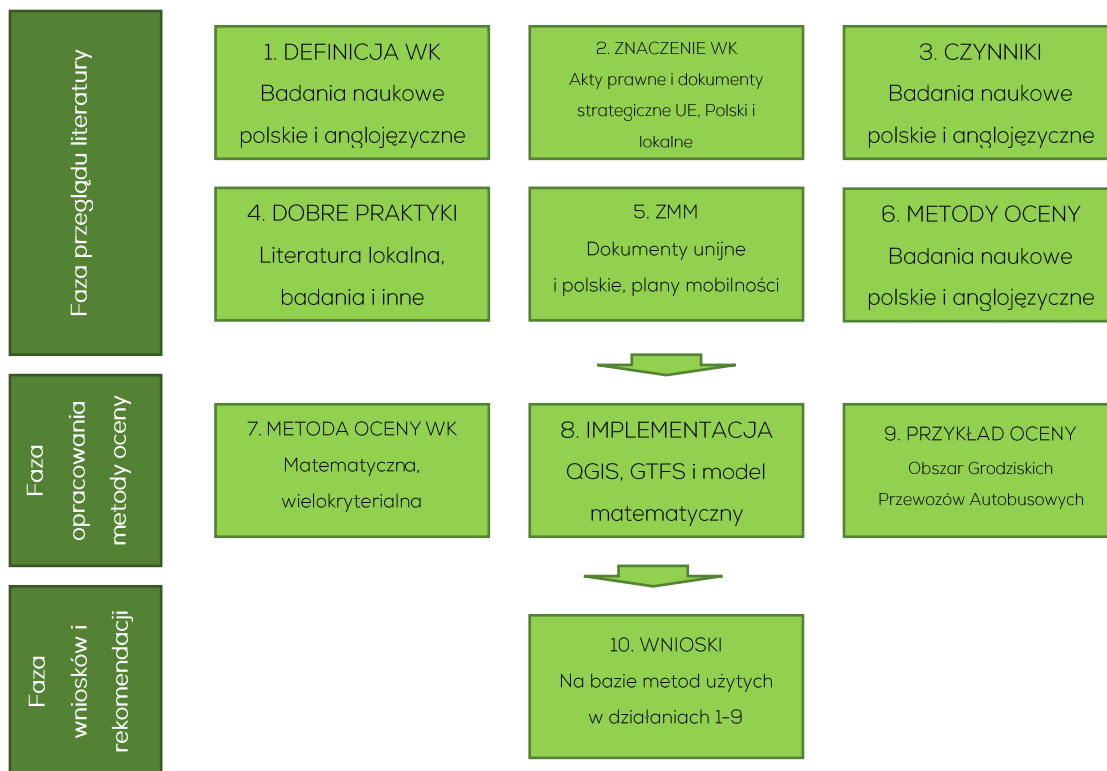
Cel 4. Uwzględnić w metodzie oceny wykluczenia komunikacyjnego zarówno podaż transportu publicznego (rozkład jazdy, czas podróży, dostępność przystanków), lecz także czynniki transportowe i społeczno-ekonomiczne kształtujące popyt (np. demografia, dochody, zmotoryzowanie społeczeństwa).

Cel 5. Porównać efektywność redukowania wykluczenia komunikacyjnego przez różne gałęzie transportu (kolej, autobus).

Cel 6. Zweryfikować, w jakim stopniu proponowana metoda oceny wykluczenia komunikacyjnego może wspierać realizację planów zrównoważonej mobilności.

Zakres pracy obejmuje jej realizację w 10 krokach, w podziale na 3 fazy: przeglądu literatury, opracowania metody oceny WK oraz wyciągnięcia wniosków i rekomendacji. Zakres podjętych działań zawiera Rysunek 25.

Rysunek 25. Zakres pracy i wykorzystane metody badawcze



Źródło: opracowanie własne

5. Metoda oceny wykluczenia komunikacyjnego

5.1. Założenia ogólne

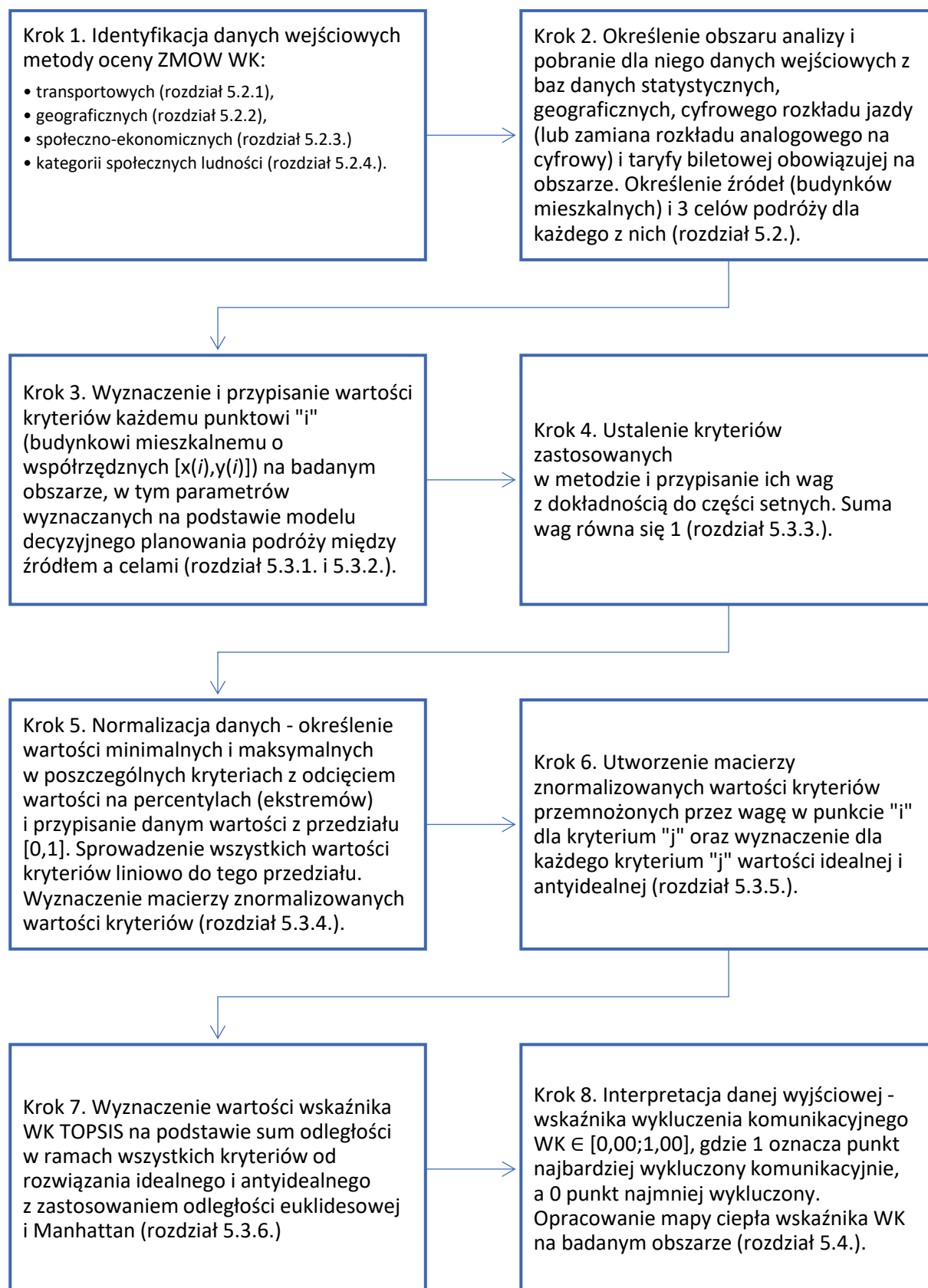
Na podstawie analizy dotychczasowych metod oceny wykluczenia komunikacyjnego (WK), zaproponowano nową, bardziej kompleksową metodę oceny, która ma odpowiedzieć na zidentyfikowany charakter zjawiska, luki i ograniczenia dotychczasowych metod. Proponowana metoda ma charakter m.in. zintegrowany i modułowy, pozwala:

- integrować różne źródła danych (transportowe, społeczno-ekonomiczne, geograficzne),
- zmieniać w razie potrzeby zastosowane algorytmy w ramach poszczególnych modułów na skuteczniejsze,
- analizować nie tylko dostępność jakiegokolwiek transportu publicznego, ale też jego użyteczność, niezawodność i przystępność cenową,
- wyznaczać wskaźnik WK dla ogółu mieszkańców wybranego obszaru, ale też umożliwia różnicowanie podejścia względem różnych grup ludności (np. osób PRM),
- analizować stan aktualny i przeszły (na bazie danych historycznych), ale również umożliwia prognozowanie, w szczególności w konsekwencji postępującej w Polsce suburbanizacji i zabudowie obszarów dotychczas niezamieszkałych, ale też np. w sytuacji spadku liczby ludności kraju (możliwość analizy prognostycznej),
- uwzględniać koszty i korzyści interwencji, tzn. likwidowania lub ograniczania wykluczenia komunikacyjnego (element analizy ekonomicznej).

Opracowana metoda nazwana została **Zintegrowaną metodą oceny wielokryterialnej wykluczenia komunikacyjnego (ZMOW WK)**, a jej podstawowe kroki realizacji zawiera Rysunek 26.

Zjawisko wykluczenia komunikacyjnego nie pozwala „z góry” określić, ile i jakie kryteria powinny być uwzględniane w metodzie, ze względu na mnogość potencjalnych parametrów z ww. zbiorów danych. Trudnością jest też ustalenie „progu” wykluczenia, tj. uznania, że obszar jest wykluczony komunikacyjnie lub nie w postaci wartości dyskretnej 0 lub 1. Dlatego metoda otwarta jest na zmianę uwzględnianych kryteriów i przypisywanych im wag, np. po przeprowadzeniu badań ankietowych z mieszkańcami. Pożądany wynik znajduje się w przedziale ciągłym, obrazującym różne poziomy wskaźnika WK – przyjęty został przedział wartości WK $\in [0,00;1,00]$ z dokładnością zapisaną do wartości setnych, co pozwoli w dużym stopniu zróżnicować wyniki i klasyfikować je do przedziałów oceny WK.

Rysunek 26. Schemat zintegrowanej metody oceny wielokryterialnej wykluczenia komunikacyjnego (ZMOW WK)



Źródło: opracowanie własne

Zintegrowana metoda oceny wielokryterialnej wykluczenia komunikacyjnego (ZMOW WK) bazuje na metodzie TOPSIS. To technika preferencji kolejności na podstawie podobieństwa do rozwiązania idealnego (z ang. *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*). Metoda wykorzystywana jest jako narzędzie identyfikacji determinant jakości usług i produktów [236]. Pozwala porządkować liniowo, w hierarchii obiektów wielowymiarowych ze względu na przyjęte kryterium syntetyczne. Przedział $[0,00;1,00]$ odzwierciedla względną pozycję analizowanego obiektu pomiędzy rozwiązaniem idealnym ($WK = 0,00$) a antyidealnym ($WK = 1,00$), wyznaczoną na podstawie zbioru danych wejściowych. Decyzję o zastosowaniu metody TOPSIS podjęto ze względu na brak dziś jednoznacznego określenia w literaturze cech obu punktów. W innym obszarze (zbiorze danych) może być jednak znalezione rozwiązanie jeszcze lepsze lub jeszcze gorsze. Metoda wymagać będzie za każdym razem zakreślenia obszaru opracowania wraz z wartościami maksymalnymi i minimalnymi parametrów w tym obszarze lub też przyjęcia odgórnie takich wartości dla poszczególnych parametrów (co będzie wiązać się z możliwością utraty cech zjawiska, gdyby okazało się, że przyjęto niewystarczający zakres parametrów minimalnych i maksymalnych). Metoda w tym względzie znajduje w przypadku WK zastosowanie, ponieważ nie sposób jest dziś ustalić taki zakres parametrów, który jednoznacznie wskazywałby, że dany obszar jest wykluczony komunikacyjnie (jest to kwestia dyskusyjna, jak zdefiniować obszar WK).

Zastosowany został wzór na wyznaczenie WK w tej metodzie:

$$WK_i = \frac{WK_i^+}{WK_i^+ + WK_i^-} \quad (1)$$

gdzie:

WK_i – wskaźnik wykluczenia komunikacyjnego dla i-tego punktu,

WK_i^- – odległość i-tego punktu do rozwiązania idealnego (najmniejsze wykluczenie),

WK_i^+ – odległość i-tego punktu do rozwiązania antyidealnego (największe wykluczenie).

Metoda wymaga ustalenia ważności kryteriów, wagi mogą zostać ustalone na podstawie jednej z metod np. Fuzzy AHP lub entropii Shannona, przydziału eksperckiego lub w ostateczności można przyjąć ten sam poziom ważności wszystkich parametrów.

Potencjalnie za stan maksymalnego WK można by uznać brak kursów PTZ w progowej wartości promienia dojścia od budynku zamieszkania. Jednak, jeśli np. możliwy jest dojazd samochodem na pociąg do przystanku kolejowego odległego o 5 km od miejsca

zamieszkania, to czy to nadal będzie stan maksymalnego WK? Czy dojście do przystanku 1000, 2000 czy 3000 metrów jest już progiem wykluczenia? Czy jeśli możliwe jest dojście do celu podróży pieszo i podróż nie wiąże się z korzystaniem z PTZ, to czy obszar jest wykluczony? Brak jednoznacznej odpowiedzi na te pytania wskazuje, że przy ocenie wykluczenia trzeba posługiwać się wartościami względnymi w odniesieniu do określonego zbioru danych. Uniknie się wtedy sytuacji, w której wyznaczony zostanie wskaźnik mówiący o braku WK, a tymczasem przy określonym zestawie parametrów to wykluczenie może lub nie się pojawić – brak możliwości realizacji wybranego celu podróży konkretnej jednostki. Należy więc wnioskować na cechach określonych na podstawie dysponowanego zbioru danych i względem siebie go porównywać.

W pierwszej kolejności należy określić dane wejściowe, tj. zdefiniować wszystkie kryteria i przypisać im wartości wejściowe – np. dostępność PTZ, czas dojścia do przystanku, czas przeznaczony na podróż, koszt podróży itd. Dla każdego z kryteriów należy określić rozwiązanie idealne (najlepszy przypadek) i antyidealne (najgorszy przypadek). Zazwyczaj będą to wartości największe lub najmniejsze w zbiorze danych (np. czasu czy kosztu podróży). Kolejny etap to normalizacja, gdzie przypisuje się parametrom wartości w przedziale od 0,00 do 1,00. Bliskość 0 będzie oznaczać najmniejszy potencjał istnienia WK za sprawą przyjętego kryterium, a wartość bliska 1 będzie oznaczać największy potencjał zaistnienia WK. Podejście takie zapewnia skalowalność metody, jednak wymaga już na samym początku określenia wystarczająco dużego obszaru, by uzyskiwane wartości wejściowe były zróżnicowane. Trudność powodować będzie interpretacja i porównywalność wyniku, ponieważ rozrzut wartości od 0,00 do 1,00 w jednym zbiorze danych i drugim, będzie inna. Dopiero operowanie na dużych zbiorach danych pozwoli bardziej jednoznacznie określić obszary WK, w kontekście dużego zbioru JST.

Decyzja o wyborze metody TOPSIS wynika z braku standardów dotyczących oceny WK oraz poziomu ogólności zjawiska, gdzie mieszkańcy dwóch różnych obszarów mogą odczuwać WK, mimo zupełnie różnych danych wejściowych. Metoda ma umożliwić wyważenie odczuć ogólnych mieszkańców, bazując na przedziałach wartości, które w metodzie są wprowadzane, a nie na „z góry” założonych wartościach. Metoda pozwala też wyznaczyć wskaźnik dla wybranych grup społecznych, np. osób o ograniczonej mobilności, dla których kryteria związane z dostępnością infrastruktury i taboru, a także pokonywanymi drogami pieszymi mają większe znaczenie od pozostałych kryteriów; dla uczniów istotny będzie dojazd do szkół, a dla osób starszych do placówek zdrowotnych itd.

5.2. Identyfikacja danych wejściowych metody oceny WK

5.2.1. Dane transportowe o PTZ

Jako miejsce, dla którego wyznaczane będą wszystkie dane wejściowe i wykonywane będą obliczenia przyjmuje się *i*-ty budynek mieszkalny, określony współrzędnymi geograficznymi $[x(i), y(i)]$ (każde potencjalne miejsce rozpoczęcia podróży). Do zapisu współrzędnych geograficznych wykorzystano układ WGS-84 (EPSG:4326) – czyli jednolity układ współrzędnych dla całego świata, z zapisem w formacie dziesiętnym: najpierw szerokość geograficzna (północna N lub południowa S), a po przecinku długość geograficzna (zachodnia W i wschodnia E); z kropką jako separatorem dziesiętnym [237].

Zbiór budynków mieszkalnych określono jako:

$$I = \{1, \dots, i, \dots, I\} \quad (2)$$

Wskaźnik WK w metodzie jest wyznaczany dla trzech rodzajów celów podróży tj. podróży do gmin, powiatów i miast wojewódzkich. Zbiór celów podróży związanych z gminami o określonych współrzędnymi geograficznymi $[x(g), y(g)]$ zdefiniowano jako:

$$G = \{1, \dots, g, \dots, G\} \quad (3)$$

Zbiór celów podróży związanych z powiatami o określonych współrzędnymi geograficznymi $[x(p), y(p)]$ zdefiniowano jako:

$$P = \{1, \dots, p, \dots, P\} \quad (4)$$

Zbiór celów podróży związanych z miastami wojewódzkimi o określonych współrzędnymi geograficznymi $[x(w), y(w)]$ zdefiniowano jako:

$$W = \{1, \dots, w, \dots, W\} \quad (5)$$

Rozdzielczość zapytań *roz* będzie też istotnym parametrem w pomiarze czasu poświęcanego na podróż. W zależności od momentu rozpoczęcia podróży czas podróży może być różny. Rozdzielczość zapytań może być określona np. co 15, 30 czy 60 minut. Zbiór rozdzielczości zapytań określono jako:

$$ROZ = \{1, \dots, roz, \dots, ROZ\} \quad (6)$$

Dla każdego punktu *i* następuje sprawdzenie możliwości dojazdu PTZ lub dojścia pieszo do danego celu podróży na określoną godzinę (np. dojazd z domu do pracy) lub rozpoczęcia podróży o określonej godzinie (np. powrót z pracy do domu). Momenty

zakończenia podróży w relacji punkt początkowy – źródła podróży i trasy powrotne przedstawiono w macierzach:

$$\mathbf{T1} = [t1(i, g): t1(i, g) \in N^+, i \in I, g \in G] \quad (7)$$

$$\mathbf{T2} = [t2(i, p): t2(i, p) \in N^+, i \in I, p \in P] \quad (8)$$

$$\mathbf{T3} = [t3(i, w): t3(i, w) \in N^+, i \in I, w \in W] \quad (9)$$

$$\mathbf{T4} = [t4(g, i): t4(g, i) \in N^+, g \in G, i \in I] \quad (10)$$

$$\mathbf{T5} = [t5(p, i): t5(p, i) \in N^+, p \in P, i \in I] \quad (11)$$

$$\mathbf{T6} = [t6(w, i): t6(w, i) \in N^+, w \in W, i \in I] \quad (12)$$

Godzina (moment) rozpoczęcia podróży z i – tego punktu przy rozdzielczości zapytań roz do poszczególnych źródeł wraz z relacjami powrotnymi przedstawiono w macierzach:

$$\mathbf{T7} = [t7(i, g, roz): t7(i, g, roz) \in N^+, i \in I, g \in G, roz \in ROZ] \quad (13)$$

$$\mathbf{T8} = [t8(i, p, roz): t8(i, p, roz) \in N^+, i \in I, p \in P, roz \in ROZ] \quad (14)$$

$$\mathbf{T9} = [t9(i, w, roz): t9(i, w, roz) \in N^+, i \in I, w \in W, roz \in ROZ] \quad (15)$$

$$\mathbf{T10} = [t10(g, i, roz): t10(g, i, roz) \in N^+, g \in G, i \in I, roz \in ROZ] \quad (16)$$

$$\mathbf{T11} = [t11(p, i, roz): t11(p, i, roz) \in N^+, p \in P, i \in I, roz \in ROZ] \quad (17)$$

$$\mathbf{T12} = [t12(w, i, roz): t12(w, i, roz) \in N^+, w \in W, i \in I, roz \in ROZ] \quad (18)$$

Na uwadze należy mieć występujące dni w tygodniu, które charakteryzują się różnym zarówno popytem (potrzebami transportowymi mieszkańców), jak i podażą (ofertą pod postacią rozkładu jazdy). W rozkładzie jazdy można wyróżnić podstawowe 9 okresów:

- rano w dni nauki szkolnej, w godz. <7:00-13:00), czyli godziny dojazdów do szkoły, kierunek wyjazdu z miejsca zamieszkania, gdzie ten zbiór okresów przedstawiono jako:

$$\mathbf{SZR} = \{1, \dots, szr, \dots, SZR\} \quad (19)$$

- popołudniu w dni nauki szkolnej, w godz. <13:00-19:00), czyli godziny powrotów ze szkoły, kierunek powrotu do miejsca zamieszkania, gdzie ten zbiór okresów przedstawiono jako:

$$\mathbf{SZP} = \{1, \dots, szp, \dots, SZP\} \quad (20)$$

- rano w dni robocze, w godz. <4:00-12:00), czyli godziny dojazdów do pracy na I zmianę lub powrotu z III zmiany oraz ruch poranny (przede wszystkim handlowy), kierunek dojazdu dwustronny, dominujący jest wyjazd z miejsca zamieszkania, gdzie ten zbiór okresów przedstawiono jako:

$$\mathbf{RBR} = \{1, \dots, rbr, \dots, RBR\} \quad (21)$$

- popołudniu w dni robocze, w godzinach <12:00-20:00), czyli godziny dojazdów do pracy na II zmianę lub powrotu z I zmiany oraz ruch popołudniowy (rekreacyjny, sportowy, kulturalny, handlowy itd.); kierunek dojazdu dwustronny, jednak dominujący jest kierunek powrotu do miejsca zamieszkania, gdzie ten zbiór okresów przedstawiono jako:

$$\mathbf{RBP} = \{1, \dots, rbp, \dots, RBP\} \quad (22)$$

- wieczorem w dni robocze, w godzinach <20:00-0:00), czyli godziny dojazdów do pracy na III zmianę i powrotów z II zmiany oraz ruch wieczorny (rekreacyjny, sportowy, kulturalny, handlowy itd.); kierunek dojazdu dwustronny, gdzie ten zbiór okresów przedstawiono jako:

$$\mathbf{RBW} = \{1, \dots, rbw, \dots, RBW\} \quad (23)$$

- w nocy, w godz. <0:00-4:00), czyli potrzeby przemieszczania się w nocy, kierunek dojazdu dwustronny, dominujący jest kierunek powrotu do miejsca zamieszkania, gdzie ten zbiór okresów przedstawiono jako:

$$\mathbf{NO} = \{1, \dots, no, \dots, NO\} \quad (24)$$

- w soboty, w godz. <4:00-0:00), czyli potrzeby przemieszczania się w soboty; kierunek dojazdu dwustronny, gdzie ten zbiór okresów przedstawiono jako:

$$\mathbf{SB} = \{1, \dots, sb, \dots, SB\} \quad (25)$$

- w niedziele, w godz. <4:00-0:00), czyli potrzeby przemieszczania się w niedziele; kierunek dojazdu dwustronny, gdzie ten zbiór okresów przedstawiono jako:

$$\mathbf{NI} = \{1, \dots, ni, \dots, NI\} \quad (26)$$

- w święta, w godz. <4:00-0:00); czyli potrzeby przemieszczania się w święto, kierunek dojazdu dwustronny. gdzie ten zbiór okresów przedstawiono jako:

$$\mathbf{SW} = \{1, \dots, sw, \dots, SW\} \quad (27)$$

Przyjęcie 9 okresów występujących w rozkładzie jazdy zapewnia wystarczającą charakterystykę podróży mieszkańców w tygodniu, z wyróżnieniem dni szkolnych,

roboczych, sobót, niedziel i świąt oraz pokrywa cele podróży związane m.in. z nauką i pracą, ale też inną aktywnością mieszkańców. Pozwala to ocenić dostęp do kluczowych funkcji społecznych (praca, szkoła, lekarz) nie tylko w dni robocze i szkolne. Ponadto, możliwość dojazdu powinna być weryfikowana dwustronnie: zapewnienie dojazdu z miejsca zamieszkania do celu podróży i powrót w określonej porze.

Macierze czasów podróży pieszo w relacjach punkt początkowy trasy – cele podróży i w relacji powrotnej przedstawiono jako:

$$\mathbf{TPG1} = [tpg1(i, g): tpg1(i, g) \in N^+, i \in I, g \in G] \quad (28)$$

$$\mathbf{TPG2} = [tpg2(g, i): tpg2(g, i) \in N^+, g \in G, i \in I] \quad (29)$$

$$\mathbf{TPP1} = [tpp1(i, p): tpp1(i, p) \in N^+, i \in I, p \in P] \quad (30)$$

$$\mathbf{TPP2} = [tpp2(p, i): tpp2(p, i) \in N^+, p \in P, i \in I] \quad (31)$$

$$\mathbf{TPW1} = [tpw1(i, w): tpw1(i, w) \in N^+, i \in I, w \in W] \quad (32)$$

$$\mathbf{TPW2} = [tpw2(w, i): tpw2(w, i) \in N^+, w \in W, i \in I] \quad (33)$$

gdzie czas pieszego przejścia w czasie podróży [min], na który składa się: dojście na przystanek początkowy podróży, przejście przy przesiadce na inny przystanek, dojście do celu podróży (na podstawie dróg dojścia d_d oraz prędkości pieszego v_p / v_{prm} , gdzie rozróżnia się dwóch uczestników: p – osoba pełnosprawna poruszająca się z prędkością 1,4 m/s, czyli 5 km/h i prm – osoba PRM, poruszająca się z prędkością ok. 0,8 m/s, czyli 2,9 km/h).

Macierze określające liczbę przesiadek w podróży z miejsca zamieszkania do celu podróży i w relacji powrotnej (dopuszcza się maksymalnie 3 przesiadki):

$$\mathbf{LG1} = [lg1(i, g): lg1(i, g) \in N^+, i \in I, g \in G] \quad (34)$$

$$\mathbf{LG2} = [lg2(g, i): lg2(g, i) \in N^+, g \in G, i \in I] \quad (35)$$

$$\mathbf{LP1} = [lp1(i, p): lp1(i, p) \in N^+, i \in I, p \in P] \quad (36)$$

$$\mathbf{LP2} = [lp2(p, i): lp2(p, i) \in N^+, p \in P, i \in I] \quad (37)$$

$$\mathbf{LW1} = [lw1(i, w): lw1(i, w) \in N^+, i \in I, w \in W] \quad (38)$$

$$\mathbf{LW2} = [lw2(w, i): lw2(w, i) \in N^+, w \in W, i \in I] \quad (39)$$

W trasie podróży w relacjach punkt początkowy trasy – cele podróży wyróżniono punkty pośrednie trasy (tj. przystanki) określone zbiorem:

$$\mathbf{K} = \{1, \dots, k, k' \dots, K\} \quad (40)$$

Czas podróży na poszczególnych odcinkach trasy, uwzględniający rozkład jazdy (okresy pomiarowe) przedstawiono jako:

– na relacji źródło – punkt pośredni:

$$\mathbf{TIK1} = [tik1(i, k, szr): tik1(i, k, szr) \in N^+, i \in I, k \in K, szr \in SZR] \quad (41)$$

$$\mathbf{TIK2} = [tik2(i, k, szp): tik2(i, k, szp) \in N^+, i \in I, k \in K, szp \in SZP] \quad (42)$$

$$\mathbf{TIK3} = [tik3(i, k, rbr): tik3(i, k, rbr) \in N^+, i \in I, k \in K, rbr \in RBR] \quad (43)$$

$$\mathbf{TIK4} = [tik4(i, k, rbp): tik4(i, k, rbp) \in N^+, i \in I, k \in K, rbp \in RBP] \quad (44)$$

$$\mathbf{TIK5} = [tik5(i, k, rbp): tik5(i, k, rbp) \in N^+, i \in I, k \in K, rbw \in RBW] \quad (45)$$

$$\mathbf{TIK6} = [tik6(i, k, no): tik6(i, k, no) \in N^+, i \in I, k \in K, no \in NO] \quad (46)$$

$$\mathbf{TIK7} = [tik7(i, k, sb): tik7(i, k, sb) \in N^+, i \in I, k \in K, sb \in SB] \quad (47)$$

$$\mathbf{TIK8} = [tik8(i, k, ni): tik8(i, k, ni) \in N^+, i \in I, k \in K, ni \in NI] \quad (48)$$

$$\mathbf{TIK9} = [tik9(i, k, sw): tik9(i, k, sw) \in N^+, i \in I, k \in K, sw \in SW] \quad (49)$$

– na relacji punkt pośredni – źródło:

$$\mathbf{TKI1} = [tki1(k, i, szr): tki1(k, i, szr) \in N^+, k \in K, i \in I, szr \in SZR] \quad (50)$$

$$\mathbf{TKI2} = [tki2(k, i, szp): tki2(k, i, szp) \in N^+, k \in K, i \in I, szp \in SZP] \quad (51)$$

$$\mathbf{TKI3} = [tki3(k, i, rbr): tki3(k, i, rbr) \in N^+, k \in K, i \in I, rbr \in RBR] \quad (52)$$

$$\mathbf{TKI4} = [tki4(k, i, rbp): tki4(k, i, rbp) \in N^+, k \in K, i \in I, rbp \in RBP] \quad (53)$$

$$\mathbf{TKI5} = [tki5(k, i, rbp): tki5(k, i, rbp) \in N^+, k \in K, i \in I, rbw \in RBW] \quad (54)$$

$$\mathbf{TKI6} = [tki6(k, i, no): tki6(k, i, no) \in N^+, k \in K, i \in I, no \in NO] \quad (55)$$

$$\mathbf{TKI7} = [tki7(k, i, sb): tki7(k, i, sb) \in N^+, k \in K, i \in I, sb \in SB] \quad (56)$$

$$\mathbf{TKI8} = [tki8(k, i, ni): tki8(k, i, ni) \in N^+, k \in K, i \in I, ni \in NI] \quad (57)$$

$$\mathbf{TKI9} = [tki9(k, i, sw): tki9(k, i, sw) \in N^+, k \in K, i \in I, sw \in SW] \quad (58)$$

– na relacji punkt pośredni – punkt pośredni:

$$\mathbf{TKK1} = [tkk1(k, k', szr): tkk1(k, k', szr) \in N^+, k, k' \in K, szr \in SZR] \quad (59)$$

$$\mathbf{TKK2} = [tkk2(k, k', szp): tkk2(k, k', szp) \in N^+, k, k' \in K, szp \in SZP] \quad (60)$$

$$\mathbf{TKK3} = [tkk3(k, k', rbr): tkk3(k, k', rbr) \in N^+, k, k' \in K, rbr \in RBR] \quad (61)$$

$$\mathbf{TKK4} = [tkk4(k, k', rbp): tkk4(k, k', rbp) \in N^+, k, k' \in K, rbp \in RBP] \quad (62)$$

$$\mathbf{TKK5} = [tkk5(k, k', rbp): tkk5(k, k', rbp) \in N^+, k, k' \in \mathbf{K}, rbp \in \mathbf{RBW}] \quad (63)$$

$$\mathbf{TKI6} = [tkk6(k, k', no): tkk6(k, k', no) \in N^+, k, k' \in \mathbf{K}, no \in \mathbf{NO}] \quad (64)$$

$$\mathbf{TKK7} = [tkk7(k, k', sb): tkk7(k, k', sb) \in N^+, k, k' \in \mathbf{K}, sb \in \mathbf{SB}] \quad (65)$$

$$\mathbf{TKK8} = [tkk8(k, k', ni): tkk8(k, k', ni) \in N^+, k, k' \in \mathbf{K}, ni \in \mathbf{NI}] \quad (66)$$

$$\mathbf{TKK9} = [tkk9(k, k', sw): tkk9(k, k', sw) \in N^+, k, k' \in \mathbf{K}, sw \in \mathbf{SW}] \quad (67)$$

– na relacji punkt pośredni – cel podróży:

a) gmina:

$$\mathbf{TKG1} = [tkg1(k, g, szr): tkg1(k, g, szr) \in N^+, k \in \mathbf{K}, g \in \mathbf{G}, szr \in \mathbf{SZR}] \quad (68)$$

$$\mathbf{TKG2} = [tkg2(k, g, szp): tkg2(k, g, szp) \in N^+, k \in \mathbf{K}, g \in \mathbf{G}, szp \in \mathbf{SZP}] \quad (69)$$

$$\mathbf{TKG3} = [tkg3(k, g, rbr): tkg3(k, g, rbr) \in N^+, k \in \mathbf{K}, g \in \mathbf{G}, rbr \in \mathbf{RBR}] \quad (70)$$

$$\mathbf{TKG4} = [tkg4(k, g, rbp): tkg4(k, g, rbp) \in N^+, k \in \mathbf{K}, g \in \mathbf{G}, rbp \in \mathbf{RBP}] \quad (71)$$

$$\mathbf{TKG5} = [tkg5(k, g, rbp): tkg5(k, g, rbp) \in N^+, k \in \mathbf{K}, g \in \mathbf{G}, rbp \in \mathbf{RBW}] \quad (72)$$

$$\mathbf{TKG6} = [tkg6(k, g, no): tkg6(k, g, no) \in N^+, k \in \mathbf{K}, g \in \mathbf{G}, no \in \mathbf{NO}] \quad (73)$$

$$\mathbf{TKG7} = [tkg7(k, g, sb): tkg7(k, g, sb) \in N^+, k \in \mathbf{K}, g \in \mathbf{G}, sb \in \mathbf{SB}] \quad (74)$$

$$\mathbf{TKG8} = [tkg8(k, g, ni): tkg8(k, g, ni) \in N^+, k \in \mathbf{K}, g \in \mathbf{G}, ni \in \mathbf{NI}] \quad (75)$$

$$\mathbf{TKG9} = [tkg9(k, g, sw): tkg9(k, g, sw) \in N^+, k \in \mathbf{K}, g \in \mathbf{G}, sw \in \mathbf{SW}] \quad (76)$$

b) powiat

$$\mathbf{TKP1} = [tkp1(k, p, szr): tkp1(k, p, szr) \in N^+, k \in \mathbf{K}, p \in \mathbf{P}, szr \in \mathbf{SZR}] \quad (77)$$

$$\mathbf{TKP2} = [tkp2(k, p, szp): tkp2(k, p, szp) \in N^+, k \in \mathbf{K}, p \in \mathbf{P}, szp \in \mathbf{SZP}] \quad (78)$$

$$\mathbf{TKP3} = [tkp3(k, p, rbr): tkp3(k, p, rbr) \in N^+, k \in \mathbf{K}, p \in \mathbf{P}, rbr \in \mathbf{RBR}] \quad (79)$$

$$\mathbf{TKP4} = [tkp4(k, p, rbp): tkp4(k, p, rbp) \in N^+, k \in \mathbf{K}, p \in \mathbf{P}, rbp \in \mathbf{RBP}] \quad (80)$$

$$\mathbf{TKP5} = [tkp5(k, p, rbp): tkp5(k, p, rbp) \in N^+, k \in \mathbf{K}, p \in \mathbf{P}, rbp \in \mathbf{RBW}] \quad (81)$$

$$\mathbf{TKP6} = [tkp6(k, p, no): tkp6(k, p, no) \in N^+, k \in \mathbf{K}, p \in \mathbf{P}, no \in \mathbf{NO}] \quad (82)$$

$$\mathbf{TKP7} = [tkp7(k, p, sb): tkp7(k, p, sb) \in N^+, k \in \mathbf{K}, p \in \mathbf{P}, sb \in \mathbf{SB}] \quad (83)$$

$$\mathbf{TKP8} = [tkp8(k, p, ni): tkp8(k, p, ni) \in N^+, k \in \mathbf{K}, p \in \mathbf{P}, ni \in \mathbf{NI}] \quad (84)$$

$$\mathbf{TKP9} = [tkp9(k, p, sw): tkp9(k, p, sw) \in N^+, k \in \mathbf{K}, p \in \mathbf{P}, sw \in \mathbf{SW}] \quad (85)$$

c) województwo:

$$\mathbf{TKW1} = [tkw1(k, w, szr): tkw1(k, w, szr) \in N^+, k \in \mathbf{K}, w \in \mathbf{W}, szr \in \mathbf{SZR}] \quad (86)$$

$$\mathbf{TKW2} = [tkw2(k, w, szp): tkw2(k, w, szp) \in N^+, k \in \mathbf{K}, w \in \mathbf{W}, szp \in \mathbf{SZP}] \quad (87)$$

$$\mathbf{TKW3} = [tkw3(k, w, rbr): tkw3(k, w, rbr) \in N^+, k \in \mathbf{K}, w \in \mathbf{W}, rbr \in \mathbf{RBR}] \quad (88)$$

$$\mathbf{TKW4} = [tkw4(k, w, rbp): tkw4(k, w, rbp) \in N^+, k \in \mathbf{K}, w \in \mathbf{W}, rbp \in \mathbf{RBP}] \quad (89)$$

$$\mathbf{TKW5} = [tkw5(k, w, rbp): tkw5(k, w, rbp) \in N^+, k \in \mathbf{K}, w \in \mathbf{W}, rbw \in \mathbf{RBW}] \quad (90)$$

$$\mathbf{TKW6} = [tkw6(k, w, no): tkw6(k, w, no) \in N^+, k \in \mathbf{K}, w \in \mathbf{W}, no \in \mathbf{NO}] \quad (91)$$

$$\mathbf{TKW7} = [tkw7(k, w, sb): tkw7(k, w, sb) \in N^+, k \in \mathbf{K}, w \in \mathbf{W}, sb \in \mathbf{SB}] \quad (92)$$

$$\mathbf{TKW8} = [tkw8(k, w, ni): tkw8(k, w, ni) \in N^+, k \in \mathbf{K}, w \in \mathbf{W}, ni \in \mathbf{NI}] \quad (93)$$

$$\mathbf{TKW9} = [tkw9(k, w, sw): tkw9(k, w, sw) \in N^+, k \in \mathbf{K}, w \in \mathbf{W}, sw \in \mathbf{SW}] \quad (94)$$

– na relacji cel podróży – punkt pośredni:

d) gmina:

$$\mathbf{TGK1} = [tgk1(g, k, szr): tgk1(g, k, szr) \in N^+, g \in \mathbf{G}, k \in \mathbf{K}, szr \in \mathbf{SZR}] \quad (95)$$

$$\mathbf{TGK2} = [tgk2(g, k, szp): tgk2(g, k, szp) \in N^+, g \in \mathbf{G}, k \in \mathbf{K}, szp \in \mathbf{SZP}] \quad (96)$$

$$\mathbf{TGK3} = [tgk3(g, k, rbr): tgk3(g, k, rbr) \in N^+, g \in \mathbf{G}, k \in \mathbf{K}, rbr \in \mathbf{RBR}] \quad (97)$$

$$\mathbf{TGK4} = [tgk4(g, k, rbp): tgk4(g, k, rbp) \in N^+, g \in \mathbf{G}, k \in \mathbf{K}, rbp \in \mathbf{RBP}] \quad (98)$$

$$\mathbf{TGK5} = [tgk5(g, k, rbp): tgk5(g, k, rbp) \in N^+, g \in \mathbf{G}, k \in \mathbf{K}, rbw \in \mathbf{RBW}] \quad (99)$$

$$\mathbf{TGK6} = [tgk6(g, k, no): tgk6(g, k, no) \in N^+, g \in \mathbf{G}, k \in \mathbf{K}, no \in \mathbf{NO}] \quad (100)$$

$$\mathbf{TGK7} = [tgk7(g, k, sb): tgk7(g, k, sb) \in N^+, g \in \mathbf{G}, k \in \mathbf{K}, sb \in \mathbf{SB}] \quad (101)$$

$$\mathbf{TGK8} = [tgk8(g, k, ni): tgk8(g, k, ni) \in N^+, g \in \mathbf{G}, k \in \mathbf{K}, ni \in \mathbf{NI}] \quad (102)$$

$$\mathbf{TGK9} = [tgk9(g, k, sw): tgk9(g, k, sw) \in N^+, g \in \mathbf{G}, k \in \mathbf{K}, sw \in \mathbf{SW}] \quad (103)$$

e) powiat

$$\mathbf{TPK1} = [tpk1(p, k, szr): tpk1(p, k, szr) \in N^+, p \in \mathbf{P}, k \in \mathbf{K}, szr \in \mathbf{SZR}] \quad (104)$$

$$\mathbf{TPK2} = [tpk2(p, k, szp): tpk2(p, k, szp) \in N^+, p \in \mathbf{P}, k \in \mathbf{K}, szp \in \mathbf{SZP}] \quad (105)$$

$$\mathbf{TPK3} = [tpk3(p, k, rbr): tpk3(p, k, rbr) \in N^+, p \in \mathbf{P}, k \in \mathbf{K}, rbr \in \mathbf{RBR}] \quad (106)$$

$$\mathbf{TPK4} = [tpk4(p, k, rbp): tpk4(p, k, rbp) \in N^+, p \in \mathbf{P}, k \in \mathbf{K}, rbp \in \mathbf{RBP}] \quad (107)$$

$$\mathbf{TPK5} = [tpk5(p, k, rbp): tpk5(p, k, rbp) \in N^+, p \in \mathbf{P}, k \in \mathbf{K}, rbw \in \mathbf{RBW}] \quad (108)$$

$$\mathbf{TPK6} = [tpk6(p, k, no): tpk6(p, k, no) \in N^+, p \in \mathbf{P}, k \in \mathbf{K}, no \in \mathbf{NO}] \quad (109)$$

$$\mathbf{TPK7} = [tpk7(p, k, sb): tpk7(p, k, sb) \in N^+, p \in \mathbf{P}, k \in \mathbf{K}, sb \in \mathbf{SB}] \quad (110)$$

$$\mathbf{TPK8} = [tpk8(p, k, ni): tpk8(p, k, ni) \in N^+, p \in \mathbf{P}, k \in \mathbf{K}, ni \in \mathbf{NI}] \quad (111)$$

$$\mathbf{TPK9} = [tpk9(p, k, sw): tpk9(p, k, sw) \in N^+, p \in \mathbf{P}, k \in \mathbf{K}, sw \in \mathbf{SW}] \quad (112)$$

f) województwo:

$$\mathbf{TWK1} = [twk1(w, k, szr): twk1(w, k, szr) \in N^+, w \in \mathbf{W}, k \in \mathbf{K}, szr \in \mathbf{SZR}] \quad (113)$$

$$\mathbf{TWK2} = [twk2(w, k, szp): twk2(w, k, szp) \in N^+, w \in \mathbf{W}, k \in \mathbf{K}, szp \in \mathbf{SZP}] \quad (114)$$

$$\mathbf{TWK3} = [twk3(w, k, rbr): twk3(w, k, rbr) \in N^+, w \in \mathbf{W}, k \in \mathbf{K}, rbr \in \mathbf{RBR}] \quad (115)$$

$$\mathbf{TWK4} = [twk4(w, k, rbp): twk4(w, k, rbp) \in N^+, w \in \mathbf{W}, k \in \mathbf{K}, rbp \in \mathbf{RBP}] \quad (116)$$

$$\mathbf{TWK5} = [twk5(w, k, rbw): twk5(w, k, rbw) \in N^+, w \in \mathbf{W}, k \in \mathbf{K}, rbw \in \mathbf{RBW}] \quad (117)$$

$$\mathbf{TWK6} = [twk6(w, k, no): twk6(w, k, no) \in N^+, w \in \mathbf{W}, k \in \mathbf{K}, no \in \mathbf{NO}] \quad (118)$$

$$\mathbf{TWK7} = [twk7(w, k, sb): twk7(w, k, sb) \in N^+, w \in \mathbf{W}, k \in \mathbf{K}, sb \in \mathbf{SB}] \quad (119)$$

$$\mathbf{TWK8} = [twk8(w, k, ni): twk8(w, k, ni) \in N^+, w \in \mathbf{W}, k \in \mathbf{K}, ni \in \mathbf{NI}] \quad (120)$$

$$\mathbf{TWK9} = [twk9(w, k, sw): twk9(w, k, sw) \in N^+, w \in \mathbf{W}, k \in \mathbf{K}, sw \in \mathbf{SW}] \quad (121)$$

W celu implementacji metody **ZMOW WK** wprowadzono dodatkowo:

- **d_p / d_t** – udział dostępnych elementów systemu transportowego do wszystkich elementów systemu PTZ, z których korzysta pasażer [%] (p – przystanki, t – tabor). Jeśli pasażer na trasie przejazdu ma 3 przystanki, z których korzysta (początkowy, przesiadkowy i końcowy), a jeden z nich nie spełnia dostępności, to wskaźnik dla ogółu społeczeństwa przyjmie wartość 0,66; natomiast dla osoby PRM wartość 0. Problemem może być określenie standardów wyposażenia infrastruktury i taboru, pozwalających zdecydować o dostępności elementu. Za wzór można przyjąć kolejowe standardy TSI-PRM, które mogłyby zostać rozszerzone o pozostały PTZ.
- **b_j / b_m** – koszt podróży [PLN] (j – bilet jednorazowy, m – bilet miesięczny); dane o systemie taryfowo-biletowym PTZ organizatora przewozów oraz wyznaczona trasa podróży z budynku w algorytmie OTP;
- **n** – niezawodność realizacji kursu (procent odjazdów punktualnych względem wszystkich odjazdów, za odjazd punktualny przyjmuje się taki, który był na przystanku przyspieszony maksymalnie do 1 minuty oraz opóźniony do 3 minut), do

wyznaczenia tego parametru potrzeba statystyki rzeczywistych odjazdów względem rozkładu jazdy, np. na podstawie danych GTFS-RT z systemu SDIP.

5.2.2. Dane geograficzne

W celu implementacji do metody **ZMOW WK** danych geograficznych wykorzystano bazę danych obiektów topograficznych (BDOT10k). To wektorowa baza danych zawierająca lokalizację przestrzenną obiektów topograficznych wraz z ich podstawową charakterystyką opisową. Treść i szczegółowość bazy BDOT10k odpowiada w ogólności tradycyjnej mapie topograficznej w skali 1:10 000 [238], zakres bazy danych obejmuje następujące kategorie obiektów:

1. sieć wodna (SW),
2. sieć komunikacyjna (SK),
3. sieć uzbrojenia terenu (SU),
4. pokrycie terenu (PT),
5. budynki, budowle i urządzenia (BU),
6. kompleksy użytkowania terenu (KU),
7. jednostki podziału terytorialnego (AD),
8. tereny chronione (TC),
9. obiekty inne (OI),
10. rzeźba terenu (RT).

Na cele algorytmu wykorzystywane będą podkreślone działy tematyczne. W szczególności istotna jest baza budynków (BU). Do analizy wykorzystany zostanie wykaz budynków mieszkalnych z bazy BDOT10k (aktualizacja 2024), każdy z określonymi współrzędnymi geograficznymi $[x(i), y(i)]$ położenia budynku, oznaczonych w 4 klasach:

- BUBD01 (budynki mieszkalne jednorodzinne)
- BUBD02 (budynki o dwóch mieszkaniach),
- BUBD03 (budynki o trzech i więcej mieszkaniach),
- BUBD04 (budynki zbiorowego zamieszkania) [239].

Względem każdego budynku na analizowanym obszarze wyznaczany będzie wskaźnik WK (jako źródło podróży wyjazdowej i cel podróży powrotnej). Baza BDOT10k określa funkcje szczegółowe budynków mieszkalnych, które zestawia Tabela 13.

Tabela 13. Funkcje szczegółowe budynków mieszkalnych w bazie BDOT10k

L.p.	Funkcja budynku mieszkalnego	L.p.	Funkcja budynku mieszkalnego
1	budynek jednorodzinny	11	hotel robotniczy
2	dom letniskowy	12	internat lub bursa szkolna
3	leśniczówka	13	klasztor
4	budynek wielorodzinny	14	koszary
5	dom dla bezdomnych	15	placówka opiekuńczo-wychowawcza
6	dom dziecka	16	rezydencja ambasadora
7	dom opieki społecznej	17	rezydencja biskupia
8	dom parafialny	18	rezydencja prezydencka
9	dom studencki	19	zakład karny
10	dom zakonny	20	zakład poprawczy

Źródło: BDOT10k

Dodatkowe dane geograficzne uwzględnione w metodzie **ZMOW WK**:

- współrzędne geograficzne w układzie [x,y] celów podróży G, P i W, podróż do określonego ręcznie punktu uznanego za centrum: gminy [x(g),y(g)], miasta powiatowego [x(p),y(p)] i miasta wojewódzkiego [x(w),y(w)]; cele należy wyznaczyć dla każdej gminy, powiatu i miasta wojewódzkiego na obszarze analizy,
- wykaz granic JST – gmin, powiatów, województw – zawiera państwowy rejestr granic (PRG),
- sieć dróg, chodników, ulic, itd. – baza danych OpenStreetMap, baza ta zapewnia większą dokładność niż baza BDOT10k, w której nie modelowano np. chodników, a jest to kluczowe do właściwego obliczania dróg przemieszczania się pieszo.

Istotnymi czynnikami wpływającymi na wykluczenie komunikacyjne są też bariery architektoniczne i topograficzne (np. przewyższenia, rzeki, jeziora, brak chodników, zabudowa uniemożliwiająca przejście, ogrodzenia, kładki nad torami kolejowymi czy drogami szybkiego ruchu). Baza OpenStreetMap zapewnia uwzględnienie takich składników pod postacią obiektów z przypisanymi parametrami możliwości przejścia pieszego oraz kosztu tego przejścia, wpływającego na czas drogi pieszej.

5.2.3. Dane społeczno-ekonomiczne i pozostałe dane transportowe poza PTZ

Na potrzebę implementacji metody **ZMOW WK** powstała baza danych społeczno-ekonomicznych na podstawie BDL GUS dla powiatu i gmin badanego obszaru pilotażowego – obszar scharakteryzowano w rozdziale 7.1. Baza zawiera:

- wskaźnik cen towarów i usług konsumpcyjnych (pot. inflacja) [%] – na poziomie regionu (województwa) za lata 2015-2024;
- wskaźnik zagrożenia ubóstwem po uwzględnieniu w dochodach transferów społecznych – procent osób, których dochód ekwiwalentny do dyspozycji (po uwzględnieniu w dochodach transferów społecznych) jest niższy od granicy ubóstwa ustalonej na poziomie 60% mediany rocznych ekwiwalentnych dochodów do dyspozycji w danym kraju – na poziomie regionu (województwa) za lata 2019-2023;
- przeciętne wynagrodzenie brutto [PLN], dane dotyczą podmiotów gospodarki narodowej o liczbie pracujących 10 i więcej osób oraz jednostek sfery budżetowej niezależnie od liczby pracujących – na poziomie powiatu za lata 2015-2023;
- prognoza ludności 2025, 2030, 2035, 2040, 2045, 2050, 2055, 2060 – na poziomie powiatu, na podstawie NSP 2021;
- ludność i ludność w wieku przedprodukcyjnym (17 lat i mniej), produkcyjnym i poprodukcyjnym, zmiana liczby ludności na 1000 mieszkańców – na poziomie gminy, 2024 rok;
- uczniowie w wieku 5-14 lat, uczniowie w wieku 15-19 lat, osoby niepełnosprawne razem, prawnie, tylko biologicznie, liczba gospodarstw domowych, gospodarstwa domowe 1-, 2-, 3-, 4- i 5-osobowe i większe, ludność w gospodarstwach domowych, przeciętna liczba osób w gospodarstwie domowym – na poziomie gminy, NSP 2021;
- powierzchnia [km²], gęstość zaludnienia [os./km²], wskaźnik urbanizacji [%] – na poziomie gminy, 2024 rok;
- udział bezrobotnych zarejestrowanych w liczbie ludności w wieku produkcyjnym [%] – na poziomie gminy, 2024 rok;
- długość dróg dla rowerów na 100 km² [km/100 km²], systemy rowerów publicznych [szt.], stacje rowerów publicznych [szt.], rowery publiczne ogółem [szt.], rowery publiczne na 1000 mieszkańców [szt./1000 os.], wypożyczenia rowerów publicznych na 1000 mieszkańców [szt./1000 os.] – na poziomie gminy, 2023 rok;
- liczba przystanków ogółem [szt.], liczba parkingów P&R [szt.] – na poziomie gminy, 2023 rok;

- wypadki drogowe ogółem [szt.], ofiary wypadków ogółem [os.], ofiary śmiertelne [os.], ranni [os.] – na poziomie gminy, 2023 rok.

5.2.4. *Dane o kategoriach społecznych ludności*

Metoda **ZMOW WK** pozwala rozróżniać analizę dla:

- O – ogółu populacji – analizowane są przemieszczenia według rozkładu roboczego i w dni wolne. W bazie danych populację wyróżnia ludność poszczególnych gmin.
- PRM – osób o ograniczonej mobilności, w tym osoby starsze oraz z niepełnosprawnościami – analizowane są przemieszczenia z uwzględnieniem pełnej dostępności infrastruktury i taboru na trasie podróży. W bazie danych wyróżniono:
 - Osoba niepełnosprawna biologicznie – osoba, która odczuwa ograniczenie sprawności w wykonywaniu czynności podstawowych dla swojego wieku, ale nie posiada prawnego orzeczenia niepełnosprawności.
 - Osoba niepełnosprawna prawnie – osoba, która posiada odpowiednie orzeczenie wydane przez organ do tego uprawniony [82].
 - Osoba niepełnosprawna razem – suma osób zdefiniowanych powyżej.
- DP i DPP – dzieci uczące się w szkołach podstawowych i ponadpodstawowych – mogą być analizowane przemieszczenia według rozkładu jazdy dla dnia nauki szkolnej – dla szkół podstawowych w kierunku centrum gminy, natomiast dla szkół ponadpodstawowych w kierunku centrum miasta powiatowego.

Obowiązek nauki w pełnym wymiarze dotyczy uczniów szkół podstawowych w wieku 7-15 lat (rodzice mają możliwość zapisania dziecka do szkoły podstawowej wcześniej, w wieku 6 lat), a następnie w niepełnym wymiarze do 18 roku życia w szkole ponadpodstawowej. W zależności od rodzaju szkoły kończy się ją w wieku 18-20 lat [240]. Statystyka NSP 2021 wyznaczała natomiast ludność dzieci w przedziałach wieku 0-4, 5-9, 10-14 i 15-19. W związku z tym, na cele opracowania wyznaczono udział dzieci w wieku szkoły podstawowej w przedziale 5-14 lat oraz w wieku szkoły ponadpodstawowej w wieku 15-19 lat, co w przybliżeniu odpowiada ich liczebności.

5.3. Przetwarzanie danych w algorytmie ZMOW WK

5.3.1. *Model decyzyjny planowania podróży*

Model decyzyjny planowania podróży składa się z czterech etapów tj. etap opracowania danych wejściowych, zmiennych decyzyjnych, ograniczeń i funkcji kryterium. W modelu wykorzystano dane opisane w rozdziale 5.2.1.

Zmienne decyzyjne o interpretacji przesiadki na danej relacji przedstawiono za pomocą macierzy:

$$\mathbf{N1} = [n1(i, g, k): n1(i, g, k) \in \{0,1\}, i \in I, g \in G] \quad (122)$$

$$\mathbf{N2} = [n2(g, i, k): n2(g, i, k) \in \{0,1\}, g \in G, i \in I] \quad (123)$$

$$\mathbf{N3} = [n3(i, p, k): n3(i, p, k) \in \{0,1\}, i \in I, p \in P] \quad (124)$$

$$\mathbf{N4} = [n4(p, i, k): n4(p, i, k) \in \{0,1\}, p \in P, i \in I] \quad (125)$$

$$\mathbf{N5} = [n5(i, w, k): n5(i, w, k) \in \{0,1\}, i \in I, w \in W] \quad (126)$$

$$\mathbf{N6} = [n6(w, i, k): n6(w, i, k) \in \{0,1\}, w \in W, i \in I] \quad (127)$$

gdzie np. $n1(i, g, k) = 1$ ma interpretację przesiadki w k – tym przystanku na relacji źródło – gmina.

Zmienne decyzyjne o interpretacji połączeń między punktami trasy jazdy przedstawiono jako macierze:

– na relacji źródło – punkt pośredni:

$$\mathbf{XIK1} = [xik1(i, k, szr): xik1(i, k, szr) \in \{0,1\}, i \in I, k \in K, szr \in SZR] \quad (128)$$

$$\mathbf{XIK2} = [xik2(i, k, szp): xik2(i, k, szp) \in \{0,1\}, i \in I, k \in K, szp \in SZP] \quad (129)$$

$$\mathbf{XIK3} = [xik3(i, k, rbr): xik3(i, k, rbr) \in \{0,1\}, i \in I, k \in K, rbr \in RBR] \quad (130)$$

$$\mathbf{XIK4} = [xik4(i, k, rbp): xik4(i, k, rbp) \in \{0,1\}, i \in I, k \in K, rbp \in RBP] \quad (131)$$

$$\mathbf{XIK5} = [xik5(i, k, rbp): xik5(i, k, rbp) \in \{0,1\}, i \in I, k \in K, rbw \in RBW] \quad (132)$$

$$\mathbf{XIK6} = [xik6(i, k, no): xik6(i, k, no) \in \{0,1\}, i \in I, k \in K, no \in NO] \quad (133)$$

$$\mathbf{XIK7} = [xik7(i, k, sb): xik7(i, k, sb) \in \{0,1\}, i \in I, k \in K, sb \in SB] \quad (134)$$

$$\mathbf{XIK8} = [xik8(i, k, ni): xik8(i, k, ni) \in \{0,1\}, i \in I, k \in K, ni \in NI] \quad (135)$$

$$\mathbf{XIK9} = [xik9(i, k, sw): xik9(i, k, sw) \in \{0,1\}, i \in I, k \in K, sw \in SW] \quad (136)$$

– na relacji punkt pośredni – źródło:

$$\mathbf{XKI1} = [xki1(k, i, szr): xki1(k, i, szr) \in \{0,1\}, k \in K, i \in I, szr \in SZR] \quad (137)$$

$$\mathbf{XKI2} = [xki2(k, i, szp): xki2(k, i, szp) \in \{0,1\}, k \in K, i \in I, szp \in SZP] \quad (138)$$

$$\mathbf{XKI3} = [xki3(k, i, rbr): xki3(k, i, rbr) \in \{0,1\}, k \in K, i \in I, rbr \in RBR] \quad (139)$$

$$\mathbf{XKI4} = [xki4(k, i, rbp): xki4(k, i, rbp) \in \{0,1\}, k \in K, i \in I, rbp \in RBP] \quad (140)$$

$$\mathbf{XKI5} = [xki5(k, i, rbp): xki5(k, i, rbp) \in \{0,1\}, k \in K, i \in I, rbw \in RBW] \quad (141)$$

$$\mathbf{XKI6} = [xki6(k, i, no): xki6(k, i, no) \in \{0,1\}, k \in K, i \in I, no \in NO] \quad (142)$$

$$\mathbf{XKI7} = [xki7(k, i, sb): xki7(k, i, sb) \in \{0,1\}, k \in \mathbf{K}, i \in \mathbf{I}, sb \in \mathbf{SB}] \quad (143)$$

$$\mathbf{XKI8} = [xki8(k, i, ni): xki8(k, i, ni) \in \{0,1\}, k \in \mathbf{K}, i \in \mathbf{I}, ni \in \mathbf{NI}] \quad (144)$$

$$\mathbf{XKI9} = [xki9(k, i, sw): xki9(k, i, sw) \in \{0,1\}, k \in \mathbf{K}, i \in \mathbf{I}, sw \in \mathbf{SW}] \quad (145)$$

– na relacji punkt pośredni – punkt pośredni:

$$\mathbf{XKK1} = [xkk1(k, k', szr): xkk1(k, k', szr) \in \{0,1\}, k, k' \in \mathbf{K}, szr \in \mathbf{SZR}] \quad (146)$$

$$\mathbf{XKK2} = [xkk2(k, k', szp): xkk2(k, k', szp) \in \{0,1\}, k, k' \in \mathbf{K}, szp \in \mathbf{SZP}] \quad (147)$$

$$\mathbf{XKK3} = [xkk3(k, k', rbr): xkk3(k, k', rbr) \in \{0,1\}, k, k' \in \mathbf{K}, rbr \in \mathbf{RBR}] \quad (148)$$

$$\mathbf{XKK4} = [xkk4(k, k', rbp): xkk4(k, k', rbp) \in \{0,1\}, k, k' \in \mathbf{K}, rbp \in \mathbf{RBP}] \quad (149)$$

$$\mathbf{XKK5} = [xkk5(k, k', rbp): xkk5(k, k', rbp) \in \{0,1\}, k, k' \in \mathbf{K}, rbw \in \mathbf{RBW}] \quad (150)$$

$$\mathbf{XKI6} = [xkk6(k, k', no): xkk6(k, k', no) \in \{0,1\}, k, k' \in \mathbf{K}, no \in \mathbf{NO}] \quad (151)$$

$$\mathbf{XKK7} = [xkk7(k, k', sb): xkk7(k, k', sb) \in \{0,1\}, k, k' \in \mathbf{K}, sb \in \mathbf{SB}] \quad (152)$$

$$\mathbf{XKK8} = [xkk8(k, k', ni): xkk8(k, k', ni) \in \{0,1\}, k, k' \in \mathbf{K}, ni \in \mathbf{NI}] \quad (153)$$

$$\mathbf{XKK9} = [xkk9(k, k', sw): xkk9(k, k', sw) \in \{0,1\}, k, k' \in \mathbf{K}, sw \in \mathbf{SW}] \quad (154)$$

– na relacji punkt pośredni – cel podróży:

a) gmina:

$$\mathbf{XKG1} = [xkg1(k, g, szr): xkg1(k, g, szr) \in \{0,1\}, k \in \mathbf{K}, g \in \mathbf{G}, szr \in \mathbf{SZR}] \quad (155)$$

$$\mathbf{XKG2} = [xkg2(k, g, szp): xkg2(k, g, szp) \in \{0,1\}, k \in \mathbf{K}, g \in \mathbf{G}, szp \in \mathbf{SZP}] \quad (156)$$

$$\mathbf{XKG3} = [xkg3(k, g, rbr): xkg3(k, g, rbr) \in \{0,1\}, k \in \mathbf{K}, g \in \mathbf{G}, rbr \in \mathbf{RBR}] \quad (157)$$

$$\mathbf{XKG4} = [xkg4(k, g, rbp): xkg4(k, g, rbp) \in \{0,1\}, k \in \mathbf{K}, g \in \mathbf{G}, rbp \in \mathbf{RBP}] \quad (158)$$

$$\mathbf{XKG5} = [xkg5(k, g, rbp): xkg5(k, g, rbp) \in \{0,1\}, k \in \mathbf{K}, g \in \mathbf{G}, rbw \in \mathbf{RBW}] \quad (159)$$

$$\mathbf{XKG6} = [xkg6(k, g, no): xkg6(k, g, no) \in \{0,1\}, k \in \mathbf{K}, g \in \mathbf{G}, no \in \mathbf{NO}] \quad (160)$$

$$\mathbf{XKG7} = [xkg7(k, g, sb): xkg7(k, g, sb) \in \{0,1\}, k \in \mathbf{K}, g \in \mathbf{G}, sb \in \mathbf{SB}] \quad (161)$$

$$\mathbf{XKG8} = [xkg8(k, g, ni): xkg8(k, g, ni) \in \{0,1\}, k \in \mathbf{K}, g \in \mathbf{G}, ni \in \mathbf{NI}] \quad (162)$$

$$\mathbf{XKG9} = [xkg9(k, g, sw): xkg9(k, g, sw) \in \{0,1\}, k \in \mathbf{K}, g \in \mathbf{G}, sw \in \mathbf{SW}] \quad (163)$$

b) powiat

$$\mathbf{XKP1} = [xkp1(k, p, szr): xkp1(k, p, szr) \in \{0,1\}, k \in \mathbf{K}, p \in \mathbf{P}, szr \in \mathbf{SZR}] \quad (164)$$

$$\mathbf{XKP2} = [xkp2(k, p, szp): xkp2(k, p, szp) \in \{0,1\}, k \in \mathbf{K}, p \in \mathbf{P}, szp \in \mathbf{SZP}] \quad (165)$$

$$\mathbf{XKP3} = [xkp3(k, p, rbr): xkp3(k, p, rbr) \in \{0,1\}, k \in \mathbf{K}, p \in \mathbf{P}, rbr \in \mathbf{RBR}] \quad (166)$$

$$\mathbf{XKP4} = [xkp4(k, p, rbp): xkp4(k, p, rbp) \in \{0,1\}, k \in \mathbf{K}, p \in \mathbf{P}, rbp \in \mathbf{RBP}] \quad (167)$$

$$\mathbf{XKP5} = [xkp5(k, p, rbp): xkp5(k, p, rbp) \in \{0,1\}, k \in \mathbf{K}, p \in \mathbf{P}, rbw \in \mathbf{RBW}] \quad (168)$$

$$\mathbf{XKP6} = [xkp6(k, p, no): xkp6(k, p, no) \in \{0,1\}, k \in \mathbf{K}, p \in \mathbf{P}, no \in \mathbf{NO}] \quad (169)$$

$$\mathbf{XKP7} = [tkp7(k, p, sb): xkp7(k, p, sb) \in \{0,1\}, k \in \mathbf{K}, p \in \mathbf{P}, sb \in \mathbf{SB}] \quad (170)$$

$$\mathbf{XKP8} = [xkp8(k, p, ni): xkp8(k, p, ni) \in \{0,1\}, k \in \mathbf{K}, p \in \mathbf{P}, ni \in \mathbf{NI}] \quad (171)$$

$$\mathbf{XKP9} = [xkp9(k, p, sw): xkp9(k, p, sw) \in \{0,1\}, k \in \mathbf{K}, p \in \mathbf{P}, sw \in \mathbf{SW}] \quad (172)$$

c) województwo:

$$\mathbf{XKW1} = [xkw1(k, w, szr): xkw1(k, w, szr) \in \{0,1\}, k \in \mathbf{K}, w \in \mathbf{W}, szr \in \mathbf{SZR}] \quad (173)$$

$$\mathbf{XKW2} = [xkw2(k, w, szp): xkw2(k, w, szp) \in \{0,1\}, k \in \mathbf{K}, w \in \mathbf{W}, szp \in \mathbf{SZP}] \quad (174)$$

$$\mathbf{XKW3} = [xkw3(k, w, rbr): xkw3(k, w, rbr) \in \{0,1\}, k \in \mathbf{K}, w \in \mathbf{W}, rbr \in \mathbf{RBR}] \quad (175)$$

$$\mathbf{XKW4} = [xkw4(k, w, rbp): xkw4(k, w, rbp) \in \{0,1\}, k \in \mathbf{K}, w \in \mathbf{W}, rbp \in \mathbf{RBP}] \quad (176)$$

$$\mathbf{XKW5} = [xkw5(k, w, rbp): xkw5(k, w, rbp) \in \{0,1\}, k \in \mathbf{K}, w \in \mathbf{W}, rbw \in \mathbf{RBW}] \quad (177)$$

$$\mathbf{XKW6} = [xkw6(k, w, no): xkw6(k, w, no) \in \{0,1\}, k \in \mathbf{K}, w \in \mathbf{W}, no \in \mathbf{NO}] \quad (178)$$

$$\mathbf{XKW7} = [xkw7(k, w, sb): xkw7(k, w, sb) \in \{0,1\}, k \in \mathbf{K}, w \in \mathbf{W}, sb \in \mathbf{SB}] \quad (179)$$

$$\mathbf{XKW8} = [xkw8(k, w, ni): xkw8(k, w, ni) \in \{0,1\}, k \in \mathbf{K}, w \in \mathbf{W}, ni \in \mathbf{NI}] \quad (180)$$

$$\mathbf{XKW9} = [xkw9(k, w, sw): xkw9(k, w, sw) \in \{0,1\}, k \in \mathbf{K}, w \in \mathbf{W}, sw \in \mathbf{SW}] \quad (181)$$

– na relacji cel podróży – punkt pośredni:

d) gmina:

$$\mathbf{XGK1} = [xgk1(g, k, szr): xgk1(g, k, szr) \in \{0,1\}, g \in \mathbf{G}, k \in \mathbf{K}, szr \in \mathbf{SZR}] \quad (182)$$

$$\mathbf{XGK2} = [xgk2(g, k, szp): xgk2(g, k, szp) \in \{0,1\}, g \in \mathbf{G}, k \in \mathbf{K}, szp \in \mathbf{SZP}] \quad (183)$$

$$\mathbf{XGK3} = [xgk3(g, k, rbr): xgk3(g, k, rbr) \in \{0,1\}, g \in \mathbf{G}, k \in \mathbf{K}, rbr \in \mathbf{RBR}] \quad (184)$$

$$\mathbf{XGK4} = [xgk4(g, k, rbp): xgk4(g, k, rbp) \in \{0,1\}, g \in \mathbf{G}, k \in \mathbf{K}, rbp \in \mathbf{RBP}] \quad (185)$$

$$\mathbf{XGK5} = [xgk5(g, k, rbp): xgk5(g, k, rbp) \in \{0,1\}, g \in \mathbf{G}, k \in \mathbf{K}, rbw \in \mathbf{RBW}] \quad (186)$$

$$\mathbf{XGK6} = [xgk6(g, k, no): xgk6(g, k, no) \in \{0,1\}, g \in \mathbf{G}, k \in \mathbf{K}, no \in \mathbf{NO}] \quad (187)$$

$$\mathbf{XGK7} = [xgk7(g, k, sb): xgk7(g, k, sb) \in \{0,1\}, g \in \mathbf{G}, k \in \mathbf{K}, sb \in \mathbf{SB}] \quad (188)$$

$$\mathbf{XGK8} = [xgk8(g, k, ni): xgk8(g, k, ni) \in \{0,1\}, g \in \mathbf{G}, k \in \mathbf{K}, ni \in \mathbf{NI}] \quad (189)$$

$$\mathbf{XGK9} = [xgk9(g, k, sw): xgk9(g, k, sw) \in \{0,1\}, g \in \mathbf{G}, k \in \mathbf{K}, sw \in \mathbf{SW}] \quad (190)$$

e) powiat

$$\mathbf{XPK1} = [xpk1(p, k, szr): xpk1(p, k, szr) \in \{0,1\}, p \in \mathbf{P}, k \in \mathbf{K}, szr \in \mathbf{SZR}] \quad (191)$$

$$\mathbf{XPK2} = [xpk2(p, k, szp): xpk2(p, k, szp) \in \{0,1\}, p \in \mathbf{P}, k \in \mathbf{K}, szp \in \mathbf{SZP}] \quad (192)$$

$$\mathbf{XPK3} = [xpk3(p, k, rbr): xpk3(p, k, rbr) \in \{0,1\}, p \in \mathbf{P}, k \in \mathbf{K}, rbr \in \mathbf{RBR}] \quad (193)$$

$$\mathbf{XPK4} = [xpk4(p, k, rbp): xpk4(p, k, rbp) \in \{0,1\}, p \in \mathbf{P}, k \in \mathbf{K}, rbp \in \mathbf{RBP}] \quad (194)$$

$$\mathbf{XPK5} = [xpk5(p, k, rbp): xpk5(p, k, rbp) \in \{0,1\}, p \in \mathbf{P}, k \in \mathbf{K}, rbw \in \mathbf{RBW}] \quad (195)$$

$$\mathbf{XPK6} = [xpk6(p, k, no): xpk6(p, k, no) \in \{0,1\}, p \in \mathbf{P}, k \in \mathbf{K}, no \in \mathbf{NO}] \quad (196)$$

$$\mathbf{XPK7} = [xpk7(p, k, sb): xpk7(p, k, sb) \in \{0,1\}, p \in \mathbf{P}, k \in \mathbf{K}, sb \in \mathbf{SB}] \quad (197)$$

$$\mathbf{XPK8} = [xpk8(p, k, ni): xpk8(p, k, ni) \in \{0,1\}, p \in \mathbf{P}, k \in \mathbf{K}, ni \in \mathbf{NI}] \quad (198)$$

$$\mathbf{XPK9} = [xpk9(p, k, sw): xpk9(p, k, sw) \in \{0,1\}, p \in \mathbf{P}, k \in \mathbf{K}, sw \in \mathbf{SW}] \quad (199)$$

f) województwo:

$$\mathbf{XWK1} = [xwk1(w, k, szr): xwk1(w, k, szr) \in \{0,1\}, w \in \mathbf{W}, k \in \mathbf{K}, szr \in \mathbf{SZR}] \quad (200)$$

$$\mathbf{XWK2} = [xwk2(w, k, szp): xwk2(w, k, szp) \in \{0,1\}, w \in \mathbf{W}, k \in \mathbf{K}, szp \in \mathbf{SZP}] \quad (201)$$

$$\mathbf{XWK3} = [xwk3(w, k, rbr): xwk3(w, k, rbr) \in \{0,1\}, w \in \mathbf{W}, k \in \mathbf{K}, rbr \in \mathbf{RBR}] \quad (202)$$

$$\mathbf{XWK4} = [xwk4(w, k, rbp): xwk4(w, k, rbp) \in \{0,1\}, w \in \mathbf{W}, k \in \mathbf{K}, rbp \in \mathbf{RBP}] \quad (203)$$

$$\mathbf{XWK5} = [xwk5(w, k, rbp): xwk5(w, k, rbp) \in \{0,1\}, w \in \mathbf{W}, k \in \mathbf{K}, rbw \in \mathbf{RBW}] \quad (204)$$

$$\mathbf{XWK6} = [xwk6(w, k, no): xwk6(w, k, no) \in \{0,1\}, w \in \mathbf{W}, k \in \mathbf{K}, no \in \mathbf{NO}] \quad (205)$$

$$\mathbf{XWK7} = [xwk7(w, k, sb): xwk7(w, k, sb) \in \{0,1\}, w \in \mathbf{W}, k \in \mathbf{K}, sb \in \mathbf{SB}] \quad (206)$$

$$\mathbf{XWK8} = [xwk8(w, k, ni): xwk8(w, k, ni) \in \{0,1\}, w \in \mathbf{W}, k \in \mathbf{K}, ni \in \mathbf{NI}] \quad (207)$$

$$\mathbf{XWK9} = [xwk9(w, k, sw): xwk9(w, k, sw) \in \{0,1\}, w \in \mathbf{W}, k \in \mathbf{K}, sw \in \mathbf{SW}] \quad (208)$$

Ograniczenia okien czasowych przyjazdu do danego celu podróży przedstawiono wzorami (209)-(214). W celu skrócenia zapisów wszystkich równań przedstawiono tylko ograniczenia dla okresu *szr* – rano w dni nauki szkolnej, w godz. <7:00-13:00), pozostałe ograniczenia dla kolejnych okresów są wyznaczane w analogiczny sposób, zmienne czasowe są przedstawiane w formacie minutowym.

$$\begin{aligned}
& \forall i \in \mathbf{I}, \forall g \in \mathbf{G}, \forall p \in \mathbf{P}, \forall w \in \mathbf{W}, \forall roz \in \mathbf{ROZ}, \forall szr \in \mathbf{SZR}, k \in \mathbf{K} \\
& t7(i, g, roz) + xik1(i, k, szr) \cdot tik1(i, k, szr) \\
& + \sum_{k' \in \mathbf{K}} \sum_{k'' \in \mathbf{K}} xkk1(k', k'', szr) \cdot tkk1(k', k'', szr) + xkg1(k, g, szr) \\
& \cdot tkg1(k, g, szr) + tpg1(i, g) \leq t1(i, g)
\end{aligned} \tag{209}$$

$$\begin{aligned}
& \forall i \in \mathbf{I}, \forall g \in \mathbf{G}, \forall p \in \mathbf{P}, \forall w \in \mathbf{W}, \forall roz \in \mathbf{ROZ}, \forall szr \in \mathbf{SZR}, k \in \mathbf{K} \\
& t8(i, p, roz) + xik1(i, k, szr) \cdot tik1(i, k, szr) \\
& + \sum_{k' \in \mathbf{K}} \sum_{k'' \in \mathbf{K}} xkk1(k', k'', szr) \cdot tkk1(k', k'', szr) + xkp1(k, p, szr) \\
& \cdot tkp1(k, p, szr) + tpp1(i, p) \leq t2(i, p)
\end{aligned} \tag{210}$$

$$\begin{aligned}
& \forall i \in \mathbf{I}, \forall g \in \mathbf{G}, \forall p \in \mathbf{P}, \forall w \in \mathbf{W}, \forall roz \in \mathbf{ROZ}, \forall szr \in \mathbf{SZR}, k \in \mathbf{K} \\
& t9(i, w, roz) + xik1(i, k, szr) \cdot tik1(i, k, szr) \\
& + \sum_{k' \in \mathbf{K}} \sum_{k'' \in \mathbf{K}} xkk1(k', k'', szr) \cdot tkk1(k', k'', szr) + xkw1(k, w, szr) \\
& \cdot tkw1(k, w, szr) + tpw1(i, w) \leq t3(i, w)
\end{aligned} \tag{211}$$

$$\begin{aligned}
& \forall i \in \mathbf{I}, \forall g \in \mathbf{G}, \forall p \in \mathbf{P}, \forall w \in \mathbf{W}, \forall roz \in \mathbf{ROZ}, \forall szr \in \mathbf{SZR}, k \in \mathbf{K} \\
& t10(g, i, roz) + xgk1(g, k, szr) \cdot t gk1(g, k, szr) \\
& + \sum_{k' \in \mathbf{K}} \sum_{k'' \in \mathbf{K}} xkk1(k', k'', szr) \cdot tkk1(k', k'', szr) + xki1(k, i, szr) \\
& \cdot tki1(k, i, szr) + tpg2(g, i) \leq t4(g, i)
\end{aligned} \tag{212}$$

$$\begin{aligned}
& \forall i \in \mathbf{I}, \forall g \in \mathbf{G}, \forall p \in \mathbf{P}, \forall w \in \mathbf{W}, \forall roz \in \mathbf{ROZ}, \forall szr \in \mathbf{SZR}, k \in \mathbf{K} \\
& t11(p, i, roz) + xpk1(p, k, szr) \cdot tpk1(p, k, szr) \\
& + \sum_{k' \in \mathbf{K}} \sum_{k'' \in \mathbf{K}} xkk1(k', k'', szr) \cdot tkk1(k', k'', szr) + xki1(k, i, szr) \\
& \cdot tki1(k, i, szr) + tpp2(p, i) \leq t5(p, i)
\end{aligned} \tag{213}$$

$$\begin{aligned}
& \forall i \in I, \forall g \in G, \forall p \in P, \forall w \in W, \forall roz \in ROZ, \forall szr \in SZR, k \in K \\
& t12(w, i, roz) + xwk1(w, k, szr) \cdot twk1(w, k, szr) \\
& + \sum_{k' \in K} \sum_{k'' \in K} xkk1(k', k'', szr) \cdot tkk1(k', k'', szr) + xki1(k, i, szr) \\
& \cdot tki1(k, i, szr) + tpw2(w, i) \leq t6(w, i)
\end{aligned} \tag{214}$$

Ograniczenie liczby przesiadek w podróży z miejsca zamieszkania do celu podróży i w relacji powrotnej przedstawiono jako:

$$\begin{aligned}
& \forall i \in I, \forall g \in G, \forall p \in P, \forall w \in W \\
& \sum_{k \in K} n1(i, g, k) \leq lg1(i, g)
\end{aligned} \tag{215}$$

$$\sum_{k \in K} n2(g, i, k) \leq lg2(g, i) \tag{216}$$

$$\sum_{k \in K} n3(i, p, k) \leq lp1(i, p) \tag{217}$$

$$\sum_{k \in K} n4(p, i, k) \leq lp2(p, i) \tag{218}$$

$$\sum_{k \in K} n5(i, w, k) \leq lw1(i, w) \tag{219}$$

$$\sum_{k \in K} n6(w, i, k) \leq lw2(w, i) \tag{220}$$

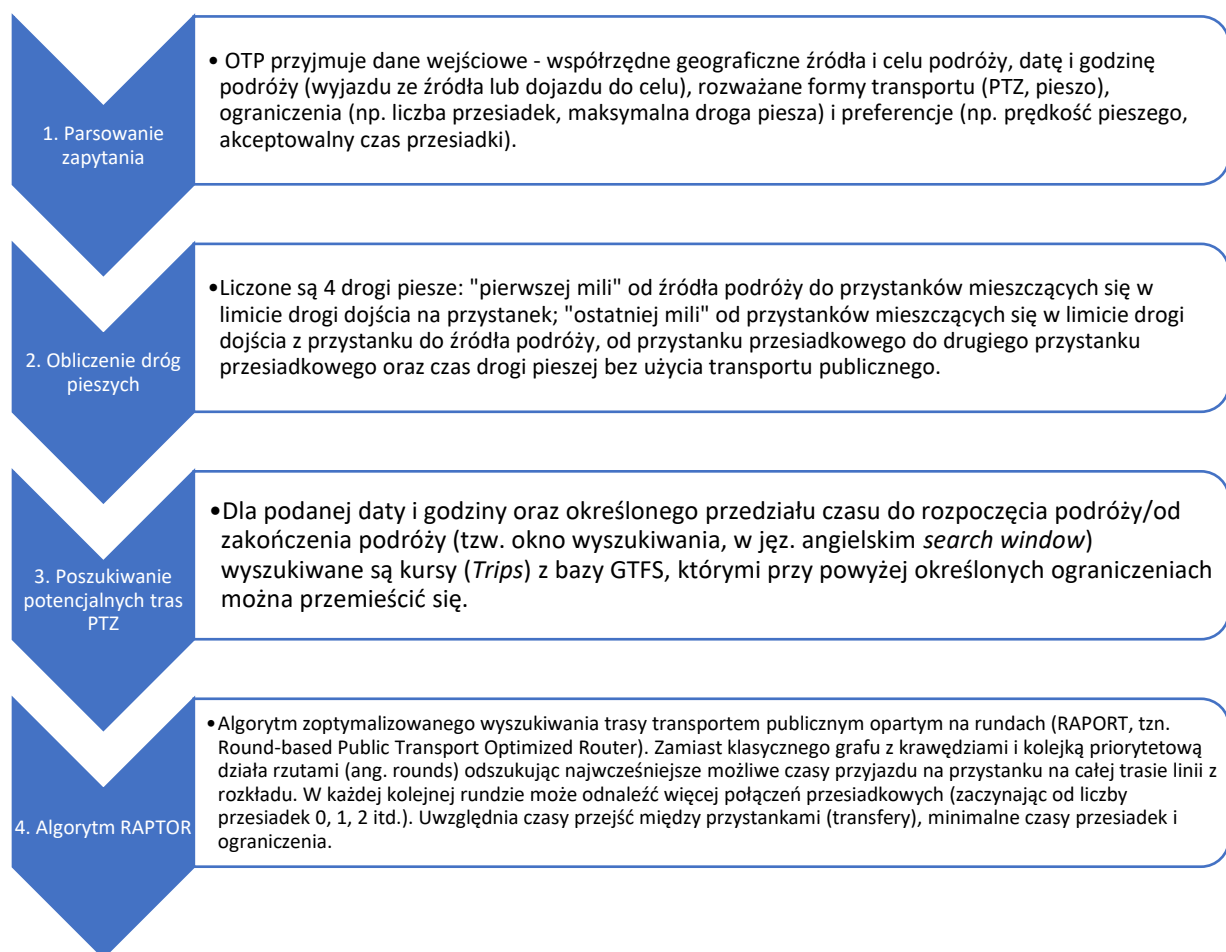
Podróże z punktów początkowych do każdego celu wyznaczane są w oparciu o funkcję kryterium minimalizującą czas podróży uwzględniającą podróż środkiem transportu i pieszo przedstawiono wzorem (221). W celu skrócenia zapisów wszystkich funkcji kryteriów przedstawiono tylko funkcję dla okresu rano w dni nauki szkolnej, w godz. <7:00-13:00) *szr* i celu podróży jako gminy, resztę funkcji dla pozostałych okresów i celów podróży opisuje się w analogiczny sposób.

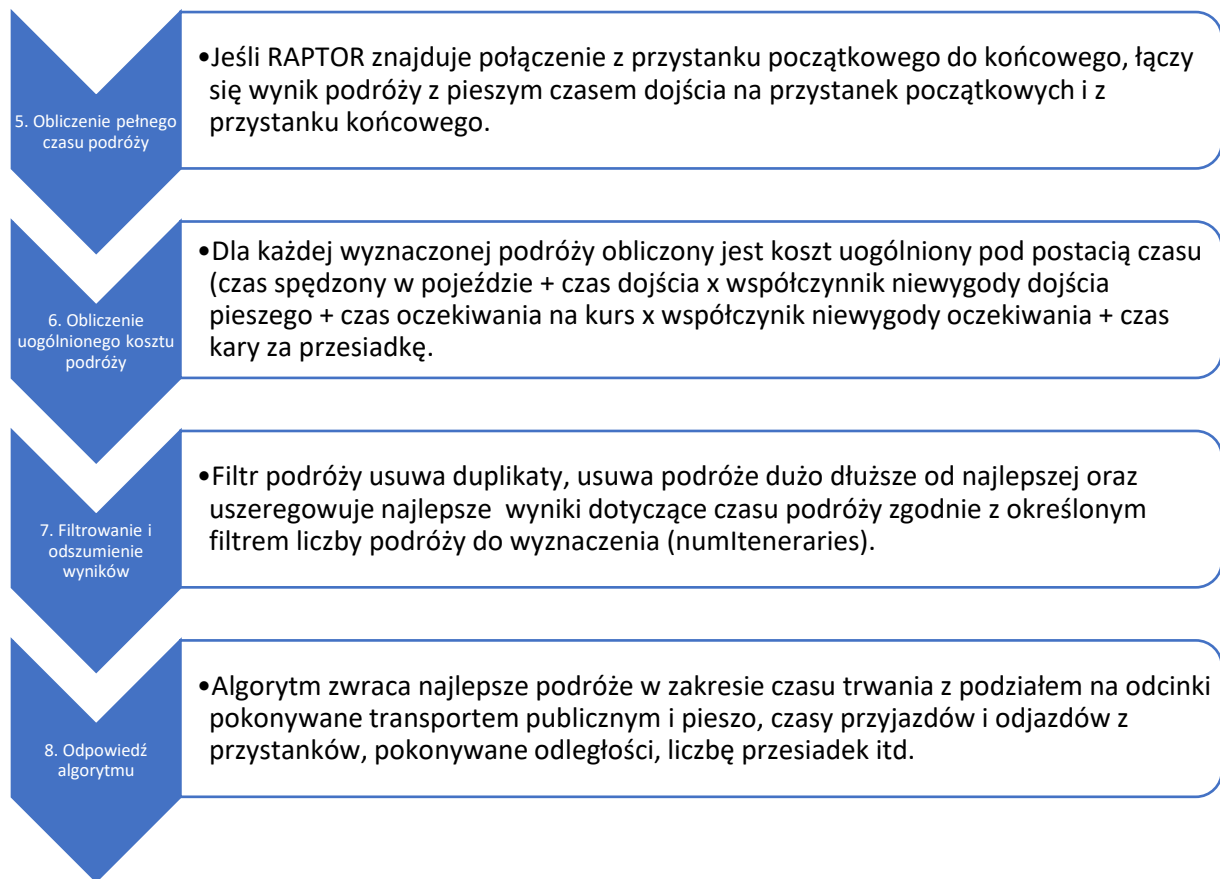
$$\begin{aligned}
& \forall i \in I, \forall g \in G, \forall roz \in ROZ, \forall szr \in SZR, k \in K \\
& F(XIK1, XKK1, XKG1) \\
& = xik1(i, k, szr) \cdot tik1(i, k, szr) \\
& + \sum_{k' \in K} \sum_{k'' \in K} xkk1(k', k'', szr) \cdot tkk1(k', k'', szr) + xkg1(k, g, szr) \\
& \cdot tkg1(k, g, szr) + tpg1(i, g) \rightarrow \min
\end{aligned}
\tag{221}$$

5.3.2. Algorytm wyszukiwania podróży OTP

W ramach metody ZMOW WK zaimplementowano algorytm wyszukiwania podróży Open Trip Planner (OTP). To otwarte rozwiązanie do wyszukiwania optymalnych połączeń PTZ (lub pieszo), wykorzystywany przez organizatorów transportu, władze jednostek samorządu terytorialnego i naukowców. Działanie algorytmu OTP, składającego się z 8 kroków, przedstawia Rysunek 27. Algorytm wyznacza zmienne decyzyjne zdefiniowane w modelu opisanym w rozdziale 5.3.1.

Rysunek 27. Algorytm modułu wyszukiwania podróży OTP





Źródło: opracowanie własne

Najważniejsze parametry wpływające na wybór optymalnej trasy podróży to:

- searchWindow (szerokość okna, w którym algorytm wyszukuje podróży od czasu wyjazdu ze źródła podróży lub czasu dojazdu do celu podróży – w zależności od funkcji celu wyszukiwania),
- maxTransfers (maksymalna liczba przesiadek) i transferPenalty (kara czasowa za przesiadkę, np. 5 minut),
- waitReluctance (współczynnik niewygody oczekiwania zwiększający czas podróży),
- walk.speed (prędkość pieszo), walk.reluctance (współczynnik niewygody przemieszczania się pieszo), accessEgress.maxDuration (maksymalny czas przemieszczania się pieszo),
- maxDirectStreetDuration (maksymalny czas trwania możliwej podróży tylko pieszej do celu podróży),
- ograniczenia w GTFS (częstotliwość kursów, kalendarze, czasy przesiadek).

Algorytm pozwala wyznaczyć dla każdego budynku i parametry transportowe tj. czasy przejść pieszych, liczbę przesiadek, czas poświęcony na dojazd, a także na podstawie powyższych parametrów wyznaczenie kosztu podróży.

W punkcie 2 algorytmu kluczowe jest określenie elementów sieci drogowej, z których może korzystać pieszy w dojściu na przystanek. Elementy te określono na podstawie sieci drogowej przedstawionej w OpenStreetMap i zestawia je Załącznik 1. Elementy infrastruktury drogowej OSM, którymi mogą poruszać się piesi w drodze na przystanek.

5.3.3. Ustalenie kryteriów

W pierwszej kolejności określono zestaw kryteriów j , które zostały użyte do określenia wskaźnika wykluczenia komunikacyjnego WK (por. Tabela 14). Część kryteriów podzielono na podkryteria. Następnie przypisywano wagi poszczególnym kryteriom, co zostało zrealizowane już na przykładzie rzeczywistego obszaru w rozdziale 7.

Tabela 14. Określenie kryteriów j metody ZMOW WK

L.p.	Kryterium (j)	Źródło danych	Uwagi
Kategoria wykluczenia: przestrzenne			
1	czas drogi pieszej [min], wzory (28)-(33)	Algorytm OTP działający na sieci dróg OSM i rozkładzie jazdy GTFS (budynek źródła podróży, drogi dojścia, przystanki, współrzędne centrum celów podróży) Prędkość pieszego: 1,4 m/s Prędkość osoby o ograniczonej mobilności (PRM): 0,8 m/s (wyznaczany dla każdego i)	3 podkryteria: wzory (28)-(33) Czas drogi pieszej w podróży do centrum gminy, powiatu i miasta wojewódzkiego
2	liczba przesiadek [-], wzory (122)-(127)	Algorytm OTP działający na sieci dróg OSM i rozkładzie jazdy GTFS (wyznaczany dla każdego i)	3 podkryteria: wzory (122)-(127) Liczba przesiadek w dojeździe do centrum gminy, powiatu i miasta wojewódzkiego
3	czas poświęcony na podróż, wzór (221)	Algorytm OTP działający na sieci dróg OSM i rozkładzie jazdy GTFS (wyznaczany dla każdego i)	3 podkryteria: t_{pg} , t_{pp} , t_{pw} Czas poświęcony na podróż na określoną godzinę lub powrót po określonej godzinie do centrum gminy, powiatu i miasta wojewódzkiego
Kategoria wykluczenia: związane z dostępnością dla osób o ograniczonej mobilności			
4	d_p / d_t	Organizator PTZ i baza przystanków oraz baza pojazdów (wyznaczany udział per gmina dla całej sieci lub dla organizatora)	Udział dostępnych elementów systemu transportowego do wszystkich elementów systemu transportowego, z których korzysta pasażer (p – przystanki, t – tabor).
5	u_{prm}	BDL GUS (wyznaczany dla gminy)	Udział osób PRM w ludności gminy
Kategoria wykluczenia: społeczno-ekonomiczne			
6	b_p – cena biletu jednorazowego na przejazd [PLN]	Algorytm OTP działający na sieci dróg OSM i rozkładzie jazdy GTFS, taryfa organizatora PTZ (wyznaczany wg cennika organizatora)	Cena biletu jednorazowego na przejazd do centrum gminy (b_{pg}), powiatu (b_{pp}) i miasta wojewódzkiego (b_{pw})
7	b_m – cena biletu miesięcznego sieciowego	Algorytm OTP działający na sieci dróg OSM i rozkładzie jazdy GTFS, taryfa organizatora PTZ	Cena biletu miesięcznego sieciowego na przejazd do centrum gminy (b_{pg}), powiatu (b_{pp}) i miasta wojewódzkiego (b_{pw})

L.p.	Kryterium (j)	Źródło danych	Uwagi
	[PLN]	(wyznaczany wg cennika organizatora)	
8	W _{pwb}	BDL GUS (wyznaczany dla powiatu)	Przeciętne wynagrodzenie brutto
9	W _{ub}	BDL GUS (wyznaczany dla gminy)	Wskaźnik udziału bezrobotnych zarejestrowanych w ludności
10	W _{zu}	BDL GUS (wyznaczany dla województwa)	Wskaźnik zagrożenia ubóstwem
Kategoria wykluczenia: ze względu na dostępność innych form transportu			
11	W _{ddr}	BDL GUS (wyznaczany dla gminy)	Wskaźnik długości dróg dla rowerów na 100 km ²
12	W _{ls}	BDL GUS (wyznaczany dla powiatu)	Wskaźnik liczby samochodów na 1000 mieszkańców
13	W _{wd}	SEWIK (wyznaczany dla gminy)	Ofiary wypadków ogółem na 1000 mieszkańców
Kategoria wykluczenia: związane z niepunktualnością TP			
14	n – niezawodność [% odjazdów punktualnych z przystanku]	GTFS-RT z systemu SDIP (wyznaczany dla podróży z każdego i)	Stosunek liczby analizowanych kursów punktualnych do wszystkich w okresie, np. miesiąca 100% – wszystkie punktualne 0% – wszystkie niepunktualne Może być wartość średnia dla sieci danego organizatora

Źródło: opracowanie własne

5.3.4. Normalizacja danych

Normalizacja wartości kryteriów to etap przygotowania do obliczenia wskaźnika WK metodą TOPSIS. Dla każdej wartości x kryterium j w punkcie i (x_{ij}) utworzono wartość znormalizowaną z_{ij} :

$$z_{ij} \in [0,00,1,00] \quad (222)$$

gdzie:

0 – wartość kryterium najmniej sprzyjająca wykluczeniu (najlepsze warunki),

1 – wartość kryterium najbardziej sprzyjająca wykluczeniu (najgorsze warunki).

Algorytm ma za zadanie odnaleźć wartości min-max z odcięciem na percentylach (p_1 , p_{99}), żeby uniknąć wpływu wartości ekstremalnych.

Normalizacja zależy od kierunku cechy:

- Dla cech niesprzyjających – im większa wartość, tym gorzej (np. czas dojazdu, liczba przesiadek):

$$z_{ij(n)} = \frac{x_{ij} - \min x_j}{\max x_j - \min x_j} \quad (223)$$

- Dla cech sprzyjających – im większa wartość, tym lepiej (np. przeciętne wynagrodzenie brutto, udział taboru dostępnego dla niepełnosprawnych):

$$z_{ij(s)} = 1 - \frac{x_{ij} - \min x_j}{\max x_j - \min x_j} \quad (224)$$

Przy normalizacji uwzględniono możliwość zastosowania nieliniowości tam, gdzie cecha mogła powodować dużo większy wpływ przy wartościach określonego typu, np. czas oczekiwania powyżej 10 minut wykładniczo wpływa na chęć odbycia podróży. W ramach algorytmu możliwe jest zastosowanie np. funkcji logarytmicznej lub potęgowej.

5.3.5. Macierz znormalizowanych wartości kryteriów

Stworzono macierz Z znormalizowanych wartości kryteriów j w punktach i :

$$Z=[z_{ij}] \quad (225)$$

gdzie:

i – budynek mieszalny,

j – kryterium (np. czas dojścia na przystanek, liczba kursów...),

$z_{ij} \in [0,00;1,00]$ – znormalizowana wartość kryterium (0 – najmniejsze wykluczenie, 1 – największe wykluczenie).

Następnie tworzymy macierz V znormalizowanych wartości kryteriów j w punktach i przemnożonych przez wagę kryterium j :

$$V = W \cdot Z \quad (226)$$

gdzie:

$V=[v_{ij}]$ – znormalizowana wartość kryterium przemnożona przez wagę w ij ,

$W=[w_j]$ – waga kryterium j ,

$Z=[z_{ij}]$ – znormalizowana wartość kryterium w ij .

Dzięki temu kryteria o większych wagach mają większy wpływ na wynik końcowy.

Przypisanie wag w_j może odbyć się jedną z kilku metod:

- ekspercką/Fuzzy-AHP,
- entropii Shannona (obiektywną), tzn. większa zmienność oznacza większą wagę,
- równoważną (punkt wyjścia): $w_j = \frac{1}{m}$ (227)

m = liczba wszystkich cech użytych w analizie (np. czas dojścia, liczba kursów, niezawodność, koszt podróży...).

Wartości wag w_j powinny sumować się do 1, zostały one przypisane do ogółu mieszkańców obszaru lub do grup pasażerów (PRM).

5.3.6. Wyznaczenie wartości wskaźnika WK TOPSIS

Dla każdego kryterium j należy określić rozwiązanie idealne i antyidealne:

- punkt idealny v_j^+ → dla każdego kryterium j w zbiorze danych określić najlepszą wartość spośród wszystkich punktów, np. najkrótszy czas dojścia, największa dostępność kursów (powodując najmniejsze wykluczenie w ramach tego kryterium):

$$v_j^+ = \min_i v_{ij} \quad (228)$$

- punkt antyidealny v_j^- → dla każdego kryterium j w zbiorze danych określić najgorszą wartość spośród wszystkich punktów, np. najdłuższy czas dojścia, najmniej kursów (powodując największe wykluczenie w ramach tego kryterium):

$$v_j^- = \max_i v_{ij} \quad (229)$$

W metodzie TOPSIS należy wyznaczyć, który budynek i będzie bliżej ideału, a dalej od anty-ideału dla zbioru kryteriów. W tym celu policzone zostaną odległości euklidesowe (kwadratowe) oraz według metody Manhattan:

Wzory na odległość euklidesową, czyli geometryczną odległość w przestrzeni cech:

$$WK_i^+ = \sqrt{\sum_j (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad (230)$$

$$WK_i^- = \sqrt{\sum_j (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (231)$$

gdzie:

$WK_i^+ \in [0,00; 1,00]$ – odległość punktu i od rozwiązania idealnego (najlepszego),

$WK_i^- \in [0,00; 1,00]$ – odległość punktu i od rozwiązania antyidealnego (najgorszego).

Odległość ta mocniej akcentuje duże różnice w pojedynczych zmiennych (kwadrat wielkości).

Wzory na odległość Manhattan, czyli sumę różnic wzdłuż osi zmiennych:

$$WK_i^+ = \sum_j |v_{ij} - v_j^+| \quad (232)$$

$$WK_i^- = \sum_j |v_{ij} - v_j^-| \quad (233)$$

Metoda ta jest bardziej odporna na wartości odstające, ponieważ różnice liczone są liniowo, więc jest lepsza dla zmiennych, które mogą mieć „skoki” wartości lub są dyskretne (np. liczba przesiadek).

Ostatecznie, wyznaczono wskaźnik potencjalnego wykluczenia komunikacyjnego WK dla i -tego budynku według wzoru, uwzględniając oba powyższe rozkłady odległości:

$$WK_i = \frac{WK_i^+}{WK_i^+ + WK_i^-} \in [0,00; 1,00] \quad (234)$$

gdzie:

WK_i – wskaźnik potencjalnego wykluczenia komunikacyjnego dla i -tego budynku.

5.4. Interpretacja wskaźnika wykluczenia komunikacyjnego WK

Wskaźnik wykluczenia komunikacyjnego WK wyznaczono dla każdego i -tego budynku na terenie analizowanego obszaru według wzoru (234). Ustalono 10 klas interpretacyjnych współczynnika WK:

- $<0,00-0,10$) ekstremalnie niskie,
- $<0,10-0,20$) bardzo niskie,
- $<0,20-0,30$) niskie,
- $<0,30-0,40$) umiarkowanie niskie,
- $<0,40-0,50$) nieco niższe od średniego,
- $<0,50-0,60$) nieco wyższe od średniego,
- $<0,60-0,70$) umiarkowanie wysokie,
- $<0,70-0,80$) wysokie,
- $<0,80-0,90$) bardzo wysokie,
- $<0,90-1,00>$ ekstremalnie wysokie.

W ramach analizy najbardziej interesujące będzie rozpoznanie przypadków, w których wskaźnik osiąga wartości najwyższe i najniższe oraz wyjaśnienie przyczyn takich wartości. Analiza przyczyn doprowadzi do rozpoznania uwarunkowań, przy których wskaźnik osiąga wartości niskie i wysokie dla zadanego obszaru, co umożliwi planowanie działań, które należy podjąć w celu likwidacji wykluczenia komunikacyjnego.

Ważnym krokiem będzie analiza przyczynowa, czyli powiązanie wysokich wartości WK z konkretnymi uwarunkowaniami transportowymi i demograficznymi. Może to być np. duża odległość od przystanku komunikacji publicznej, brak bezpośredniego połączenia z ośrodkiem gminnym, niska częstotliwość kursowania linii czy brak integracji taryfowej. Z kolei niskie wartości WK mogą być związane z dostępem do wielu alternatywnych środków transportu, dużą częstotliwością kursów lub korzystnym położeniem przy głównych

korytarzach transportowych. Dzięki temu wskaźnik nie jest jedynie narzędziem diagnostycznym, ale również wskazuje kierunki działań naprawczych.

Wstępną analizę na pewno należy przeprowadzić na bazie punktów, dla których wyznaczono $WK \geq 0,6$ (klasa „umiarkowanie wysokie”) i $WK \geq 0,8$ („bardzo wysokie”), które będą wskazywać budynki o potencjalnym największym zagrożeniu wykluczeniem komunikacyjnym.

Dodatkowym elementem interpretacji wartości WK powinna być analiza ich rozrzutu i koncentracji w przestrzeni. Warto obliczyć podstawowe statystyki opisowe (średnia, mediana, decyle, odchylenie standardowe), które pozwolą ocenić, czy wykluczenie komunikacyjne w danym obszarze ma charakter powszechny (dotyczy szerokiego obszaru), czy raczej punktowy (pojedyncze, ale skrajne przypadki).

Należy również wyznaczać uogólnione wskaźniki dla całego obszaru, np. sołectwa, gminy bądź powiatu. Możliwe jest też wyznaczenie średniej ważonej np. ludnością zamieszkującą w budynkach na obszarze.

Wskaźnik zostanie również zwizualizowany przestrzennie na mapie w GIS pod postacią tzw. mapy ciepła (heatmap).

5.5. Możliwe zastosowania metody

5.5.1. Analizy prognostyczne

Metoda gotowa jest do prognozowania zmian wartości wskaźnika WK w zależności od zmiany wprowadzanych danych wejściowych. Prognoza może obejmować zmiany:

- struktury i położenia budynków mieszkalnych na rozważanym obszarze, zmiana polegać będzie na przygotowaniu nowego zestawu danych o budynkach wraz z ich współrzędnymi geograficznymi – możliwe jest umieszczenie np. zabudowy wynikającej z planów miejscowych czy planu ogólnego dla zadanego obszaru,
- sieci drogowej na badanym obszarze, np. wybudowanie nowej drogi, obwodnicy, którą mogą poruszać się piesi lub pojazdy PTZ,
- współrzędnych geograficznych punktów centralnych JST, względem których wyznaczana jest wartość wskaźnika WK,
- parametrów sieci komunikacyjnej (np. tras linii, dostępności przystanków i taboru, taryfy biletowej, wskaźnika niezawodności) oraz rozkładu jazdy, zapisanego w postaci cyfrowej za pomocą standardu GTFS,

- zdanych statystycznych w obszarze – wynikających z baz danych: BDL GUS, SEWIK, NSP (np. wypadkowość, liczba samochodów na 1000 mieszkańców, gęstość dróg rowerowych, wskaźnik ubóstwa, bezrobocia czy przeciętne wynagrodzenie).

Zastosowanie metody w kontekście planowanej sieci drogowej czy osadniczej w przyszłości może pozwolić zidentyfikować obszary z ryzykiem przyszłego wykluczenia komunikacyjnego np. na skutek suburbanizacji, depopulacji obszaru czy kryzysu finansowania transportu publicznego w samorządzie.

W ramach prognozy można sprawdzić zmiany wskaźnika w kilku scenariuszach wydarzeń: postępująca suburbanizacja (nowe osiedla daleko od dzisiejszej sieci drogowej i osadniczej), zmiany podaży PTZ, nowe drogi/linie, zmiana polityki taryfowej. Możliwe jest określenie scenariusza odniesienia: „*business as usual* (brak interwencji), „rozwojowego” (nowe linie, integracja taryf), „ograniczeń” (cięcia w finansowaniu PTZ) czy „modernizacyjnego” (wdrożenie zeroemisyjnego taboru) itd. w horyzoncie czasu np. 5, 10, 20 lat. Za odniesienie do planowanych zmian mogą posłużyć plany zrównoważonej mobilności miejskiej (SUMP) lub plany zagospodarowania przestrzennego (miejscowe lub ogólny).

Prognozy można też przeprowadzić w formie analizy wrażliwości, tzn. w jaki sposób zmiana parametrów wejściowych (np. wzrost ceny biletów o 20% przy podróżach międzygminnych), wpłynęłaby na wartość wskaźnika WK.

5.5.2. *Analizy ekonomiczne*

Założono możliwość adaptacji metodyki CBA (ang. *cost-benefit analysis* – analiza kosztów i korzyści) na potrzeby metody oceny redukcji WK. Wcześniej wykorzystywane zmienne można wykorzystać do oszacowania kosztów (C – *cost*) i korzyści (B – *benefit*), jeśli parametry ulegną zmianie. Po zidentyfikowaniu kosztów i korzyści, powinny być one przekształcone w wartości pieniężne. W tym celu stosuje się różne metody szacunkowe, np. analizy rynkowe, badania opinii publicznej, czy wyceny eksperckie. Następnie, za pomocą analizy czasowej, koszty i korzyści są dyskontowane do wartości bieżącej, aby uwzględnić wartość pieniądza w czasie. Ostatecznym krokiem jest porównanie sumy zdyskontowanych kosztów i korzyści, co pozwala ocenić opłacalność projektu lub decyzji. Metoda może pozwolić ocenić efektywność interwencji publicznej (np. uruchomienie połączenia kolejowego) w kontekście dostępnych zasobów i potrzeb mieszkańców.

Rozwinięcie modułu analizy ekonomicznej powinno uwzględniać, że w przypadku działań na rzecz ograniczania wykluczenia komunikacyjnego korzyści mają często charakter

zarówno bezpośredni, jak i pośredni. Do korzyści bezpośrednich można zaliczyć poprawę dostępności mieszkańców do miejsc pracy, edukacji czy usług publicznych. Korzyści pośrednie obejmują natomiast redukcję emisji spalin dzięki przesunięciu podróży z transportu indywidualnego do zbiorowego, poprawę spójności społecznej, wzrost atrakcyjności inwestycyjnej gminy czy zmniejszenie kosztów społecznych wypadków drogowych. Dzięki powiązaniu wskaźnika WK z modulem ekonomicznym możliwe stanie się przypisanie wartości pieniężnej efektom społecznym, które w klasycznych analizach bywały pomijane.

Kolejnym ważnym aspektem jest identyfikacja kosztów, które nie ograniczają się wyłącznie do wydatków inwestycyjnych czy bieżących kosztów funkcjonowania transportu publicznego. Do kategorii kosztów należy zaliczyć również koszty alternatywne (utracone korzyści w sytuacji zaniechania inwestycji), a także negatywne efekty zewnętrzne, np. zwiększony hałas, zajęcie terenów pod infrastrukturę czy koszty środowiskowe. Dzięki temu bilans ekonomiczny projektu będzie pełny i uwzględni nie tylko wymiar finansowy, ale także szerszy wpływ społeczny i przestrzenny.

W module analizy ekonomicznej warto również uwzględnić podejście scenariuszowe. Poszczególne warianty rozwoju (np. uruchomienie dodatkowej linii autobusowej, budowa nowego przystanku kolejowego, integracja taryfowa) mogą być porównane między sobą nie tylko pod względem wartości wskaźnika WK, ale również bilansu kosztów i korzyści. Pozwala to wskazać wariant najbardziej efektywny ekonomicznie oraz społecznie, a także określić minimalny zakres działań konieczny do osiągnięcia oczekiwanej poprawy wskaźnika.

Wreszcie, moduł CBA w odniesieniu do wykluczenia komunikacyjnego powinien przewidywać zastosowanie dyskontowania i analizy wrażliwości. Pierwsze z tych narzędzi pozwala na uwzględnienie długofalowych efektów (np. utrzymania spójności społecznej czy wpływu na demografię), drugie natomiast umożliwia sprawdzenie, jak wahania kluczowych parametrów (np. liczby pasażerów, kosztów operacyjnych, cen paliwa) wpływają na wynik bilansu. Dzięki temu analiza staje się bardziej wiarygodna i odporna na niepewność, która jest nieodłącznym elementem prognozowania rozwoju transportu i zjawisk społecznych.

5.6. Podsumowanie najważniejszych cech metody

Podkreślić należy kompleksowość opracowanej metody, tzn. połączenie danych różnego typu; elastyczność polegającą na możliwości oceny WK różnych grup społecznych, gotowość do bycia wykorzystanym w prognozach oraz możliwości uwzględnienia transportu na żądanie. Metoda pozwala też analizować faktyczną użyteczność rozkładu jazdy, jaki

obowiązuje na określonym obszarze, sprawdzając dojazdy z miejsc zamieszkania do celu podróży w obu kierunkach. Najważniejsze cechy metody wraz z wyjaśnieniem ich znaczenia zawiera Tabela 15.

Tabela 15. Główne cechy opracowanej metody oceny wykluczenia komunikacyjnego

Element	Opis
Kompleksowość	Łączy dane ilościowe i jakościowe, przestrzenne i społeczne
Elastyczność	Możliwość dostosowania wskaźników do różnych grup społecznych, możliwość zmiany wykorzystywanych wskaźników
Możliwość prognozowania	Może uwzględniać zmiany demograficzne i przestrzenne w przyszłości, poprzez zmianę np. bazy danych budynków mieszkalnych i celów podróży
Uwzględnienie TnŻ (Transportu na Żądanie)	Włącza możliwość obliczeń na bazie transportu na żądanie do oceny wykluczenia komunikacyjnego (o ile dostarczone zostaną dane GTFS)
Użyteczność	Analizuje nie tylko fizyczną dostępność, ale też jej użyteczność pod kątem określonych celów podróży

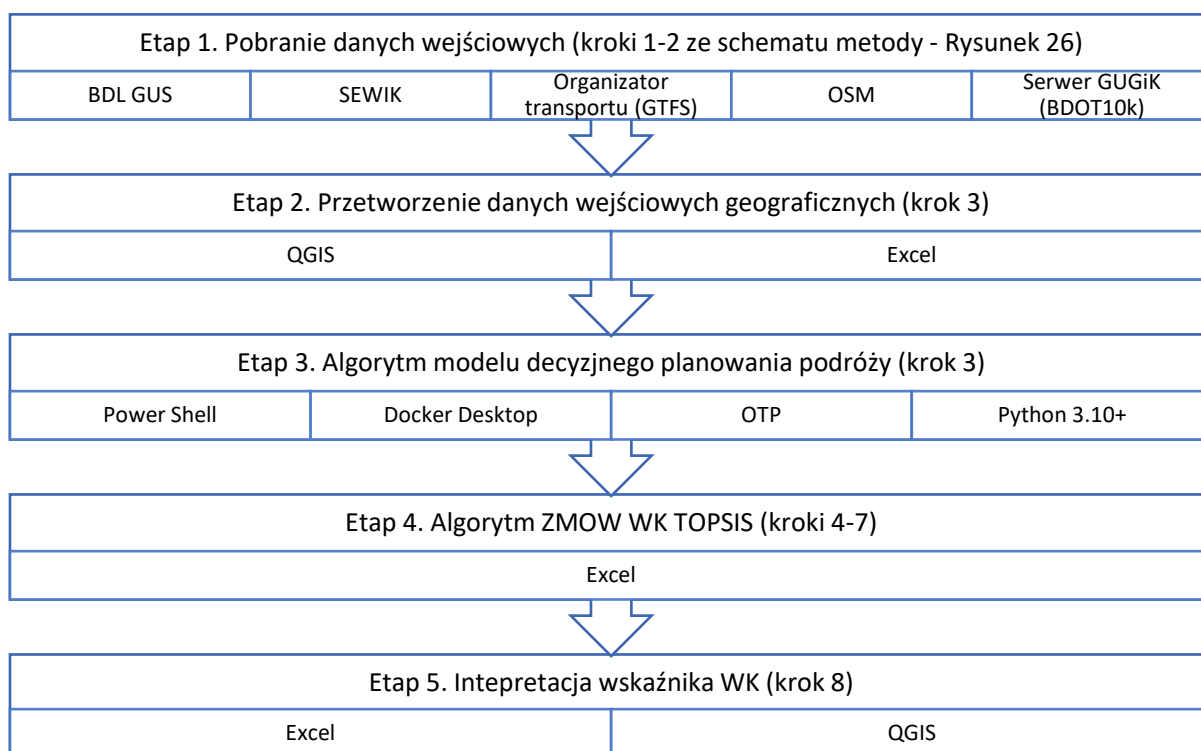
Źródło: opracowanie własne

6. Implementacja komputerowa metody oceny wykluczenia komunikacyjnego

6.1. Ocena wykluczenia komunikacyjnego w oparciu o oprogramowanie i bazy danych

Do zastosowania metody ZMOW WK wykorzystano szereg narzędzi (programów) i cyfrowych baz danych. Wykorzystane elementy przedstawia Rysunek 28.

Rysunek 28. Oprogramowanie i bazy danych użyte w metodzie ZMOW WK



Źródło: opracowanie własne

W ramach etapu 1 gromadzone są dane źródłowe, które stanowią podstawę dalszych analiz, tj. dane społeczne, transportowe i ekonomiczne (BDL GUS), o wypadkach drogowych (SEWIK), cyfrowy rozkład jazdy (GTFS), dane o sieci drogowej, kolejowej i pieszej (OSM) oraz o budynkach mieszkalnych (GUGiK BDOT10k), służące do lokalizacji miejsc zamieszkania. Celem jest zebranie maksymalnie pełnego zestawu danych wejściowych.

Etap 2 pozwala przetworzyć surowe dane przestrzenne na postać przydatną do wyznaczenia wskaźnika, tzn. tworzony jest zestaw punktów reprezentujących budynki mieszkalne wraz z ich współrzędnymi geograficznymi, które zasilają algorytm wyszukiwania podróży. Baza gromadzona jest jako plik .csv przygotowywany w Excelu, gdzie do każdego

źródła podróży przypisywane są 3 cele podróży (związane z gminą, powiatem i miastem wojewódzkim).

W etapie 3 uruchamiany jest algorytm wyszukiwania podróży Open Trip Planner (OTP) w wirtualnym środowisku Docker Desktop. Do uruchomienia środowiska i algorytmu pomocny jest wiersz poleceń PowerShell. Wykorzystywany jest on także do uruchomienia algorytmu automatycznego odpytywania OTP, napisanego w Pythonie, który pozwala na równoległe odpytywanie o podróże z wielu źródeł i celów podróży. Wynikiem pracy algorytmu jest plik .csv wyjściowy z danymi o czasach poświęconych na podróż, czasie podróży, czasie przejść pieszych, rekomendowanych liniach podróży i liczbie przesiadek. Celem tego etapu jest faktyczne obliczenie dostępności czasowej dla badanego zbioru budynków.

W etapie 4 przetwarzane są wszystkie wcześniej pozyskane parametry, umieszczane w jednym arkuszu Excel. W arkuszu zrealizowana została metoda wielokryterialnej oceny ZMOW WK TOPSIS. W arkuszu przypisano wagi poszczególnym wskaźnikom, następnie ich wartości są normalizowane i porównywane z rozwiązaniem idealnym i antyidealnym. Wynikiem jest ujednolicony wskaźnik WK w przedziale wartości $<0,00-1,00>$ dla każdego budynku. Celem tego etapu jest sprowadzenie wartości wielu kryteriów do jednego wskaźnika WK wyznaczanego dla każdego budynku mieszkalnego na analizowanym obszarze.

Etap 5 to interpretacja wskaźnika WK. Wyznaczone wartości są analizowane zarówno statystycznie (średnia, odchylenie standardowe, klasy interpretacyjne), jak i przestrzennie. Excel umożliwia analizę tabelaryczną, tworzenie wykresów i podsumować wartość wskaźnika, natomiast QGIS pozwala na wizualizację wyników w przestrzeni w formie mapy ciepła (heatmap). Celem tego etapu jest m.in. identyfikacja obszarów o wysokim i niskim ryzyku wykluczenia komunikacyjnego i przygotowanie materiału do podejmowania decyzji.

6.2. Charakterystyka ogólna oprogramowania

6.2.1. QGIS

QGIS (ang. Quantum GIS) to otwarte oprogramowanie typu GIS (Geographic Information System), służące do przetwarzania, analizy i wizualizacji danych przestrzennych. Jest jednym z najpopularniejszych narzędzi w swojej kategorii, cenionym zarówno w środowisku naukowym, jak i w administracji publicznej oraz w sektorze komercyjnym.

Podstawową zaletą programu QGIS jest jego otwarty kod źródłowy i bezpłatna dostępność, co pozwala na szerokie zastosowanie bez ograniczeń licencyjnych. Program jest

rozwijany przez międzynarodową społeczność użytkowników i programistów, a nowe funkcje i rozszerzenia są systematycznie dodawane poprzez wtyczki (plugins) oraz aktualizacje.

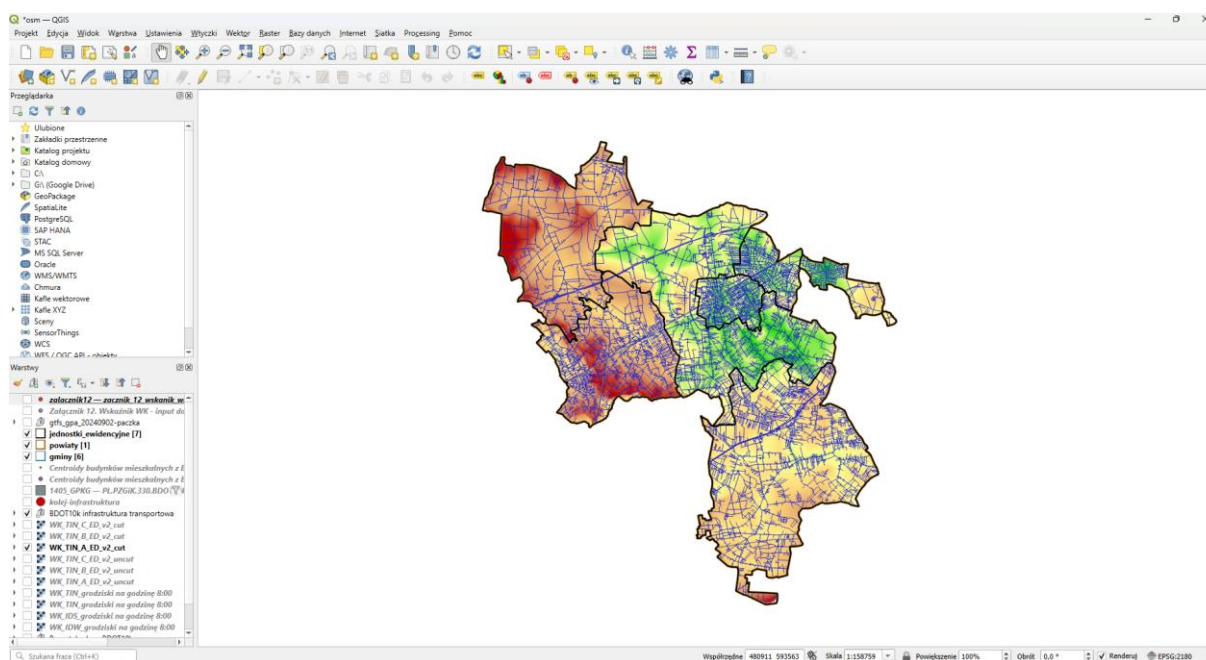
QGIS obsługuje różnorodne formaty danych przestrzennych, zarówno rastrowych (np. GeoTIFF, IMG), jak i wektorowych (np. Shapefile, GeoJSON, GPKG), a także umożliwia bezpośrednie połączenia z bazami danych przestrzennych (PostGIS, SpatiaLite) i usługami sieciowymi (WMS, WFS, WMTS). Dzięki temu stanowi elastyczne środowisko do integracji danych pochodzących z wielu źródeł.

Program oferuje bogaty zestaw narzędzi do analizy przestrzennej, takich jak: geoprzetwarzanie (buforowanie, przecięcia, łączenie), interpolacje, modelowanie terenu, analizy sieciowe czy tworzenie map ciepła. Wbudowany Model Builder i obsługa języków skryptowych (Python, PyQGIS) umożliwiają automatyzację i powtarzalność procesów analitycznych [210].

W wyznaczaniu wskaźnika WK, QGIS pełni rolę w dwóch etapach. Pierwszym z nich jest przetworzenie danych wejściowych geograficznych. Za jego pomocą integrowane i wizualizowane są źródła danych, takie jak budynki mieszkalne z bazy BDOT10k, sieć drogowa i piesza z OSM, sieć transportu publicznego z GTFS czy granice administracyjne z GUGiK. Program umożliwia ich dopasowanie do jednolitego układu współrzędnych oraz przycinanie do analizowanego obszaru. W QGIS-ie wyznacza się również lokalizacje punktów reprezentujących budynki mieszkalne oraz potencjalne punkty centralne JST, które stanowią podstawę do późniejszych obliczeń w algorytmie ZMOW WK.

Drugim istotnym zastosowaniem programu jest wizualizacja i interpretacja rezultatów obliczeń wskaźnika WK. Po uzyskaniu wartości dla poszczególnych budynków, dane są nanoszone na mapy w postaci warstw tematycznych, co pozwala zobrazować przestrzenne zróżnicowanie poziomu wykluczenia komunikacyjnego. W zależności od potrzeb stosuje się różne metody prezentacji: mapy ciepła (*heatmap*) – por. Rysunek 29, kartogramy czy izolinie dostępności. Połączenie wyników WK z innymi warstwami – np. gęstością zaludnienia, przebiegiem linii komunikacji zbiorowej czy wskaźnikami społeczno-ekonomicznymi – umożliwia analizę i wskazanie obszarów szczególnie zagrożonych wykluczeniem. Dzięki temu QGIS staje się nie tylko narzędziem technicznym, lecz także analitycznym.

Rysunek 29. Okno programu QGIS z mapą ciepła wskaźnika WK



Źródło: opracowanie własne

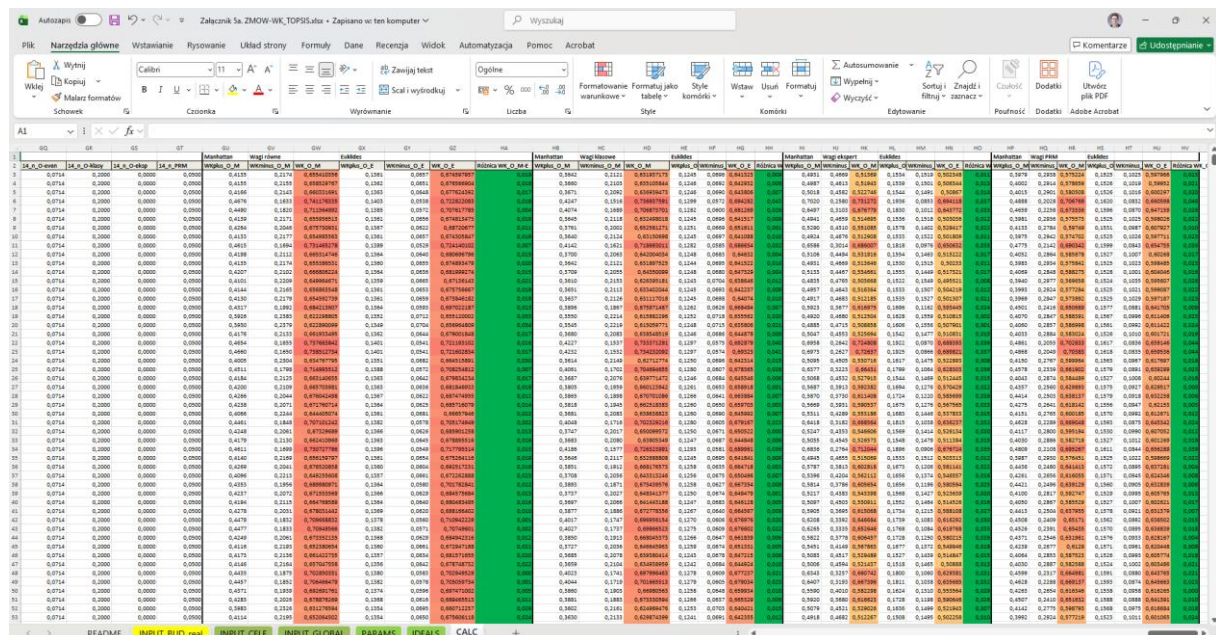
6.2.2. Excel

Microsoft Excel to jedno z najczęściej używanych narzędzi do analizy danych i obliczeń. Dzięki szerokiemu zestawowi funkcji matematycznych, statystycznych i finansowych, a także możliwości tworzenia tabel przestawnych i wykresów, stanowi wszechstronną platformę do przetwarzania informacji.

Program obsługuje import i eksport danych z wielu źródeł (CSV, TXT, XML, bazy danych), co czyni go przydatnym narzędziem do integracji informacji pochodzących z różnych systemów. Szczególnie istotną funkcjonalnością Excela jest możliwość stosowania formuł wielokryterialnych oraz narzędzi do analizy wielowymiarowej, co ułatwia przeprowadzanie porównań i ocen w ramach złożonych procesów decyzyjnych. Dzięki temu znajduje on zastosowanie zarówno w prostych zestawieniach tabelarycznych, jak i w zaawansowanych analizach ekonomicznych czy metodach MCDM.

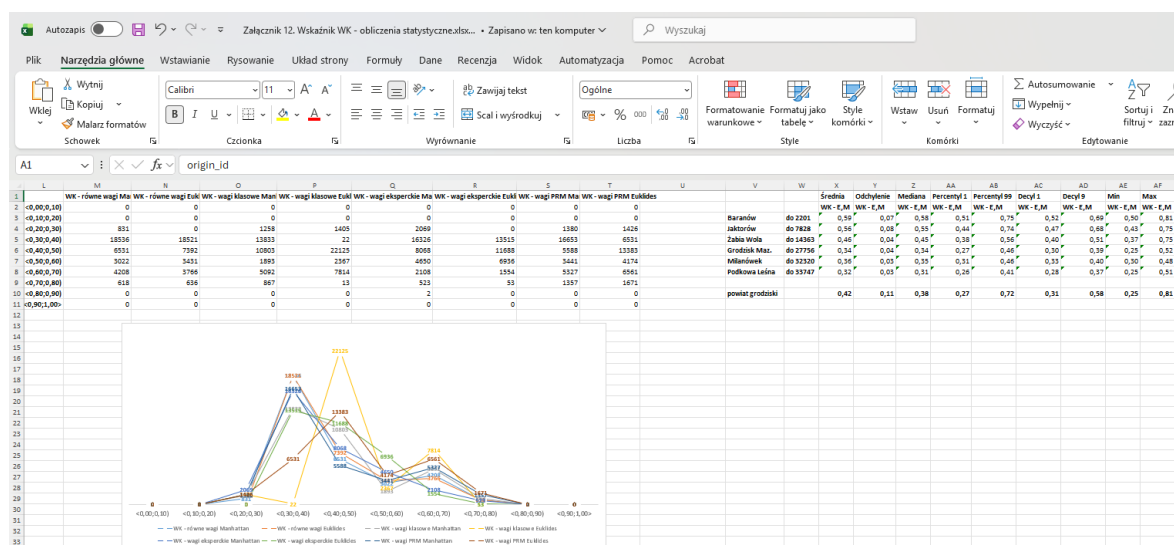
W opracowaniu wskaźnika WK Excel pełni kluczową rolę w części obliczeniowej. Do arkuszy kalkulacyjnych trafiają dane wynikowe z algorytmu wyszukiwania podróży (czas poświęcony na podróż, czas dojść pieszych czy liczba przesiadek) i pozostałe dane statystyczne, które następnie podlegają normalizacji i ważeniu. W środowisku Excel możliwe jest porównanie wartości kryteriów względem rozwiązania idealnego i antyidealnego, a tym samym wyznaczenie wskaźnika WK metodą TOPSIS dla każdego budynku (por. Rysunek

Rysunek 30. Wyznaczenie wartości wskaźnika WK dla każdego budynku w Excelu



Drugim ważnym zastosowaniem Excela jest analiza i prezentacja wyników w formie tabelarycznej i graficznej. Program umożliwia przygotowanie zestawień zbiorczych (np. średnich wartości WK dla gmin czy powiatów), a także wizualizacji w postaci wykresów. Dzięki temu Excel nie tylko wspiera obliczenia, ale również ułatwia interpretację wyników i ich prezentację w czytelnej formie (por. Rysunek 31).

Rysunek 31. Opracowanie wyników wskaźnika WK w Excelu

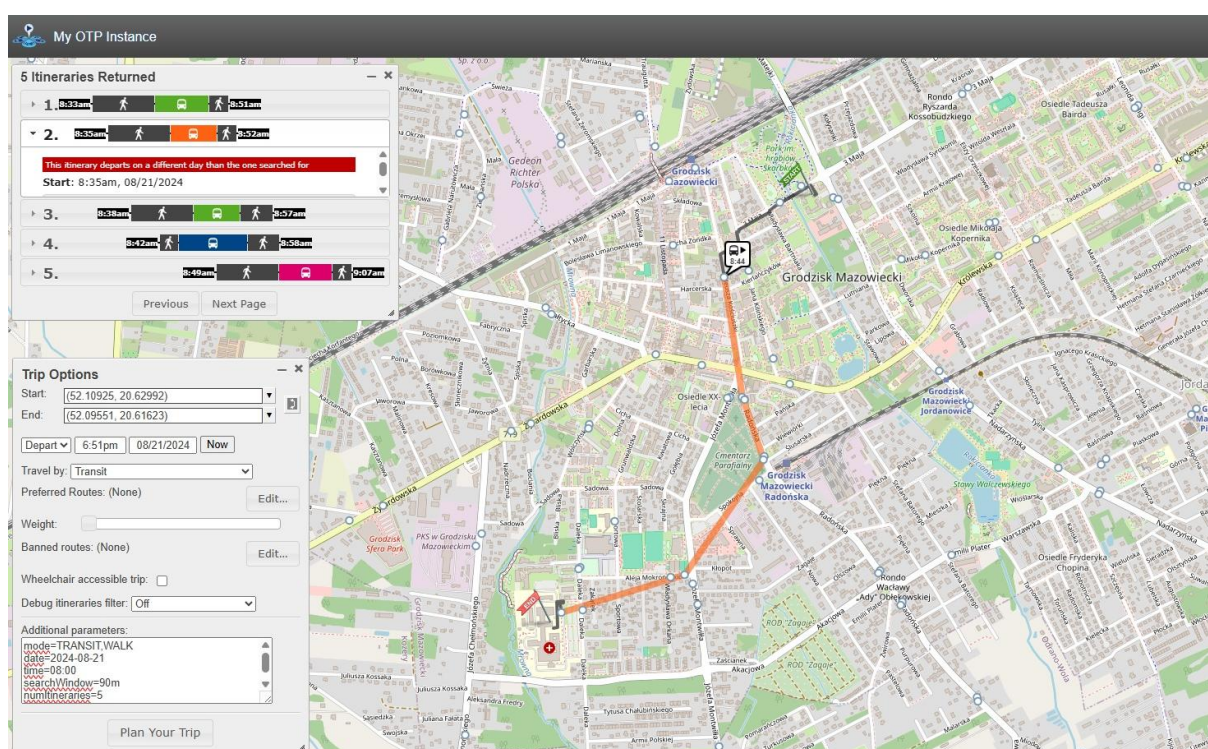


Źródło: opracowanie własne

6.2.3. Open trip planner

OpenTripPlanner (OTP) to multimodalny planer podróży o otwartym kodzie źródłowym, koncentrujący się na podróżach PTZ w połączeniu z jazdą na rowerze, chodzeniem pieszo oraz usługami mobilnymi, takimi jak współdzielone rowery i zamawianie przejazdów (przykład wyszukania podróży zawiera Rysunek 32). Komponent serwerowy działa na dowolnej platformie z maszyną wirtualną Java (w tym Linux, Mac i Windows). Udostępnia interfejsy API GraphQL, do których dostęp mają różni klienci, w tym komponenty Javascript o otwartym kodzie źródłowym oraz natywne aplikacje mobilne.

Rysunek 32. Komponent przeglądarki do wyszukiwania podróży w aplikacji OTP



Źródło: opracowanie własne

Reprezentację sieci transportowej buduje za pomocą grafu (por. Rysunek 33), który tworzony jest na podstawie otwartych danych w standardowych formatach plików (głównie GTFS i OpenStreetMap) – por. Rysunek 34. Graf łączy więc dane transportowe w formatach GTFS – opisujące rozkłady jazdy komunikacji zbiorowej – oraz OSM, które zawierają informacje o sieci drogowej, szybowej i tras pieszych.

Najczęściej używanym komponentem OpenTripPlanner jest aplikacja Java po stronie serwera, zaprojektowana głównie do interpretowania i łączenia map, usług transportu publicznego i innych zbiorów danych dotyczących mobilności, zapewniając punkty końcowe API, które odbierają dane o użytkownikach dotyczące miejsca rozpoczęcia i zakończenia podróży oraz plany podróży powrotnych do innych aplikacji, a także kafelki mapy wektorowej, przystanki odjazdów i inne informacje o pasażerach.

Baza kodu jest rozwijana od piętnastu lat i wykorzystywana przez organizatorów PTZ oraz twórców aplikacji mobilnych do planowania podróży na całym świecie. OTP jest udostępniany na licencji LGPL. Obecna wersja algorytmu OTP to 2.7.0., natomiast w niniejszym opracowaniu użyto stabilnej wersji 2.5.0. OTP wdrożono na świecie w ramach aplikacji rządowych lub budowanych organizatorów PTZ w następujących krajach lub miastach: Islandia, Norwegia i Finlandia (aplikacje krajowe), Lipsk i Dolna Saksonia (Niemcy), Nowy Jork i Los Angeles (USA) oraz Walencja (Hiszpania).

System opiera się na algorytmach optymalizacji tras (m.in. RAPTOR, A*), co pozwala obliczać czas podróży, liczbę przesiadek i inne parametry podróży. Dzięki otwartemu kodowi źródłowemu OTP znajduje zastosowanie zarówno w zapewnianiu informacji pasażerskiej, jak i w badaniach naukowych czy analizach planistycznych.

W metodzie ZMOW WK, OTP odpowiada za wyznaczenie parametrów podróży. Po wgraniu danych GTFS i OSM do środowiska OTP możliwe jest przeprowadzenie symulacji podróży z każdego budynku mieszkalnego do wyznaczonych punktów centralnych JST. Algorytm zwraca m.in. czas poświęcony na podróż, czas pieszych przejść, liczbę przesiadek, wytrasowane połączenia czy czas spędzony w pojeździe. Dane te są danymi wejściowymi w dalszym etapie oceny wielokryterialnej.

Drugim zastosowaniem OTP jest możliwość analizowania różnych scenariuszy funkcjonowania PTZ. Dzięki modyfikacjom w plikach GTFS można symulować uruchomienie nowych linii, zmianę rozkładów jazdy czy ograniczenie oferty przewozowej i natychmiast sprawdzić, jak te zmiany wpływają na wartości wskaźnika WK. OTP umożliwia także badanie dostępności w określonych oknach czasowych (np. dojazd na 8:00), co odzwierciedla rzeczywiste potrzeby mieszkańców.

Alternatywnym, możliwym do wykorzystania, narzędziem był algorytm R5 (z ang. *Rapid Realistic Routing on Real-world and Reimagined networks*), czyli szybkiego i realistycznego trasowania w sieciach rzeczywistych i wyobrażonych na nowo. Chociaż ten

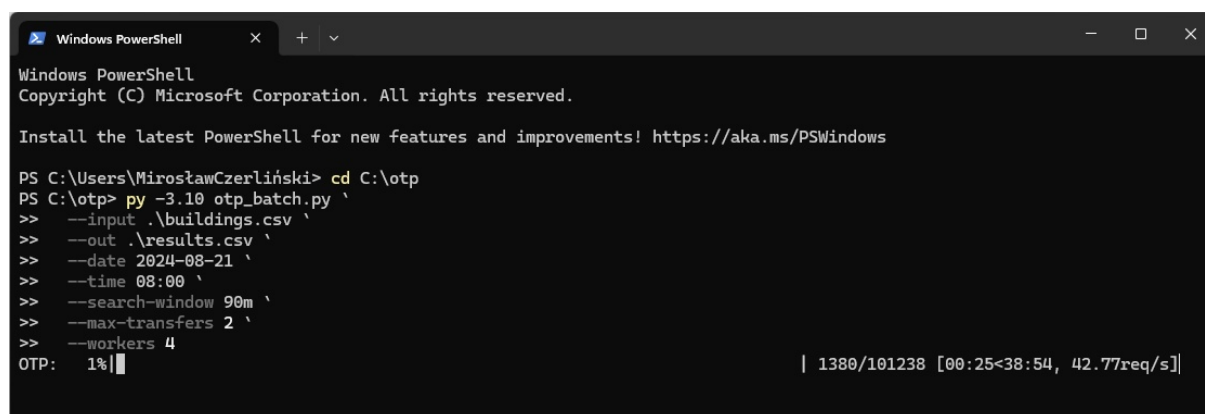
algorytm działa sieciowo i umożliwia przeprowadzenie zapytań wiele-do-wielu w ramach interfejsu, jego wyniki są mniej dokładne niż algorytmu OTP pod względem przypisania do relacji konkretnych połączeń, określenia trasy przejazdu i wyznaczania tras alternatywnych [241].

6.2.4. *Power Shell*

PowerShell to powłoka systemowa oraz język skryptowy rozwijany przez Microsoft, przeznaczony do automatyzacji zadań i zarządzania środowiskiem Windows (a obecnie również Linux i macOS). Umożliwia obsługę plików, procesów i usług systemowych, a także uruchamianie poleceń w sposób sekwencyjny i skryptowy.

W ocenie wykluczenia komunikacyjnego PowerShell pełni rolę narzędzia do uruchamiania wsadowych obliczeń w środowisku OpenTripPlanner. Umożliwia wykonywanie skryptów (otp_batch.py) z określonymi parametrami wejściowymi (data, godzina dojazdu, tryby podróży, liczba iteracji), a tym samym masowe przetwarzanie relacji budynek-punkt centralny. Dzięki temu proces wyznaczania czasów podróży może być w pełni zautomatyzowany i powtarzalny, bez konieczności ręcznej obsługi tysięcy zapytań – por. Rysunek 35.

Rysunek 35. Uruchomienie programu do wielokrotnego odpytywania OTP w PowerShellu



```
Windows PowerShell
Copyright (C) Microsoft Corporation. All rights reserved.

Install the latest PowerShell for new features and improvements! https://aka.ms/PSWindows

PS C:\Users\MirosławCzerliński> cd C:\otp
PS C:\otp> py -3.10 otp_batch.py `
>> --input .\buildings.csv `
>> --out .\results.csv `
>> --date 2024-08-21 `
>> --time 08:00 `
>> --search-window 90m `
>> --max-transfers 2 `
>> --workers 4
OTP: 1% | 1380/101238 [00:25<38:54, 42.77req/s]
```

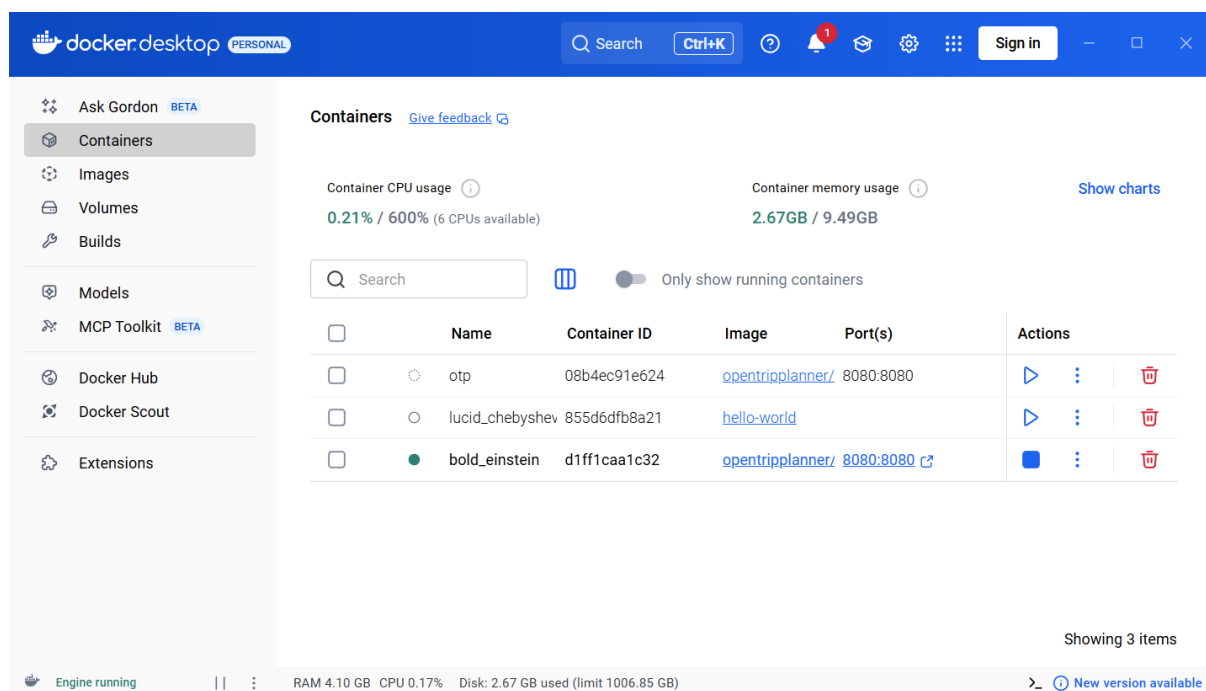
Źródło: opracowanie własne

6.2.5. *Docker Desktop*

Docker to platforma do wirtualizacji kontenerowej, która umożliwia uruchamianie aplikacji w izolowanym i powtarzalnym środowisku. Kontenery Dockera zawierają zarówno aplikację, jak i wszystkie jej zależności (biblioteki, konfiguracje), co zapewnia pełną przenośność i zgodność działania na różnych komputerach i serwerach. Docker jest szczególnie ceniony w projektach badawczych i analitycznych, gdzie kluczowe jest szybkie uruchomienie złożonych środowisk bez potrzeby ręcznej konfiguracji.

Program służy do uruchamiania instancji OpenTripPlanner wraz z danymi wejściowymi GTFS i OSM. Dzięki temu OTP może być łatwo uruchomiony lokalnie w jednolitym środowisku, niezależnie od systemu operacyjnego czy wersji oprogramowania (por. Rysunek 36). Docker zapewnia stabilność i możliwość równoległego wykonywania obliczeń w wielu instancjach, co przyspiesza proces analiz. Ułatwia to także odtwarzalność wyników – każdy badacz może uruchomić identyczne środowisko na swoim komputerze.

Rysunek 36. Uruchomiona instancja OTP na maszynie wirtualnej w Docker Desktop



Źródło: opracowanie własne

6.2.6. Python 3.10+

Jeden z najpopularniejszych języków programowania, ceniony za czytelność składni i ogromną liczbę bibliotek do analizy danych, uczenia maszynowego, automatyzacji i wsparcie pracy z GIS. W badaniach transportowych Python znajduje zastosowanie m.in. w analizie plików GTFS, przetwarzaniu danych przestrzennych, integracji z API systemów planowania podróży czy w implementacji metod wielokryterialnych.

Przy opracowaniu wskaźnika ZMOW WK Python pełni funkcję automatyzacji i integracji obliczeń. Skrypt `otp_batch.py` (por. Rysunek 37) uruchamiany w Pythonie komunikuje się z uruchomionym na maszynie wirtualnej serwerem OTP, wysyła zapytania dla każdej relacji budynek-punkt centralny i zapisuje wyniki w plikach CSV (por. Rysunek 38). Dzięki temu proces jest skalowalny i pozwala szybko generować duże bazy danych czasów podróży i innych parametrów wyznaczonych tras.

Rysunek 37. Fragment kodu służącego do odpytywania OTP o parametry podróży, napisany w języku Python

```
run_timeseries_15m_sample_every40.ps1
1 # =====
2 # run_timeseries_15m_sample_every40.ps1
3 # OUTBOUND = arrive-by, RETURN = depart-by
4 # Slot = 15 min, Sample every 40th origin_id
5 # =====
6
7 [CmdletBinding()]
8 param(
9     [int]$EveryK = 40,      # take every 40th origin_id
10    [int]$EveryKOffset = 0,  # offset: 0->40,80,... ; 1->1,41,81,...
11    [string[]]$Dates = @("2024-09-11","2024-09-14","2024-09-15"),
12    [int]$SlotMinutes = 15,
13    [string]$Base = "C:\otp",
14    [string]$ScriptPath = "C:\otp\otp_batch.py",
15    [string]$OtpUrl = "http://localhost:8080/otp/routers/default",
16    [string]$RoutingDefaults = "C:\otp\build\router-config.json",
17    [string]$InputAll = "C:\otp\buildings.csv",
18    [string]$InputSample = "C:\otp\sampled_origins.csv",
19    [string]$OutputPath = "C:\otp\results_15m_every40_with_meta.csv",
20    [int]$Workers = 16
21 )
22
23 $ErrorActionPreference = "Stop"
24 Write-Host "=== run_timeseries_15m_sample_every40.ps1 ==="
25
26 $COMMON = @(
27     "--otp-url", $OtpUrl,
28     "--input", $InputSample,
29     "--modes", "TRANSIT,WALK",
30     "--search-window", "3600",
31     "--num-itineraries", "1",
32     "--max-transfers", "4",
33     "--routing-defaults", $RoutingDefaults,
34     "--workers", $Workers,
35     "--progress-total-full"
36 )
37
38 function Get-Delimiter([string]$csvPath) {
39     $first = Get-Content -Path $csvPath -TotalCount 1 -ErrorAction Stop
40     if ($first -match ';') { ';' } else { ',' }
41 }
```

Źródło: opracowanie własne

Rysunek 38. Fragment danych wygenerowanych przez skrypt napisany w Pythonie, odpytujący OTP o parametry podróży

id	data_time	id1	t_acc1	t_p1	t_d1	id2	t_acc2	t_p2	t_d2	id3	t_acc3	t_p3	t_d3	id4	t_acc4	t_p4	t_d4	id5	t_acc5	t_p5	t_d5	id6	t_acc6	t_p6	t_d6	id7	t_acc7	t_p7	t_d7	id8	t_acc8	t_p8	t_d8	id9	t_acc9	t_p9	t_d9	id10	t_acc10	t_p10	t_d10	id11	t_acc11	t_p11	t_d11	id12	t_acc12	t_p12	t_d12	id13	t_acc13	t_p13	t_d13	id14	t_acc14	t_p14	t_d14	id15	t_acc15	t_p15	t_d15	id16	t_acc16	t_p16	t_d16	id17	t_acc17	t_p17	t_d17	id18	t_acc18	t_p18	t_d18	id19	t_acc19	t_p19	t_d19	id20	t_acc20	t_p20	t_d20	id21	t_acc21	t_p21	t_d21	id22	t_acc22	t_p22	t_d22	id23	t_acc23	t_p23	t_d23	id24	t_acc24	t_p24	t_d24	id25	t_acc25	t_p25	t_d25	id26	t_acc26	t_p26	t_d26	id27	t_acc27	t_p27	t_d27	id28	t_acc28	t_p28	t_d28	id29	t_acc29	t_p29	t_d29	id30	t_acc30	t_p30	t_d30	id31	t_acc31	t_p31	t_d31	id32	t_acc32	t_p32	t_d32	id33	t_acc33	t_p33	t_d33	id34	t_acc34	t_p34	t_d34	id35	t_acc35	t_p35	t_d35	id36	t_acc36	t_p36	t_d36	id37	t_acc37	t_p37	t_d37	id38	t_acc38	t_p38	t_d38	id39	t_acc39	t_p39	t_d39	id40	t_acc40	t_p40	t_d40	id41	t_acc41	t_p41	t_d41	id42	t_acc42	t_p42	t_d42	id43	t_acc43	t_p43	t_d43	id44	t_acc44	t_p44	t_d44	id45	t_acc45	t_p45	t_d45	id46	t_acc46	t_p46	t_d46	id47	t_acc47	t_p47	t_d47	id48	t_acc48	t_p48	t_d48	id49	t_acc49	t_p49	t_d49	id50	t_acc50	t_p50	t_d50	id51	t_acc51	t_p51	t_d51	id52	t_acc52	t_p52	t_d52	id53	t_acc53	t_p53	t_d53	id54	t_acc54	t_p54	t_d54	id55	t_acc55	t_p55	t_d55	id56	t_acc56	t_p56	t_d56	id57	t_acc57	t_p57	t_d57	id58	t_acc58	t_p58	t_d58	id59	t_acc59	t_p59	t_d59	id60	t_acc60	t_p60	t_d60	id61	t_acc61	t_p61	t_d61	id62	t_acc62	t_p62	t_d62	id63	t_acc63	t_p63	t_d63	id64	t_acc64	t_p64	t_d64	id65	t_acc65	t_p65	t_d65	id66	t_acc66	t_p66	t_d66	id67	t_acc67	t_p67	t_d67	id68	t_acc68	t_p68	t_d68	id69	t_acc69	t_p69	t_d69	id70	t_acc70	t_p70	t_d70	id71	t_acc71	t_p71	t_d71	id72	t_acc72	t_p72	t_d72	id73	t_acc73	t_p73	t_d73	id74	t_acc74	t_p74	t_d74	id75	t_acc75	t_p75	t_d75	id76	t_acc76	t_p76	t_d76	id77	t_acc77	t_p77	t_d77	id78	t_acc78	t_p78	t_d78	id79	t_acc79	t_p79	t_d79	id80	t_acc80	t_p80	t_d80	id81	t_acc81	t_p81	t_d81	id82	t_acc82	t_p82	t_d82	id83	t_acc83	t_p83	t_d83	id84	t_acc84	t_p84	t_d84	id85	t_acc85	t_p85	t_d85	id86	t_acc86	t_p86	t_d86	id87	t_acc87	t_p87	t_d87	id88	t_acc88	t_p88	t_d88	id89	t_acc89	t_p89	t_d89	id90	t_acc90	t_p90	t_d90	id91	t_acc91	t_p91	t_d91	id92	t_acc92	t_p92	t_d92	id93	t_acc93	t_p93	t_d93	id94	t_acc94	t_p94	t_d94	id95	t_acc95	t_p95	t_d95	id96	t_acc96	t_p96	t_d96	id97	t_acc97	t_p97	t_d97	id98	t_acc98	t_p98	t_d98	id99	t_acc99	t_p99	t_d99	id100	t_acc100	t_p100	t_d100	id101	t_acc101	t_p101	t_d101	id102	t_acc102	t_p102	t_d102	id103	t_acc103	t_p103	t_d103	id104	t_acc104	t_p104	t_d104	id105	t_acc105	t_p105	t_d105	id106	t_acc106	t_p106	t_d106	id107	t_acc107	t_p107	t_d107	id108	t_acc108	t_p108	t_d108	id109	t_acc109	t_p109	t_d109	id110	t_acc110	t_p110	t_d110	id111	t_acc111	t_p111	t_d111	id112	t_acc112	t_p112	t_d112	id113	t_acc113	t_p113	t_d113	id114	t_acc114	t_p114	t_d114	id115	t_acc115	t_p115	t_d115	id116	t_acc116	t_p116	t_d116	id117	t_acc117	t_p117	t_d117	id118	t_acc118	t_p118	t_d118	id119	t_acc119	t_p119	t_d119	id120	t_acc120	t_p120	t_d120	id121	t_acc121	t_p121	t_d121	id122	t_acc122	t_p122	t_d122	id123	t_acc123	t_p123	t_d123	id124	t_acc124	t_p124	t_d124	id125	t_acc125	t_p125	t_d125	id126	t_acc126	t_p126	t_d126	id127	t_acc127	t_p127	t_d127	id128	t_acc128	t_p128	t_d128	id129	t_acc129	t_p129	t_d129	id130	t_acc130	t_p130	t_d130	id131	t_acc131	t_p131	t_d131	id132	t_acc132	t_p132	t_d132	id133	t_acc133	t_p133	t_d133	id134	t_acc134	t_p134	t_d134	id135	t_acc135	t_p135	t_d135	id136	t_acc136	t_p136	t_d136	id137	t_acc137	t_p137	t_d137	id138	t_acc138	t_p138	t_d138	id139	t_acc139	t_p139	t_d139	id140	t_acc140	t_p140	t_d140	id141	t_acc141	t_p141	t_d141	id142	t_acc142	t_p142	t_d142	id143	t_acc143	t_p143	t_d143	id144	t_acc144	t_p144	t_d144	id145	t_acc145	t_p145	t_d145	id146	t_acc146	t_p146	t_d146	id147	t_acc147	t_p147	t_d147	id148	t_acc148	t_p148	t_d148	id149	t_acc149	t_p149	t_d149	id150	t_acc150	t_p150	t_d150	id151	t_acc151	t_p151	t_d151	id152	t_acc152	t_p152	t_d152	id153	t_acc153	t_p153	t_d153	id154	t_acc154	t_p154	t_d154	id155	t_acc155	t_p155	t_d155	id156	t_acc156	t_p156	t_d156	id157	t_acc157	t_p157	t_d157	id158	t_acc158	t_p158	t_d158	id159	t_acc159	t_p159	t_d159	id160	t_acc160	t_p160	t_d160	id161	t_acc161	t_p161	t_d161	id162	t_acc162	t_p162	t_d162	id163	t_acc163	t_p163	t_d163	id164	t_acc164	t_p164	t_d164	id165	t_acc165	t_p165	t_d165	id166	t_acc166	t_p166	t_d166	id167	t_acc167	t_p167	t_d167	id168	t_acc168	t_p168	t_d168	id169	t_acc169	t_p169	t_d169	id170	t_acc170	t_p170	t_d170	id171	t_acc171	t_p171	t_d171	id172	t_acc172	t_p172	t_d172	id173	t_acc173	t_p173	t_d173	id174	t_acc174	t_p174	t_d174	id175	t_acc175	t_p175	t_d175	id176	t_acc176	t_p176	t_d176	id177	t_acc177	t_p177	t_d177	id178	t_acc178	t_p178	t_d178	id179	t_acc179	t_p179	t_d179	id180	t_acc180	t_p180	t_d180	id181	t_acc181	t_p181	t_d181	id182	t_acc182	t_p182	t_d182	id183	t_acc183	t_p183	t_d183	id184	t_acc184	t_p184	t_d184	id185	t_acc185	t_p185	t_d185	id186	t_acc186	t_p186	t_d186	id187	t_acc187	t_p187	t_d187	id188	t_acc188	t_p188	t_d188	id189	t_acc189	t_p189	t_d189	id190	t_acc190	t_p190	t_d190	id191	t_acc191	t_p191	t_d191	id192	t_acc192	t_p192	t_d192	id193	t_acc193	t_p193	t_d193	id194	t_acc194	t_p194	t_d194	id195	t_acc195	t_p195	t_d195	id196	t_acc196	t_p196	t_d196	id197	t_acc197	t_p197	t_d197	id198	t_acc198	t_p198	t_d198	id199	t_acc199	t_p199	t_d199	id200	t_acc200	t_p200	t_d200	id201	t_acc201	t_p201	t_d201	id202	t_acc202	t_p202	t_d202	id203	t_acc203	t_p203	t_d203	id204	t_acc204	t_p204	t_d204	id205	t_acc205	t_p205	t_d205	id206	t_acc206	t_p206	t_d206	id207	t_acc207	t_p207	t_d207	id208	t_acc208	t_p208	t_d208	id209	t_acc209	t_p209	t_d209	id210	t_acc210	t_p210	t_d210	id211	t_acc211	t_p211	t_d211	id212	t_acc212	t_p212	t_d212	id213	t_acc213	t_p213	t_d213	id214	t_acc214	t_p214	t_d214	id215	t_acc215	t_p215	t_d215	id216	t_acc216	t_p216	t_d216	id217	t_acc217	t_p217	t_d217	id218	t_acc218	t_p218	t_d218	id219	t_acc219	t_p219	t_d219	id220	t_acc220	t_p220	t_d220	id221	t_acc221	t_p221	t_d221	id222	t_acc222	t_p222	t_d222	id223	t_acc223	t_p223	t_d223	id224	t_acc224	t_p224	t_d224	id225	t_acc225	t_p225	t_d225	id226	t_acc226	t_p226	t_d226	id227	t_acc227	t_p227	t_d227	id228	t_acc228	t_p228	t_d228	id229	t_acc229	t_p229	t_d229	id230	t_acc230	t_p230	t_d230	id231	t_acc231	t_p231	t_d231	id232	t_acc232	t_p232	t_d232	id233	t_acc233	t_p233	t_d233	id234	t_acc234	t_p234	t_d234	id235	t_acc235	t_p235	t_d235	id236	t_acc236	t_p236	t_d236	id237	t_acc237	t_p237	t_d237	id238	t_acc238	t_p238	t_d238	id239	t_acc239	t_p239	t_d239	id240	t_acc240	t_p240	t_d240	id241	t_acc241	t_p241	t_d241	id242	t_acc242	t_p242	t_d242	id243	t_acc243	t_p243	t_d243	id244	t_acc244	t_p244	t_d244	id245	t_acc245	t_p245	t_d245	id246	t_acc246	t_p246	t_d246	id247	t_acc247	t_p247	t_d247	id248	t_acc248	t_p248	t_d248	id249	t_acc249	t_p249	t_d249	id250	t_acc250	t_p250	t_d250	id251	t_acc251	t_p251	t_d251	id252	t_acc252	t_p252	t_d252	id253	t_acc253	t_p253	t_d253	id254	t_acc254	t_p254	t_d254	id255	t_acc255	t_p255	t_d255	id256	t_acc256	t_p256	t_d256	id257	t_acc257	t_p257	t_d257	id258	t_acc258	t_p258	t_d258	id259	t_acc259	t_p259	t_d259	id260	t_acc260	t_p260	t_d260	id261	t_acc261	t_p261	t_d261	id262	t_acc262	t_p262	t_d262	id263	t_acc263	t_p263	t_d263	id264	t_acc264	t_p264	t_d264	id265	t_acc265	t_p265	t_d265	id266	t_acc266	t_p266	t_d266	id267	t_acc267	t_p267	t_d267	id268	t_acc268	t_p268	t_d268	id269	t_acc269	t_p269	t_d269	id270	t_acc270	t_p270	t_d270	id271	t_acc271	t_p271	t_d271	id272	t_acc272	t_p272	t_d272	id273	t_acc273	t_p273	t_d273	id274	t_acc274	t_p274	t_d274	id275	t_acc275	t_p275	t_d275	id276	t_acc276	t_p276	t_d276	id277	t_acc277	t_p277	t_d277	id278	t_acc278	t_p278	t_d278	id279	t_acc279	t_p279	t_d279	id280	t_acc280	t_p280	t_d280	id281	t_acc281	t_p281	t_d281	id282	t_acc282	t_p282	t_d282	id283	t_acc283	t_p283	t_d283	id284	t_acc284	t_p284	t_d284	id285	t_acc285	t_p285	t_d285	id286	t_acc286	t_p286	t_d286	id287	t_acc287	t_p287	t_d287	id288	t_acc288	t_p288	t_d288	id289	t_acc289	t_p289	t_d289	id290	t_acc290	t_p290	t_d290	id291	t_acc291	t_p291	t_d291	id292	t_acc292	t_p292	t_d292	id293	t_acc293	t_p293	t_d293	id294	t_acc294	t_p294	t_d294	id295	t_acc295	t_p295	t_d295	id296	t_acc296	t_p296	t_d296	id297	t_acc297	t_p297	t_d297	id298	t_acc298	t_p298	t_d298	id299	t_acc299	t_p299	t_d299	id300	t_acc300	t_p300	t_d300	id301	t_acc301	t_p301	t_d301	id302	t_acc302	t_p302	t_d302	id303	t_acc303	t_p303	t_d303	id304	t_acc304	t_p304	t_d304	id305	t_acc305	t_p305	t_d305	id306	t_acc306	t_p306	t_d306	id307	t_acc307	t_p307	t_d307	id308	t_acc308	t_p308	t_d308	id309	t_acc309	t_p309	t_d309	id310	t_acc310	t_p310	t_d310	id311	t_acc311	t_p311	t_d311	id312	t_acc312	t_p312	t_d312	id313	t_acc313	t_p313	t_d313	id314	t_acc314	t_p314	t_d314	id315	t_acc315	t_p315	t_d315	id316	t_acc316	t_p316	t_d316	id317	t_acc317	t_p317	t_d317	id318	t_acc318	t_p318	t_d318	id319	t_acc319	t_p319	t_d319	id320	t_acc320	t_p320	t_d320	id321	t_acc321	t_p321	t_d321	id322	t_acc322	t_p322	t_d322	id323	t_acc323	t_p323	t_d323	id324	t_acc324	t_p324	t_d324	id325	t_acc325	t_p325	t_d325	id326	t_acc326	t_p326	t_d326	id327	t_acc327	t_p327	t_d327	id328	t_acc328	t_p328	t_d328	id329	t_acc329	t_p329	t_d329	id330	t_acc330	t_p330	t_d330	id331	t_acc331	t_p331	t_d331	id332	t_acc332	t_p332	t_d332	id333	t_acc333	t_p333	t_d333	id334	t_acc334	t_p334	t_d334	id335	t_acc335	t_p335	t_d335	id336	t_acc336	t_p336	t_d336	id337	t_acc337	t_p337	t_d337	id338	t_acc338	t_p338	t_d338	id339	t_acc339	t_p339	t_d339	id340	t_acc340	t_p340	t_d340	id341	t_acc341	t_p341	t_d341	id342	t_acc342	t_p342	t_d342	id343	t_acc343	t_p343	t_d343	id344	t_acc344	t_p344	t_d344	id345	t_acc345	t_p345	t_d345	id346	t_acc346	t_p346	t_d346	id347	t_acc347	t_p347	t_d347	id348	t_acc348	t_p348	t_d348	id349	t_acc349	t_p349	t_d349	id350	t_acc350	t_p350	t_d350	id351	t_acc351	t_p351	t_d351	id352	t_acc352	t_p352	t_d352	id353	t_acc353	t_p353	t_d353	id354	t_acc354	t_p354
----	-----------	-----	--------	------	------	-----	--------	------	------	-----	--------	------	------	-----	--------	------	------	-----	--------	------	------	-----	--------	------	------	-----	--------	------	------	-----	--------	------	------	-----	--------	------	------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	------	---------	-------	-------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------	--------	-------	----------	--------

7. Przykład praktycznego zastosowania metody oceny wykluczenia komunikacyjnego

7.1. Ogólna charakterystyka obszaru analizy

Jako obszar pilotażowy do zastosowania metody wybrany został powiat grodziski, jeden z 9 powiatów Metropolii Warszawskiej, składający się z 6 gmin, w tym miasta Grodzisk Mazowiecki (por. Rysunek 39). Powiat grodziski zamieszkuje 107 tys. osób i charakteryzuje się zróżnicowanym poziomem gęstości zaludnienia oraz występowaniem wszystkich rodzajów gmin – miejskich: Milanówek i Podkowa Leśna; miejsko-wiejskiej Grodzisk Mazowiecki oraz wiejskich: Baranów, Jaktorów i Żabia Wola. Ponad połowa ludności obszaru zamieszkuje Grodzisk Mazowiecki, natomiast najmniej zaludnione są gminy Podkowa Leśna i Baranów. Najmniejszą gminą jest Podkowa Leśna (10 km²), a największą Grodzisk Mazowiecki (107 km²). Największa gęstość zaludnienia na obszarze jest w Milanówku (1 214 os./km²), a najmniejsza w Baranowie (71 os./km²) (por. Tabela 16). Centrum powiatu i jego instytucje znajdują się w mieście Grodzisku Mazowieckim.

Rysunek 39. Obszar analizy – powiat grodziski



Źródło: SANtosito, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=98295222>

Tabela 16. Podstawowe dane statystyczne JST z powiatu grodziskiego

JST	Rodzaj JST	Kod TERYT	Wskaźnik urbanizacji 2024 [%]	Ludność 2024 [os.]	Powierzchnia 2024 [km ²]	Gęstość zaludnienia 2024 [os./km ²]
grodziski	powiat	1405000	51,6	106 973	367	291,5
Milanówek	gmina miejska	1405011	100,0	16 317	13	1 214,1
Podkowa Leśna	gmina miejska	1405021	100,0	3 741	10	370,0
Baranów	gmina wiejska	1405032	0,0	5 360	76	71,1
Grodzisk Mazowiecki	gmina miejsko-wiejska	1405043	62,3	56 430	107	525,5
Jaktorów	gmina wiejska	1405052	0,0	13 675	55	247,3
Żabia Wola	gmina wiejska	1405062	0,0	11 450	106	108,6

Źródło: opracowanie własne na podstawie BDL GUS

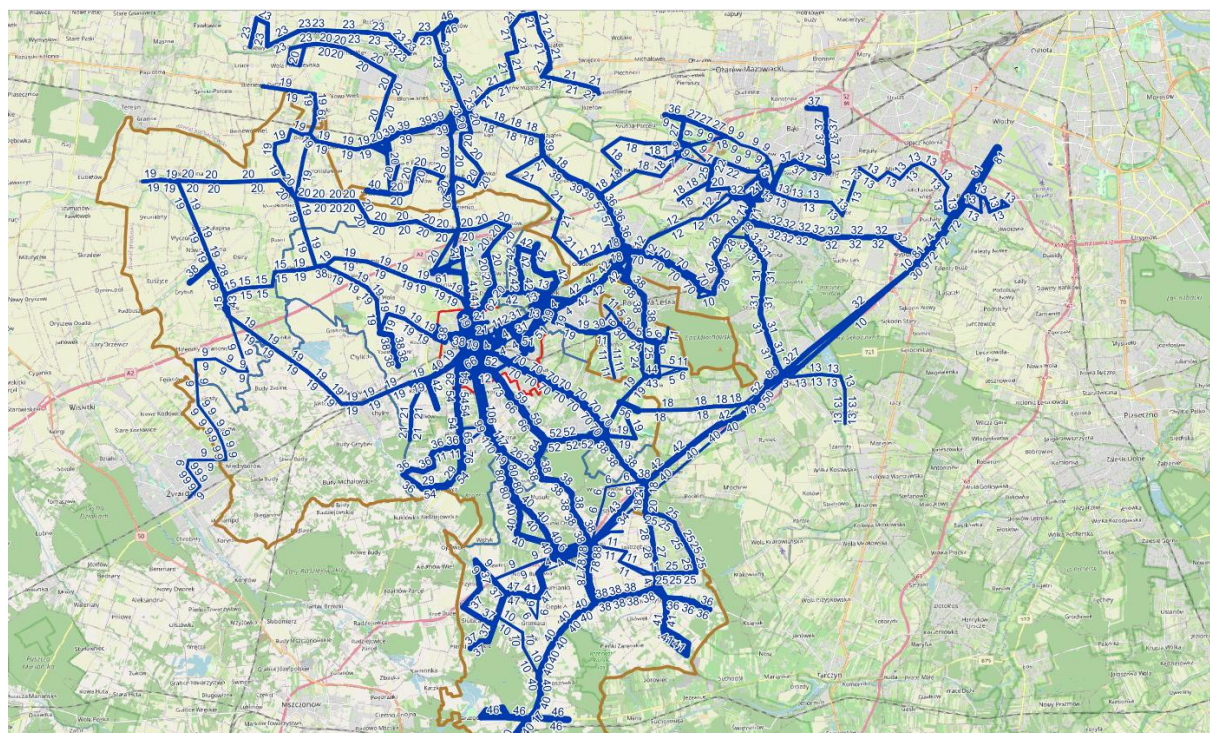
Jeśli chodzi o zagospodarowanie terenu powiatu, to należy wyróżnić Las Młochowski w gminie Podkowa Leśna oraz planowany Centralny Port Komunikacyjny do budowy na terenie gminy Baranów. W pierwszym z obszarów znajduje się ośrodek recepcyjny dla uchodźców, natomiast drugi obszar oznacza znaczny rozwój infrastruktury komunikacyjnej w skali kraju i regionu, w związku z obsługą CPK.

7.2. Dane wejściowe

7.2.1. Dane transportowe

Zaimportowany, cyfrowy rozkład jazdy organizatora Grodziskie Przewozy Autobusowe w formacie GTFS (Załącznik 2) zawiera dane o organizatorze, dostawcy danych, 46 liniach, które mają 1 461 odcinków międzyprzystankowych (por. Rysunek 40). Z 1 247 przystanków zgromadzonych w 708 zespołach przystankowych rozkład przewiduje łącznie 80 565 kursów. Rozkład uwzględnia kalendarz składający się z 8 rodzajów dni (robocze, szkolne, weekendy, soboty, niedziele handlowe i niehandlowe, święta i inne) oraz 138 dni wyjątków, np. świąt występujących w środku tygodnia (por. Tabela 17). Paczka z danymi datowana jest na 2 września 2024 r., natomiast zapisana ważność rozkładu w formacie GTFS obejmuje okres do 31 grudnia 2024 r.

Rysunek 40. Sieć Grodziskich Przewozów Autobusowych w 2024 roku – korytarze tras linii wraz z dobową liczbą kursów na dzień powszedni



Źródło: opracowanie własne QGIS+GTFS+OSM

Tabela 17. Struktura plików danych GTFS Grodziskich Przewozów Autobusowych

L.p.	Plik	Liczba wierszy danych	Liczba kolumn danych	Zawartość
1	Agency.txt	1	6	Dane organizatora transportu „Grodziskie Przewozy Autobusowe”
2	Calendar.txt	8	10	Struktura kalendarza w rozkładzie jazdy
3	Calendar_dates.txt	137	3	Wyjątki w standardowym kalendarzu
4	Feed_info.txt	1	6	Dane o systemie do przygotowania danych
5	Routes.txt	46	7	Dane o liniach
6	Stop_times.txt	80 565	7	Dane o kursach na przystankach
7	Stops.txt	1 247	8	Dane o przystankach
8	Trips.txt	2 344	6	Dane o trasach linii

Źródło: opracowanie własne na bazie danych GTFS GPA 2024

Ponadto dla powiatu grodziskiego zebrano pozostałe dane statystyczne transportowe (por. Załącznik 3. Baza danych dla powiatu grodziskiego), zawierające m.in. podstawową taryfę opłat (por. Tabela 18) oraz dane o infrastrukturze transportowej (por. Tabela 19). Pozostałe dane uwzględniają sieć rowerową, przystanki PTZ i parkingi P&R oraz dane

o wypadkach drogowych. Ze względu na brak danych statystycznych dla 2024 roku (podlegają one aktualizacji przez GUS do końca 2025 roku), zastosowano najświeższe dostępne dane za 2023 rok. Fragment bazy danych przedstawia Rysunek 41.

Tabela 18. Taryfa biletowa Grodziskich Przewozów Autobusowych

Taryfa opłat GPA	Obszar obowiązywania	Bilet normalny jednorazowy [PLN]	Bilet normalny miesięczny [PLN]
Bilet miejski	Teren miasta	1,00	25,00
Bilet gminny	Teren gminy	2,00	50,00
Bilet grodzisko-pruszkowski	Teren 7 gmin	2,00	50,00
Bilet międzygminny	Teren 3 powiatów	4,00	100,00
Do biletów jednorazowych obowiązują ulgi: 37%, 49%, 51%, 78%, 93%, 95%, 100%			
Do biletów miesięcznych obowiązują ulgi: 33%, 37%, 45%, 49%, 51%, 78%, 88%, 93%			

Źródło: GPA

Tabela 19. Struktura danych w bazie dla powiatu grodziskiego – zakładka „Inne dane transportowe”

L.p.	Dana	Poziom danych	Rok danych
Dane rowerowe			
1	Długość dróg dla rowerów na 100 km ² [km]	Gmina i powiat	2023
2	Systemy rowerów publicznych [szt.]	Gmina i powiat	2023
3	Stacje rowerów publicznych 2023 [szt.]	Gmina i powiat	2023
4	Rowery publiczne ogółem 2023 [szt.]	Gmina i powiat	2023
5	Rowery publiczne na 1000 mieszkańców 2023 [szt.]	Gmina i powiat	2023
6	Wypożyczenia rowerów publicznych na 1000 mieszkańców 2023 [szt.]	Gmina i powiat	2023
Dane PTZ			
7	Przystanki ogółem [szt.]	Gmina i powiat	2023
8	Liczba parkingów P&R [szt.]	Gmina i powiat	2023
Wypadki drogowe			
9	Wypadki ogółem [szt.]	Gmina i powiat	2023
10	Ofiary wypadków ogółem [os.]	Gmina i powiat	2023
11	Ofiary śmiertelne [os.]	Gmina i powiat	2023
12	Ranni [os.]	Gmina i powiat	2023
13	Ofiary wypadków ogółem na mieszkańca [os.]	Gmina i powiat	2023

Źródło: Załącznik 3. Baza danych dla powiatu grodziskiego

Rysunek 41. Fragment bazy danych zebranych dla powiatu grodziskiego

A	B	C	D	E	F	G	H
1 JST	Rodzaj JST	Kod TERYT	Wskaźnik urbanizacji 2024 [%]	Łudność 2024 [os.]	Zmiana liczby ludności na 1000 mieszkańców 2024 [os.]	Powierzchnia 2024 [km ²]	Gęstość zamieszkania 2024 [os./km ²]
2 powiat grodziski	powiat	1405000	51,6	106 973	12,0	367	291,5
3 gmina Milanówek	gmina miejska	1405011	100,0	16 317	6,5	13	1 214,1
4 gmina Podkowa Leśna	gmina miejska	1405021	100,0	3 741	15,3	10	370,0
5 gmina Baranów	gmina wiejska	1405032	0,0	5 360	13,1	76	71,1
6 gmina Grodzisk Mazowiecki	gmina miejsko-wiejska	1405043	62,3	56 430	17,6	107	525,5
7 gmina Jaktorów	gmina wiejska	1405052	0,0	13 675	12,7	55	247,3
8 gmina Żabia Wola	gmina wiejska	1405062	0,0	11 450	31,9	106	106,6
9 Źródło wskaźnika:	BDL GUS	BDL GUS	BDL GUS	BDL GUS	BDL GUS	BDL GUS	BDL GUS
10							
11							
12	Zmiana wskaźnika cen (inflacja)	Wskaźnik zagrożenia ubóstwem [%]	Przeciętne wynagrodzenie brutto [PLN]	Łudność [os.]	Samochody osobowe ogółem [szt.]	Liczba samochodów na 1000 mieszkańców [szt.]	
13	województwo mazowieckie	województwo mazowieckie	powiat grodziski	powiat grodziski	powiat grodziski	powiat grodziski	
14							
15	2015	99,1	bd.	4 212	90 660	51 259	565
16	2016	99,5	bd.	4 352	91 650	53 891	588
17	2017	101,9	bd.	4 683	92 850	58 812	633
18	2018	101,6	bd.	4 979	94 090	63 095	671
19	2019	102,2	15,2	5 395	95 960	67 716	706
20	2020	103,3	15,5	5 762	101 620	71 184	700
21	2021	104,9	13,9	6 355	103 110	73 923	717
22	2022	113,5	10,6	7 140	104 430	75 394	722
23	2023	111,9	11,5	7 898	105 710	76 812	727
24	2024	103,8	bd.	bd.	106 973	bd.	bd.
25 Źródło:	BDL GUS	BDL GUS	BDL GUS	BDL GUS	BDL GUS	BDL GUS	BDL GUS
26							
27							
28 JST	Rodzaj JST	Kod TERYT	Prognoza ludności 2025	Prognoza ludności 2030	Prognoza ludności 2035	Prognoza ludności 2040	Prognoza ludności 2045
29 powiat grodziski	powiat	1405000	107 842	114 190	117 994	120 805	123 255
30							
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							

Źródło: opracowanie własne

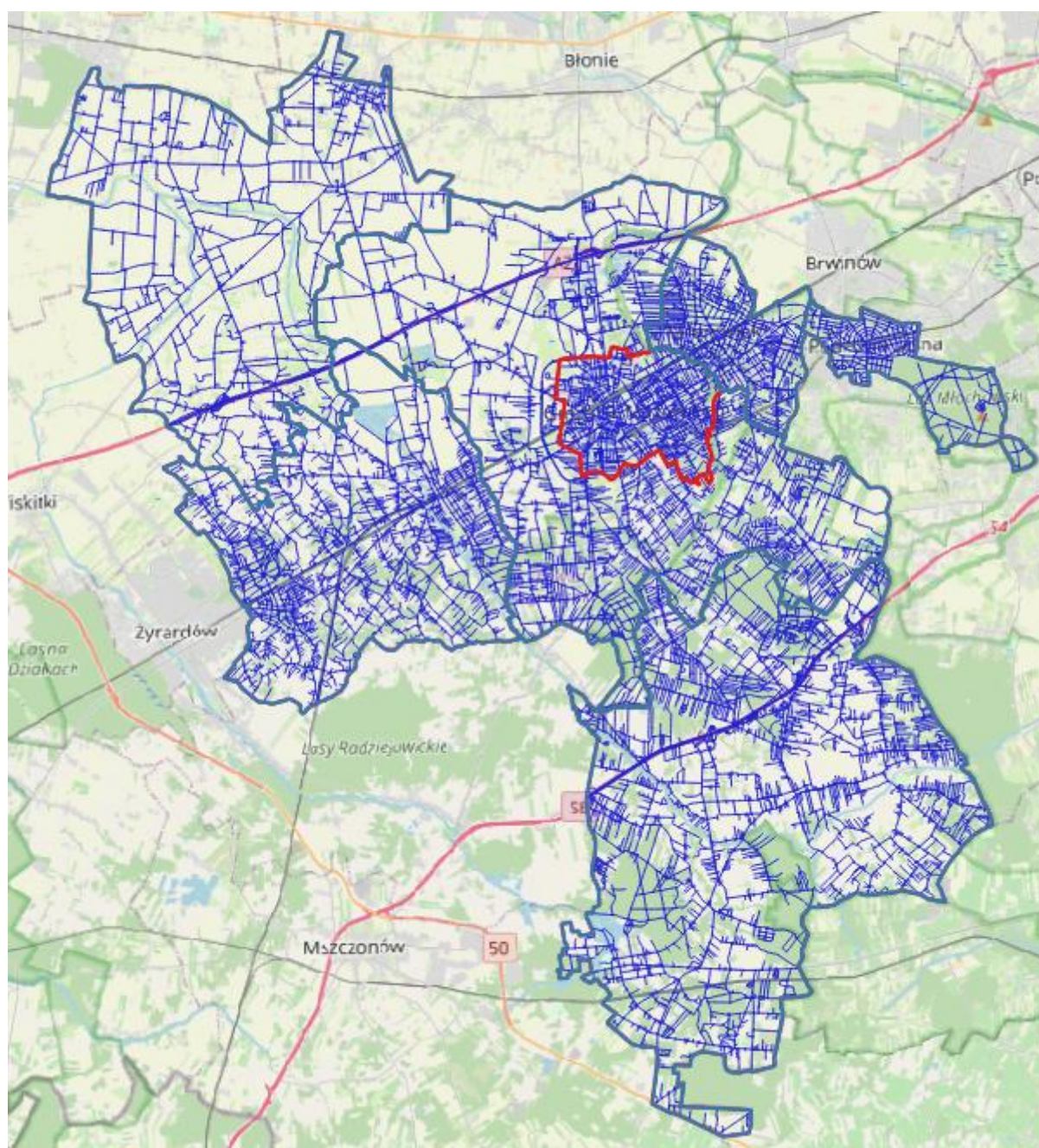
7.2.2. Dane geograficzne

Do metody zaimportowane zostały dane OSM dla województwa mazowieckiego (ze względu na modelowanie podróży również do Warszawy) oraz baza BDOT10k dla powiatu grodziskiego (modelowanie podróży źródłowych tylko z budynków mieszkalnych na terenie powiatu). Dane te zawierają: Załącznik 4. Dane QGIS oraz Załącznik 5. Lista budynków mieszkalnych BDOT10k powiat grodziski.

W zakresie infrastruktury drogowej powiat przecinają na 3 części dwa korytarze dróg szybkiego ruchu: autostrada A-2 (odcinek Łódź – Warszawa) w północnej jego części z 1 węzłem w Grodzisku Mazowieckim oraz droga ekspresowa S8 (odcinek Piotrków Trybunalski – Warszawa) w części południowej z dwoma węzłami na terenie gminy Żabia Wola; ponadto istotnymi korytarzami komunikacji samochodowej są drogi wojewódzkie DW579 (Kazun Polski – Grodzisk Mazowiecki – Radziejowice) i DW719 (Warszawa – Podkowa Leśna – Grodzisk Mazowiecki – Jaktorów – Puszcza Mariańska) – por. Rysunek 42.

Największe zagęszczenie infrastruktury drogowej występuje na terenie miasta Grodzisk Mazowiecki oraz gmin Podkowa Leśna i Milanówek. Sieć składa się z 15 656 odcinków jezdni, 41 rond oraz 1 433 ciągów pieszo-rowerowych. Pozostałe korytarze dla pieszych poprowadzone są wzdłuż jezdni dróg, z wyjątkiem dróg szybkiego ruchu.

Rysunek 42. Infrastruktura dróg samochodowych na terenie powiatu grodziskiego

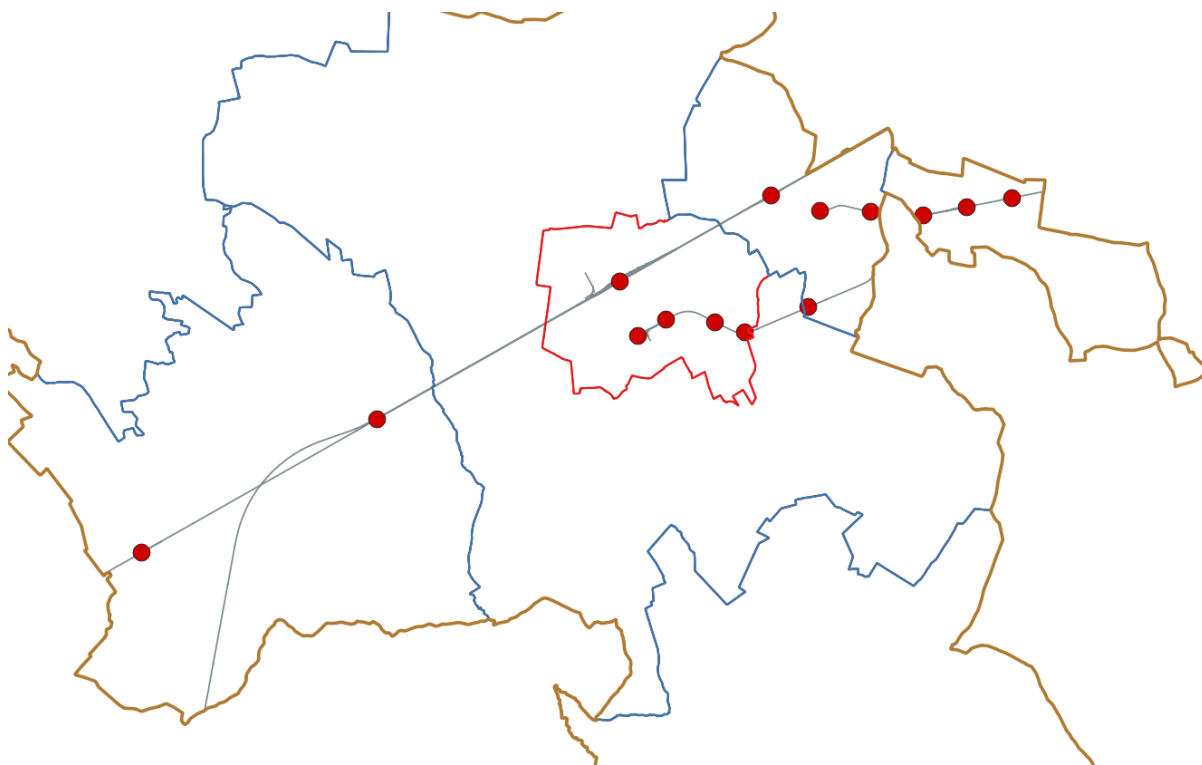


Źródło: opracowanie własne QGIS+OSM

W zakresie infrastruktury kolejowej powiat przecinają linie kolejowe LK1 i LK447 (sieć PKP PLK) oraz LK47 i LK48 (sieć Warszawskiej Kolei Dojazdowej – WKD). Na terenie powiatu zlokalizowane są 4 przystanki lub dworce kolejowe na sieci PLK (Milanówek, Grodzisk Mazowiecki, Jaktorów, Międzyborów) oraz 10 przystanków lub dworców kolei WKD (Grodzisk Mazowiecki Radońska, Grodzisk Mazowiecki Jordanowice, Grodzisk Mazowiecki Okrężna, Grodzisk Mazowiecki Okrężna, Brzózki, Milanówek Grudów, Polesie, Podkowa Leśna Zachodnia, Podkowa Leśna Główna i Podkowa Leśna

Wschodnia) – por. Rysunek 43. Połączeniami Kolei Mazowieckich oraz WKD można stąd dojechać m.in. do Warszawy, co jest głównym celem podróży mieszkańców.

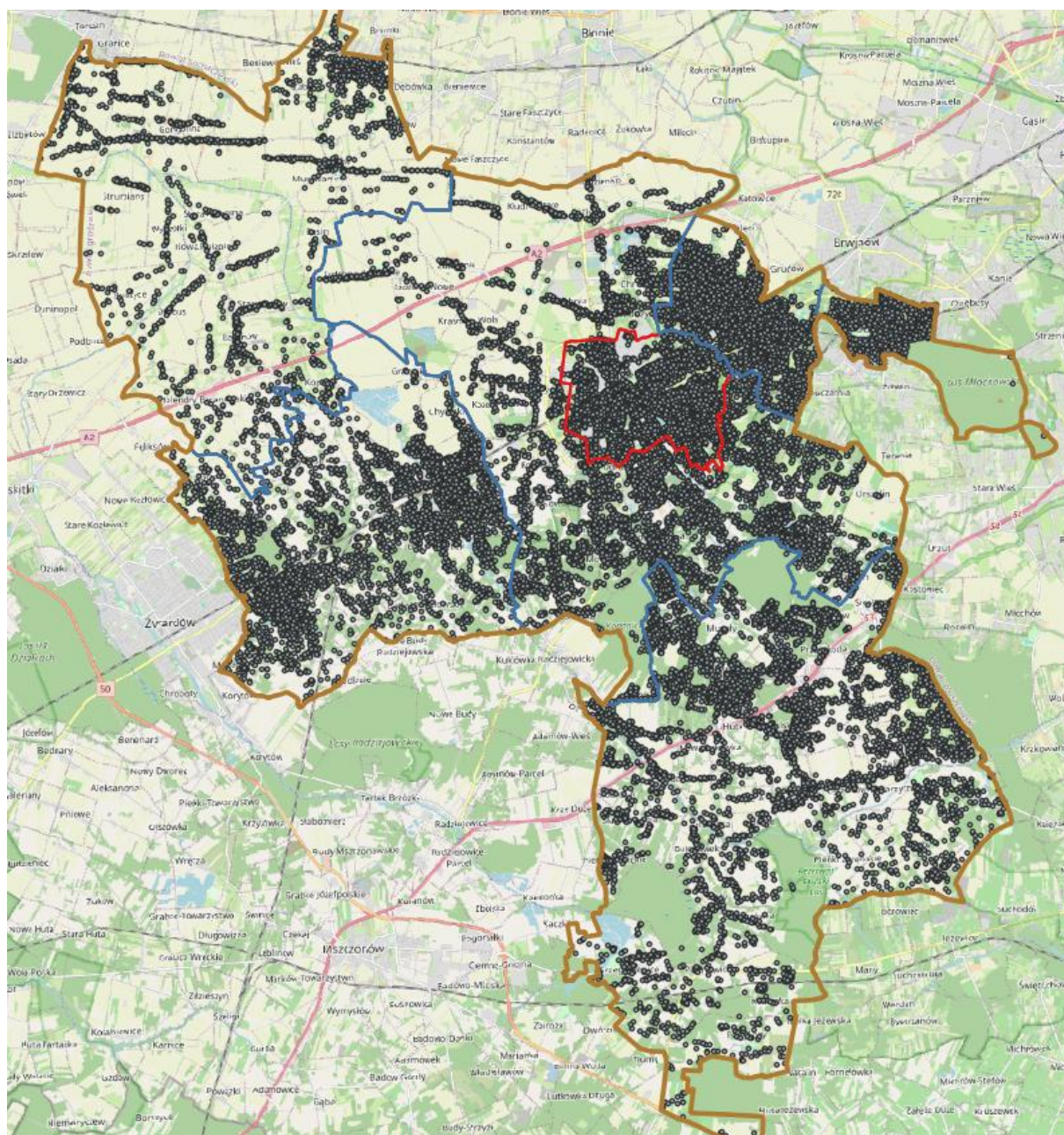
Rysunek 43. Infrastruktura kolejowa na terenie powiatu grodziskiego



Źródło: opracowanie własne QGIS+OSM

Dla powiatu grodziskiego zidentyfikowano 50 444 budynków. Szczegółowy opis struktury budynków w bazie zawiera Załącznik 6. Struktura danych BDOT10k. Spośród tych budynków, 33 746 jest budynkami mieszkalnymi (por. Rysunek 44), natomiast dla całego powiatu istnieje 37 528 punktów adresowych w bazie PRG (por. Rysunek 45). Zidentyfikowanych budynków jest więc więcej niż adresów, baza ta pozwala również przefiltrować obiekty, które mogą być potencjalnymi źródłami (budynki mieszkalne) i celami podróży (duży zbiór obiektów różnego przeznaczenia) oraz odrzucić budynki, które nie wiążą się z codziennymi podróżami mieszkańców obszaru PTZ (np. garaże, stacja pomp, stacja transformatorowa). Budynki te mają przypisane punkty adresowe, a bardzo rzadko wiążą się z podróżami mieszkańców. Baza budynków zapewnia więc dużo większą dokładność i została przyjęta do dalszych prac. Wyróżniono w obszarze 10 funkcji ogólnych budynków, wśród których najwięcej jest budynków mieszkalnych (33 746) – por. Rysunek 46. Listę funkcji szczegółowych, których na terenie obszaru wyróżniono 85, zawiera Rysunek 47.

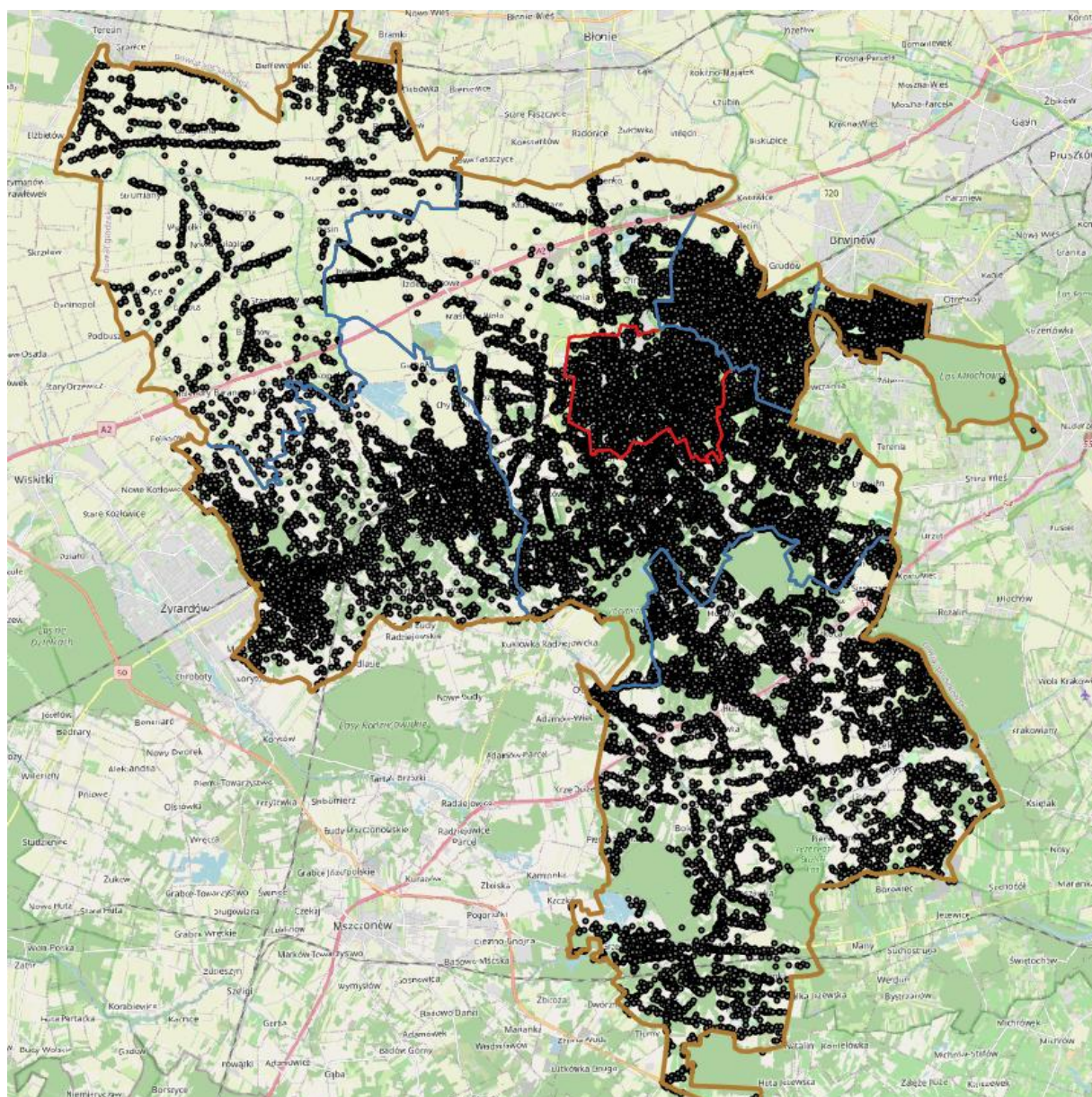
Rysunek 44. Mapa budynków mieszkalnych w powiecie grodziskim



Źródło: OSM i BDOT10k

Do wszystkich budynków mieszkalnych „i” przypisano funkcje, liczbę kondygnacji, współrzędne geograficzne (x,y), kod i nazwę gminy. Dane te zawiera Załącznik 5. Lista budynków mieszkalnych BDOT10k powiat grodziski.

Rysunek 45. Mapa punktów adresowych w powiecie grodziskim



Źródło: OSM i baza PRG

Rysunek 46. Statystyka budynków według funkcji w powiecie grodziskim

FUNKCJA OGÓLNA BUDYNKU	n
<chr>	<int>
1 budynki mieszkalne	33746
2 budynki produkcyjne, usługowe i gospodarcze dla rolnictwa	14117
3 budynki handlowo-usługowe	667
4 budynki przemysłowe	470
5 zbiorniki, silosy i budynki magazynowe	414
6 budynki biurowe	290
7 budynki transportu i łączności	281
8 budynki oświaty, nauki i kultury oraz budynki sportowe	207
9 pozostałe budynki niemieszkalne	194
10 budynki szpitali i inne budynki opieki zdrowotnej	58

Źródło: BDOT10k, stan na 23.09.2024

Rysunek 47. Szczegółowa funkcja budynków na terenie powiatu grodziskiego

FUNKCJA OGÓLNA BUDYNKU <chr>	PRZEWAŻAJĄCA FUNKCJA BUDYNKU <chr>	n <int>
1 budynki mieszkalne	budynek jednorodzinny	31364
2 budynki produkcyjne, usługowe i gospodarcze dla rolnictwa	budynek gospodarczy	13981
3 budynki mieszkalne	dom letniskowy	1260
4 budynki mieszkalne	budynek wielorodzinny	1081
5 budynki handlowo-usługowe	obiekt handlowo-usługowy	575
6 zbiorniki, silosy i budynki magazynowe	magazyn	409
7 budynki przemysłowe	produkcyjny	345
8 budynki transportu i łączności	garaż	273
9 budynki biurowe	siedziba firmy lub firm	224
10 budynki przemysłowe	warsztat remontowo-naprawczy	114
11 budynki oświaty, nauki i kultury oraz budynki sportowe	szkoła podstawowa	63
12 pozostałe budynki niemieszkalne	restauracja	53
13 budynki produkcyjne, usługowe i gospodarcze dla rolnictwa	stajnia	52
14 budynki produkcyjne, usługowe i gospodarcze dla rolnictwa	szklarnia lub cieplarnia	51
15 budynki oświaty, nauki i kultury oraz budynki sportowe	przedszkole	50
16 budynki handlowo-usługowe	dom towarowy lub handlowy	46
17 budynki produkcyjne, usługowe i gospodarcze dla rolnictwa	budynek produkcyjny zwierząt hodowlanych	33
18 budynki oświaty, nauki i kultury oraz budynki sportowe	dom kultury	31
19 budynki szpitali i inne budynki opieki zdrowotnej	placówka ochrony zdrowia	31
20 pozostałe budynki niemieszkalne	stacja pomp	23
21 pozostałe budynki niemieszkalne	stacja transformatorowa	21
22 budynki biurowe	straż pożarna	20
23 budynki mieszkalne	dom parafialny	19
24 pozostałe budynki niemieszkalne	hotel	19
25 pozostałe budynki niemieszkalne	kościół	19
26 pozostałe budynki niemieszkalne	dom weselny	18
27 budynki handlowo-usługowe	stacja paliw	13
28 budynki oświaty, nauki i kultury oraz budynki sportowe	ujeżdżalnia	13
29 budynki mieszkalne	dom opieki społecznej	12
30 budynki oświaty, nauki i kultury oraz budynki sportowe	klub sportowy	12
31 budynki biurowe	bank	11
32 budynki handlowo-usługowe	apteka	11
33 budynki oświaty, nauki i kultury oraz budynki sportowe	hala sportowa	11
34 budynki szpitali i inne budynki opieki zdrowotnej	szpital	10
35 budynki szpitali i inne budynki opieki zdrowotnej	żłobek	9
36 pozostałe budynki niemieszkalne	dom wypoczynkowy	9
37 budynki biurowe	policja	8
38 budynki handlowo-usługowe	centrum handlowe	8
39 budynki biurowe	placówka operatora pocztowego	7
40 budynki handlowo-usługowe	stacja obsługi pojazdów	7
41 budynki oświaty, nauki i kultury oraz budynki sportowe	szkoła ponadpodstawowa	7
42 budynki przemysłowe	elektrociepłownia	7
43 budynki transportu i łączności	dworzec kolejowy	7
44 pozostałe budynki niemieszkalne	dzwonnica	7
45 pozostałe budynki niemieszkalne	pensjonat	7
46 budynki biurowe	inny urząd administracji publicznej	6
47 budynki mieszkalne	klasztor	6
48 budynki oświaty, nauki i kultury oraz budynki sportowe	biblioteka	5
49 budynki szpitali i inne budynki opieki zdrowotnej	klinika weterynaryjna	5
50 pozostałe budynki niemieszkalne	kaplica	5
51 budynki handlowo-usługowe	hala targowa	4
52 budynki mieszkalne	dom zakonny	4
53 budynki oświaty, nauki i kultury oraz budynki sportowe	placówka badawcza	4
54 budynki biurowe	starostwo powiatowe	3
55 budynki biurowe	urząd miasta	3
56 budynki oświaty, nauki i kultury oraz budynki sportowe	klub, dyskoteka	3
57 budynki oświaty, nauki i kultury oraz budynki sportowe	muzeum	3
58 pozostałe budynki niemieszkalne	zajazd	3
59 budynki biurowe	centrum konferencyjne	2
60 budynki biurowe	sąd	2
61 budynki biurowe	urząd gminy	2
62 budynki biurowe	urząd miasta i gminy	2
63 budynki handlowo-usługowe	hipermarket lub supermarket	2
64 budynki przemysłowe	kotłownia	2
65 budynki przemysłowe	młyn	2
66 budynki szpitali i inne budynki opieki zdrowotnej	ośrodek pomocy społecznej	2
67 pozostałe budynki niemieszkalne	inny budynek kultu religijnego	2
68 pozostałe budynki niemieszkalne	toaleta publiczna	2
69 zbiorniki, silosy i budynki magazynowe	chłodnia	2
70 zbiorniki, silosy i budynki magazynowe	zbiornik na ciecz	2
71 budynki handlowo-usługowe	myjnia samochodowa	1
72 budynki oświaty, nauki i kultury oraz budynki sportowe	archiwum	1
73 budynki oświaty, nauki i kultury oraz budynki sportowe	basen kąpielowy	1
74 budynki oświaty, nauki i kultury oraz budynki sportowe	centrum informacyjne	1
75 budynki oświaty, nauki i kultury oraz budynki sportowe	inna placówka edukacyjna	1
76 budynki oświaty, nauki i kultury oraz budynki sportowe	teatr	1
77 budynki szpitali i inne budynki opieki zdrowotnej	jednostka ratownictwa medycznego	1
78 budynki transportu i łączności	parking wielopoziomowy	1
79 pozostałe budynki niemieszkalne	dom pogrzebowy	1
80 pozostałe budynki niemieszkalne	domek kempingowy	1
81 pozostałe budynki niemieszkalne	motel	1
82 pozostałe budynki niemieszkalne	ośrodek szkoleniowo-wypoczynkowy	1
83 pozostałe budynki niemieszkalne	stacja gazowa	1
84 pozostałe budynki niemieszkalne	zakład karny lub poprawczy	1
85 zbiorniki, silosy i budynki magazynowe	silos	1

Źródło: BDOT10k, stan na 23.09.2024

Jako punkty docelowe zbudowano tabelę celów podróży – por. Tabela 20. W każdej z gmin (cel podróży D11-D16) rozważono najważniejszy punkt podróży mieszkańców – zazwyczaj dworzec lub przystanek kolejowy (Grodzisk Mazowiecki, Jaktorów, Podkowa Leśna i Milanówek), a w przypadku ich braku budynek szkoły/urzędu gminy (np. Baranów i Żabia Wola). Jako cel podróży w powiecie (D21) przyjęto szpital i starostwo powiatowe zlokalizowane w Grodzisku Mazowieckim. Jako cel podróży w mieście wojewódzkim (D31), ze względu na ograniczenia autobusowej sieci GPA, przyjęto węzeł przesiadkowy P&R Aleja Krakowska w Warszawie, do której dojeżdża komunikacja GPA. Gdyby zaimportowano do sieci również dane ZTM Warszawa, można rozważać inny punkt centralny, jak np. Rondo Dmowskiego w Warszawie (węzeł Metro Centrum).

Tabela 20. Dane o celach podróży w algorytmie

ID celu	Nazwa	Typ celu	N (X)	E (Y)
D11	PKP Milanówek	gmina	52.1248457	20.6672421
D12	Podkowa Leśna Główna WKD/Urząd Miejski	gmina	52.122206	20.7250972
D13	Baranów Szkoła	gmina	52.121889	20.471784
D14	Grodzisk Mazowiecki Dw. PKP	gmina	52.110013	20.622032
D15	Jaktorów PKP/Urząd Gminy	gmina	52.086605	20.5531009
D16	Żabia Wola Urząd Gminy	gmina	52.0314599	20.691782
D21	Starostwo Powiatowe w Grodzisku Mazowieckim	powiat	52.0966378	20.6173347
D31	Warszawa, P+R Al. Krakowska	miasto wojewódzkie	52.1751296	20.9431182

Źródło: opracowanie własne

7.2.3. Dane społeczno-ekonomiczne

Pobrane z baz danych dane społeczno-ekonomiczne zawiera Załącznik 3. Baza danych dla powiatu grodziskiego, a jej strukturę zawiera Tabela 21. Są to wskaźniki pobrane z bazy BDL GUS.

Tabela 21. Struktura danych w bazie dla powiatu grodziskiego – dane społeczno-ekonomiczne

L.p.	Dana	Poziom danych	Rok danych
1	Wskaźnik urbanizacji [%]	Gmina i powiat	2024
2	Ludność [os.]	Gmina i powiat	2024
3	Zmiana liczby ludności na 1000 mieszkańców [os.]	Gmina i powiat	2024
4	Powierzchnia [km ²]	Gmina i powiat	2024
5	Gęstość zamieszkania [os./km ²]	Gmina i powiat	2024
6	Ludność w wieku przedprodukcyjnym [os.]	Gmina i powiat	2024
7	Ludność w wieku produkcyjnym [os.]	Gmina i powiat	2024
8	Ludność w wieku poprodukcyjnym [os.]	Gmina i powiat	2024

L.p.	Dana	Poziom danych	Rok danych
9	Udział bezrobotnych zarejestrowanych w ludności [%]	Gmina i powiat	2021
10	Liczba gospodarstw domowych [gosp.]	Gmina i powiat	2021
11	Gospodarstwa domowe 1-, 2-, 3-, 4-, 5- i większe -osobowe [gosp.]	Gmina i powiat	2021
12	Ludność w gospodarstwach domowych [os.]	Gmina i powiat	2021
13	Przeciętna liczba osób w gospodarstwie domowym [os.]	Gmina i powiat	2021
14	Zmiana wskaźnika cen (inflacja)	Województwo mazowieckie	2015-2024
15	Wskaźnik zagrożenia ubóstwem [%]	Województwo mazowieckie	2019-2023
16	Przeciętne wynagrodzenie brutto [PLN]	Powiat	2015-2023
17	Ludność [os.]	Powiat	2015-2024
18	Samochody osobowe ogółem [szt.]	Powiat	2015-2023
19	Liczba samochodów na 1000 mieszkańców [szt.]	Powiat	2015-2023
20	Prognoza ludności [os.]	Powiat	2025, 2030, 2035, 2040, 2045, 2050, 2055, 2060

Źródło: Załącznik 3. Baza danych dla powiatu grodziskiego

7.2.4. Dane o kategoriach społecznych ludności

Pobrane z BDL GUS dane o kategoriach społecznych ludności zawiera również Załącznik 3. Baza danych dla powiatu grodziskiego, a jej strukturę zawiera Tabela 22.

Tabela 22. Struktura danych w bazie dla powiatu grodziskiego – dane o kategoriach społecznych ludności

L.p.	Dana	Poziom danych	Rok danych
1	Uczniowie w wieku 5-14 lat [os.]	Gmina i powiat	2021
2	Uczniowie w wieku 15-19 lat [os.]	Gmina i powiat	2021
3	Osoby niepełnosprawne razem [os.]	Gmina i powiat	2021
4	Udział osób PRM w ludności [%]	Gmina i powiat	2021
5	Osoby niepełnosprawne prawnie [os.]	Gmina i powiat	2021
6	Osoby niepełnosprawne tylko biologicznie [os.]	Gmina i powiat	2021

Źródło: Załącznik 3. Baza danych dla powiatu grodziskiego

7.3. Przetworzenie danych ZMOW WK i prezentacja danych wynikowych

7.3.1. Moduł wyszukiwania podróży OTP

Dane o źródłach (budynkach mieszkalnych) i celach podróży (D11-D16, D21 i D31), które zawiera Załącznik 7. Współrzędne źródeł i celów – input do OTP, zostały zaimportowane do algorytmu OTP, który został zawarty w Załączniku 8. Algorytm OTP. Algorytm został zbudowany pod postacią grafu na maszynie wirtualnej w Docker Desktop,

a logi z budowy grafu przy użyciu wiersza PowerShell zawiera Załącznik 9. Budowa grafu sieci w OTP.

Algorytm odpytywania o parametry najkrótszych czasowo podróży między źródłami i celami podróży (otp_batch.py – algorytm napisany w Pythonie), uruchomiony został w 3 konfiguracjach:

- konfiguracja A – dla wszystkich budynków mieszkalnych w analizowanym obszarze, dojazd do celów podróży na godz. 6:00, 7:00, 8:00, 9:00 i 10:00 oraz powrót w kierunku budynków mieszkalnych rozpoczynający się o godz. 14:00, 15:00, 16:00, 17:00 i 18:00 dla rozkładu na dzień nauki szkolnej (337 460 rekordów);
- konfiguracja B – dla co 20 budynku mieszkalnego w analizowanym obszarze, sprawdzenie dojazdu do i powrotu z celu podróży co 30 minut dla rozkładu na dzień nauki szkolnej, sobotę i niedzielę (485 856 rekordów);
- konfiguracja C – dla co 40 budynku mieszkalnego w analizowanym obszarze, sprawdzenie dojazdu do i powrotu z celu podróży co 15 minut dla rozkładu na dzień nauki szkolnej, sobotę i niedzielę (485 568 rekordów).

Uzyskano dane wynikowe, które zawierają Załączniki 10a-c. Wyniki wyszukiwania podróży – output z OTP.

7.3.2. Moduł wyznaczenia wskaźnika WK TOPSIS

Następnie wszystkie wcześniejsze dane zostały zaimportowane do kalkulatora metody ZMOW trzykrotnie (Załączniki 11a-c. Algorytm ZMOW WK TOPSIS), tj. oddzielnie dla każdego z powyższych zbiorów danych. Dane wynikowe o wskaźniku WK z wszystkich trzech konfiguracji zestawione zostały w tabeli wynikowej, którą zawiera Załącznik 12. Wskaźnik WK – obliczenia statystyczne, a poniżej zawarto jej najważniejsze elementy.

Wyznaczono wartości maksymalne, minimalne, percentyl 1 i 99 wszystkich danych wejściowych, co zawiera Tabela 23. Zweryfikowano czy wartości te mieszczą się w realnych przedziałach dla poszczególnych parametrów wejściowych. W danych wejściowych można zaobserwować rozbieżność w zakresie czasu dojścia i spędzonego na dojazd w konfiguracjach A oraz B i C, ze względu na weryfikację czasów podróży również w okresach nocy i weekendów w konfiguracji B i C. Z tego wynikają bardzo długie przydzielone czasy podróży (nawet 300 min).

Tabela 23. Zestawienie statystyk dotyczących parametrów wejściowych dla danych sieci GPA

L.P.	Kryterium	Opis	Perce- tyl 1	Perce- tyl 99	Min	Max	Perce- tyl 1	Perce- tyl 99	Min	Max	Perce- tyl 1	Perce- tyl 99	Min	Max
			Konfiguracja A				Konfiguracja B				Konfiguracja C			
1a	t_dg	Czas dojazdu – podróż do gminy [min]	3	55	0	77	7	278	3	280	7	275	4	278
1b	t_dp	Czas dojazdu – podróż do powiatu [min]	3	51	1	62	9	272	4	275	9	271	6	274
1c	t_dw	Czas dojazdu – podróż do m.woj. [min]	5	55	1	67	52	279	50	281	65	278	63	281
2a	lp_g	Liczba przesiadek w podróży do gminy [0-3]	0	1	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0
2b	lp_p	Liczba przesiadek w podróży do siedziby powiatu [0-3]	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
2c	lp_w	Liczba przesiadek w podróży do m. wojewódzkiego [0-3]	0	2	0	3	0	1	0	1	0	1	0	1
3a	t_pg	Sumaryczny czas spędzony na dojazd do gminy [min]	5	128	0	154	7	286	3	288	7	288	4	291
3b	t_pp	Sumaryczny czas spędzony na dojazd do powiatu [min]	9	128	1	154	9	284	4	287	9	283	6	286
3c	t_pw	Sumaryczny czas spędzony na dojazd do m.woj. [min]	55	215	1	241	112	296	104	298	118	296	110	298
4a	d_p	Dostępność przystanków [%]	3	49	3	49	3	49	3	49	3	49	3	49
4b	d_t	Dostępność taboru [%]	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
5	u_prm	Udział osób PRM w ludności gminy [%]	5,6	8,2	5,6	8,2	5,6	8,2	5,6	8,2	5,6	8,2	5,6	8,2
6a	b_pg	Cena biletu jednorazowego – podróż gminna [PLN]	1,00	4,00	1,00	6,00	1,00	2,95	1,00	3,06	1,00	2,88	1,00	2,94
6b	b_pp	Cena biletu jednorazowego – podróż powiatowa [PLN]	2,00	4,20	2,00	4,22	2,00	3,47	2,00	3,52	2,00	3,53	2,00	3,60
6c	b_pw	Cena biletu jednorazowego – podróż wojewódzka [PLN]	3,00	10,00	3,00	11,50	3,00	6,05	3,00	6,23	3,00	5,90	3,00	5,95

L.P.	Kryterium	Opis	Perce- tyl 1	Perce- tyl 99	Min	Max	Perce- tyl 1	Perce- tyl 99	Min	Max	Perce- tyl 1	Perce- tyl 99	Min	Max
7a	b_mg	Cena biletu miesięcznego – podróż gminna [PLN]	25,00	50,00	25,00	50,00	25,00	50,00	25,00	50,00	25,00	50,00	25,00	50,00
7b	b_mp	Cena biletu miesięcznego – podróż powiatowa [PLN]	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
7c	b_mw	Cena biletu miesięcznego – podróż wojewódzka [PLN]	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
8	w_pwb	Przeciętne wynagrodzenie brutto [PLN]	7898	7898	7898	7898	7898	7898	7898	7898	7898	7898	7898	7898
9	w_ub	Udział bezrobotnych [%]	1,4	2,1	1,4	2,1	1,4	2,1	1,4	2,1	1,4	2,1	1,4	2,1
10	w_zu	Zagrożenie ubóstwem [%]	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5
11	w_ddr	Drogi dla rowerów na 100 km2	2,37	37,20	2,37	37,20	2,37	37,20	2,37	37,20	2,37	37,20	2,37	37,20
12	w_ls	Liczba samochodów na 1000 m	727	727	727	727	727	727	727	727	727	727	727	727
13	w_wd	Ofiary wypadków na mieszkańca [os.]	0,000000	0,001306	0,000000	0,001306	0,000000	0,001306	0,000000	0,001306	0,000000	0,001306	0,000000	0,001306
14	n	Niezawodność [%]	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95

Źródło: opracowanie własne

Wskaźnik WK wyznaczono według 4 rodzajów wag, gdzie podzielono je: po równo dla wszystkich kryteriów, po równo w klasach, przydział ekspercki oraz przydział ekspercki z nastawieniem na osoby o ograniczonej mobilności (PRM). Przyporządkowanie wag do kryteriów zawiera Tabela 24.

Tabela 24. Waga kryteriów użytych w analizie wykluczenia komunikacyjnego

L.p.	Kryterium (grupy)	O (ogół) – równy	O – klasy	O – ekspercko	PRM
1a	t_dg	0,0238	0,0220	0,0667	0,0333
1b	t_dp	0,0238	0,0220	0,0667	0,0333
1c	t_dw	0,0238	0,0220	0,0667	0,0333
2a	lp_g	0,0238	0,0223	0,0667	0,0333
2b	lp_p	0,0238	0,0223	0,0667	0,0333
2c	lp_w	0,0238	0,0223	0,0667	0,0333
3a	t_pg	0,0238	0,0223	0,0667	0,0167
3b	t_pp	0,0238	0,0223	0,0667	0,0167
3c	t_pw	0,0238	0,0223	0,0667	0,0167
4a	d_p	0,0357	0,0500	0,0500	0,0750
4b	d_t	0,0357	0,0500	0,0000	0,0750
5	u_prm	0,0714	0,1000	0,0500	0,1500
6a	b_pg	0,0238	0,0133	0,0167	0,0167
6b	b_pp	0,0238	0,0133	0,0167	0,0167
6c	b_pw	0,0238	0,0133	0,0167	0,0167
7a	b_mg	0,0238	0,0133	0,0400	0,0167
7b	b_mp	0,0238	0,0133	0,0000	0,0167
7c	b_mw	0,0238	0,0133	0,0000	0,0167
8	w_pwb	0,0714	0,0400	0,0000	0,0500
9	w_ub	0,0714	0,0400	0,0200	0,0500
10	w_zu	0,0714	0,0400	0,0000	0,0500
11	w_ddr	0,0714	0,0660	0,1000	0,0000
12	w_ls	0,0714	0,0670	0,0000	0,0500
13	w_wd	0,0714	0,0670	0,0500	0,1000
14	n	0,0714	0,2000	0,0000	0,0500

Źródło: opracowanie własne

7.3.3. Wskaźnik wykluczenia komunikacyjnego

Wyniki wskaźnika WK zostały sklasyfikowane w przedziałach wartości 0,10 w zakresie wartości od 0,00 do 1,00 dla każdej z rodzajów wag i uwzględnionej odległości Manhattan lub Euklidesowej (łącznie 8 zestawów obliczeń). Konfigurację A danych zawiera Tabela 25, konfigurację B danych – Tabela 26 i konfigurację C danych – Tabela 27.

Tabela 25. Wskaźnik WK sklasyfikowany w przedziałach wartości z odstępem 0,10 policzony według 4 rodzajów wag i odległości Manhattan bądź Euklidesowej – konfiguracja A

Przedział	Równe wagi Manhattan	Równe wagi Euklides	Wagi klasowe Manhattan	Wagi klasowe Euklides	Wagi eksperckie Manhattan	Wagi eksperckie Euklides	Wagi PRM Manhattan	Wagi PRM Euklides
<0,00;0,10)	0	0	0	0	0	0	0	0
<0,10;0,20)	0	0	0	0	0	0	0	0
<0,20;0,30)	1946	0	1406	1424	4440	979	1408	1424
<0,30;0,40)	17586	18973	16750	3	14369	17647	6776	6449
<0,40;0,50)	6512	6940	7706	24490	8398	9053	17481	89
<0,50;0,60)	3195	3768	3018	2	2665	3336	3115	19894
<0,60;0,70)	3042	2970	3378	7822	2852	2604	3090	1977
<0,70;0,80)	1465	1095	1488	5	1017	127	1770	3913
<0,80;0,90)	0	0	0	0	4	0	106	0
<0,90;1,00>	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela 26. Wskaźnik WK sklasyfikowany w przedziałach wartości z odstępem 0,10 policzony według 4 rodzajów wag i odległości Manhattan bądź Euklidesowej – konfiguracja B

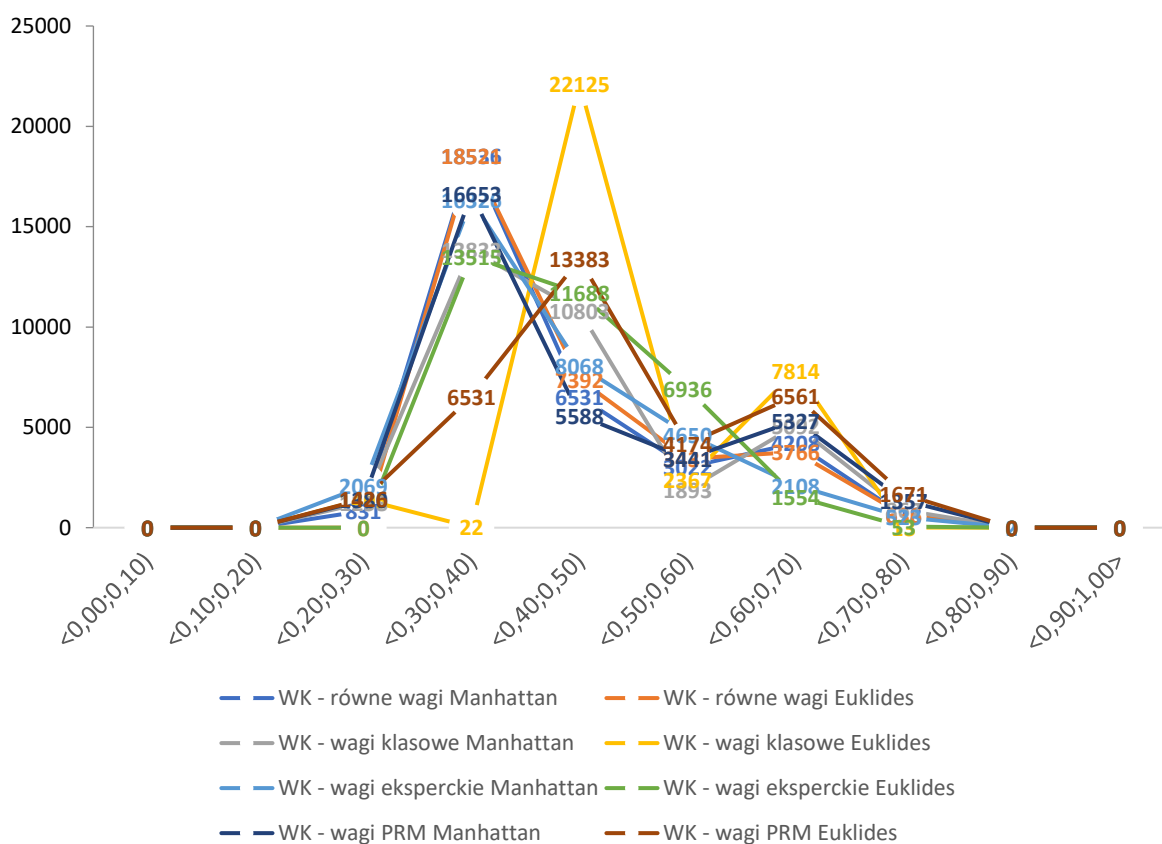
Przedział	Równe wagi Manhattan	Równe wagi Euklides	Wagi klasowe Manhattan	Wagi klasowe Euklides	Wagi eksperckie Manhattan	Wagi eksperckie Euklides	Wagi PRM Manhattan	Wagi PRM Euklides
<0,00;0,10)	0	0	0	0	0	0	0	0
<0,10;0,20)	0	0	0	0	0	0	0	0
<0,20;0,30)	208	0	72	72	77	0	72	72
<0,30;0,40)	761	966	669	0	894	912	979	327
<0,40;0,50)	327	330	555	1170	282	242	201	669
<0,50;0,60)	140	152	33	54	183	309	44	228
<0,60;0,70)	68	139	172	302	124	133	272	236
<0,70;0,80)	183	100	186	89	39	91	31	155
<0,80;0,90)	0	0	0	0	88	0	88	0
<0,90;1,00>	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela 27. Wskaźnik WK sklasyfikowany w przedziałach wartości z odstępem 0,10 policzony według 4 rodzajów wag i odległości Manhattan bądź Euklidesowej – konfiguracja C

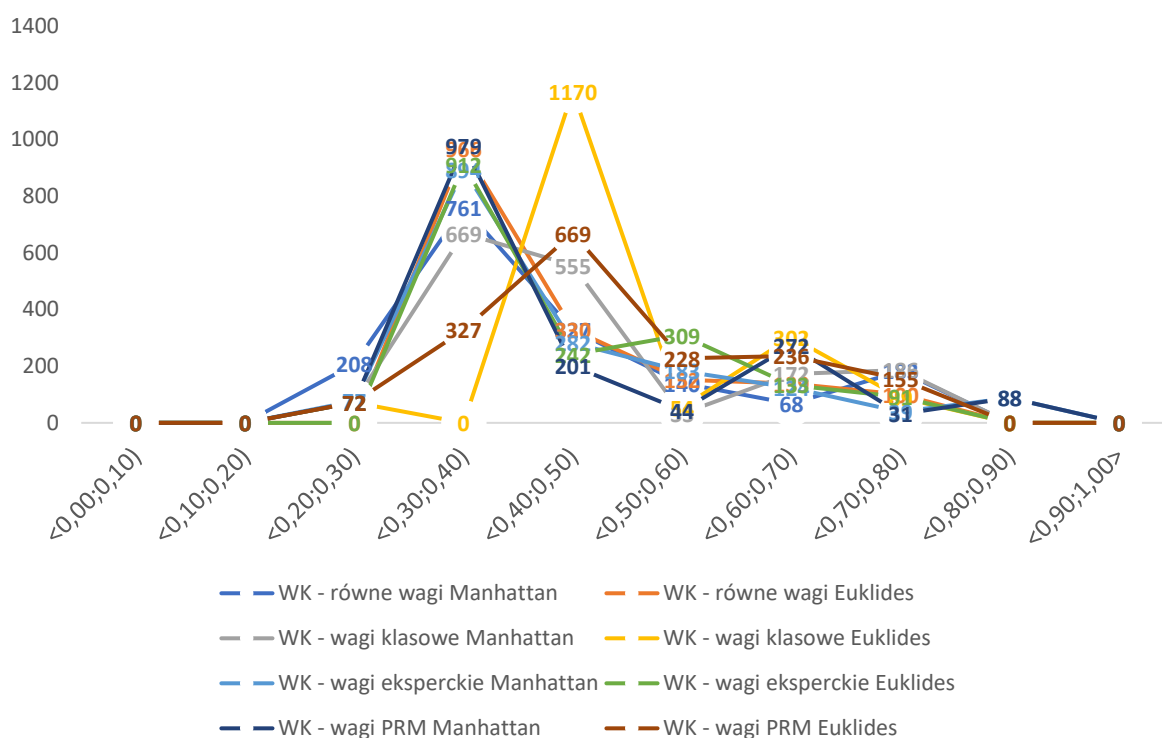
Przedział	Równe wagi Manhattan	Równe wagi Euklides	Wagi klasowe Manhattan	Wagi klasowe Euklides	Wagi eksperckie Manhattan	Wagi eksperckie Euklides	Wagi PRM Manhattan	Wagi PRM Euklides
<0,00;0,10)	0	0	0	0	0	0	0	0
<0,10;0,20)	0	0	0	0	0	0	0	0
<0,20;0,30)	124	0	36	36	60	0	36	36
<0,30;0,40)	360	483	344	0	441	456	492	164
<0,40;0,50)	164	165	268	584	129	131	96	334
<0,50;0,60)	77	84	16	28	95	157	24	114
<0,60;0,70)	33	58	93	160	68	64	149	125
<0,70;0,80)	85	53	86	35	15	35	16	70
<0,80;0,90)	0	0	0	0	35	0	30	0
<0,90;1,00>	0	0	0	0	0	0	0	0

Wyniki przedstawiono również na wykresach (por. Rysunek 48, Rysunek 49 i Rysunek 50).

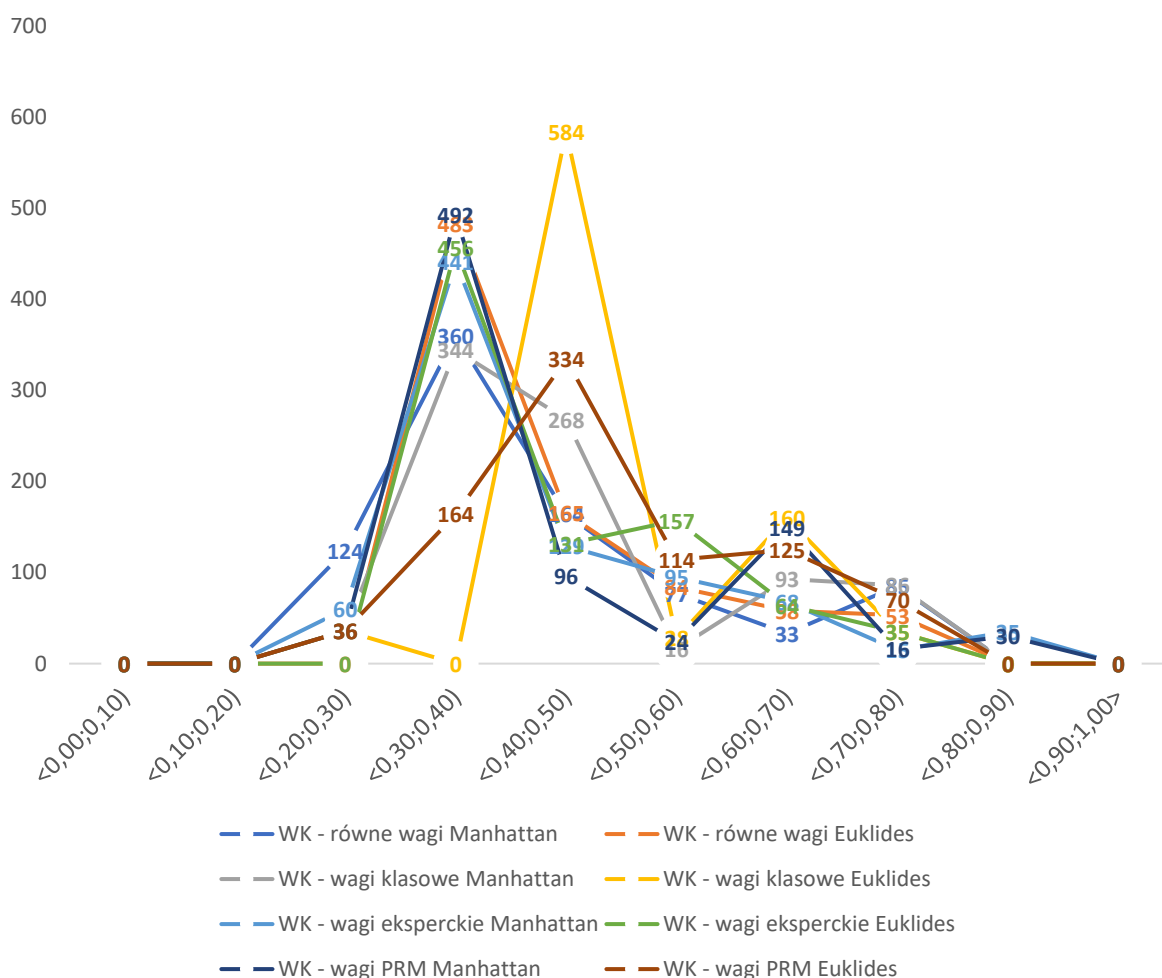
Rysunek 48. Wykres klasyfikacji wyników wskaźnika WK – konfiguracja A



Rysunek 49. Wykres klasyfikacji wyników wskaźnika WK – konfiguracja B



Rysunek 50. Wykres klasyfikacji wyników wskaźnika WK – konfiguracja C



Po wstępnej ocenie stwierdzono, że najbardziej odpowiadający średniej wartości rozrzut wyników zapewnia wariant WK – wagi eksperckie Manhattan, dla którego obliczono parametry statystyczne w podziale na poszczególne JST badanego obszaru oraz dla całego powiatu grodziskiego (por. Tabela 28, Tabela 29 i Tabela 30).

Tabela 28. Parametry statystyczne dla wariantu wag eksperckich i odległości Manhattan – konfiguracja A

	Średnia	Odchylenie standardowe	Mediana	Percentyl 1	Percentyl 99	Decyl 1	Decyl 9	Min	Max
Baranów	0,59	0,07	0,58	0,51	0,75	0,52	0,69	0,50	0,81
Jaktorów	0,56	0,08	0,55	0,44	0,74	0,47	0,68	0,43	0,75
Żabia Wola	0,46	0,04	0,45	0,38	0,56	0,40	0,51	0,37	0,75
Grodzisk Maz.	0,34	0,04	0,34	0,27	0,46	0,30	0,39	0,25	0,52
Milanówek	0,36	0,03	0,35	0,31	0,46	0,33	0,40	0,30	0,48
Podkowa Leśna	0,32	0,03	0,31	0,26	0,41	0,28	0,37	0,25	0,51
powiat grodzicki	0,42	0,11	0,38	0,27	0,72	0,31	0,58	0,25	0,81

Źródło: opracowanie własne

Tabela 29. Parametry statystyczne dla wariantu wag eksperckich i odległości Manhattan – konfiguracja B

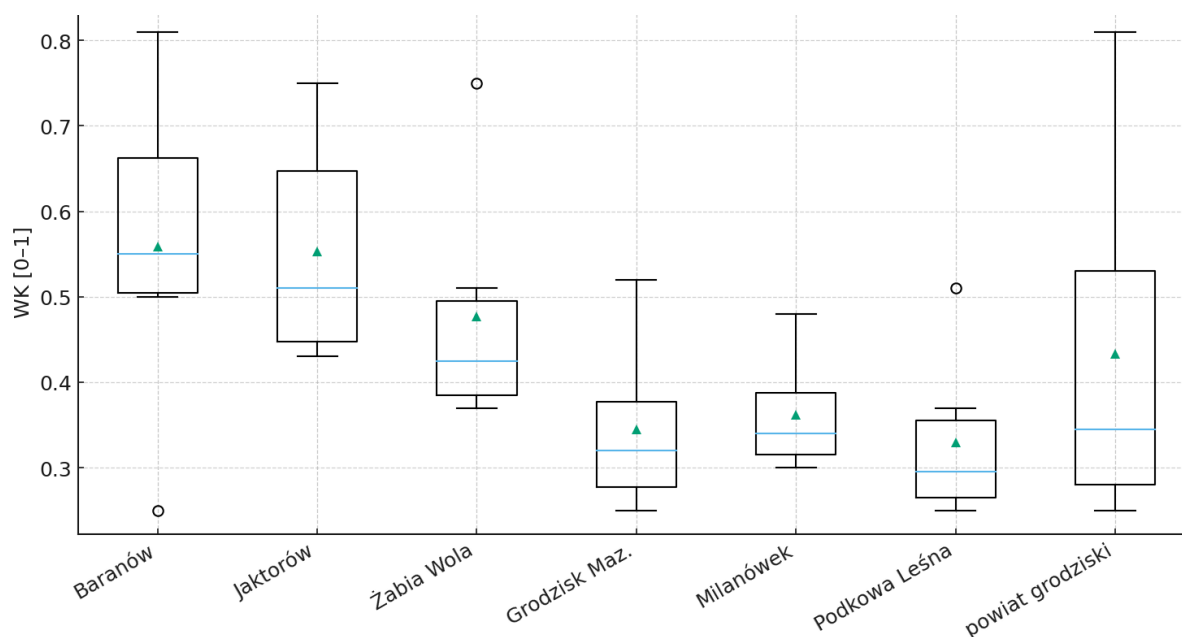
	Średnia	Odchylenie standardowe	Mediana	Percentyl 1	Percentyl 99	Decyl 1	Decyl 9	Min	Max
Baranów	0,69	0,03	0,69	0,62	0,73	0,65	0,72	0,62	0,75
Jaktorów	0,65	0,13	0,61	0,51	0,83	0,52	0,83	0,50	0,83
Żabia Wola	0,46	0,03	0,46	0,40	0,52	0,42	0,50	0,40	0,53
Grodzisk Maz.	0,32	0,02	0,32	0,28	0,39	0,30	0,35	0,27	0,46
Milanówek	0,33	0,02	0,33	0,31	0,39	0,31	0,37	0,31	0,39
Podkowa Leśna	0,32	0,00	0,32	0,31	0,33	0,32	0,33	0,30	0,33
powiat grodziski	0,43	0,15	0,35	0,28	0,83	0,31	0,68	0,27	0,83

Tabela 30. Parametry statystyczne dla wariantu wag eksperckich i odległości Manhattan – konfiguracja C

	Średnia	Odchylenie standardowe	Mediana	Percentyl 1	Percentyl 99	Decyl 1	Decyl 9	Min	Max
Baranów	0,69	0,02	0,69	0,62	0,72	0,66	0,71	0,62	0,72
Jaktorów	0,63	0,12	0,58	0,50	0,83	0,52	0,83	0,50	0,83
Żabia Wola	0,45	0,04	0,46	0,38	0,52	0,40	0,50	0,38	0,53
Grodzisk Maz.	0,32	0,02	0,31	0,28	0,39	0,30	0,34	0,27	0,45
Milanówek	0,33	0,02	0,32	0,30	0,39	0,31	0,37	0,30	0,39
Podkowa Leśna	0,33	0,00	0,33	0,32	0,34	0,32	0,33	0,31	0,34
powiat grodziski	0,42	0,14	0,35	0,28	0,83	0,30	0,67	0,27	0,83

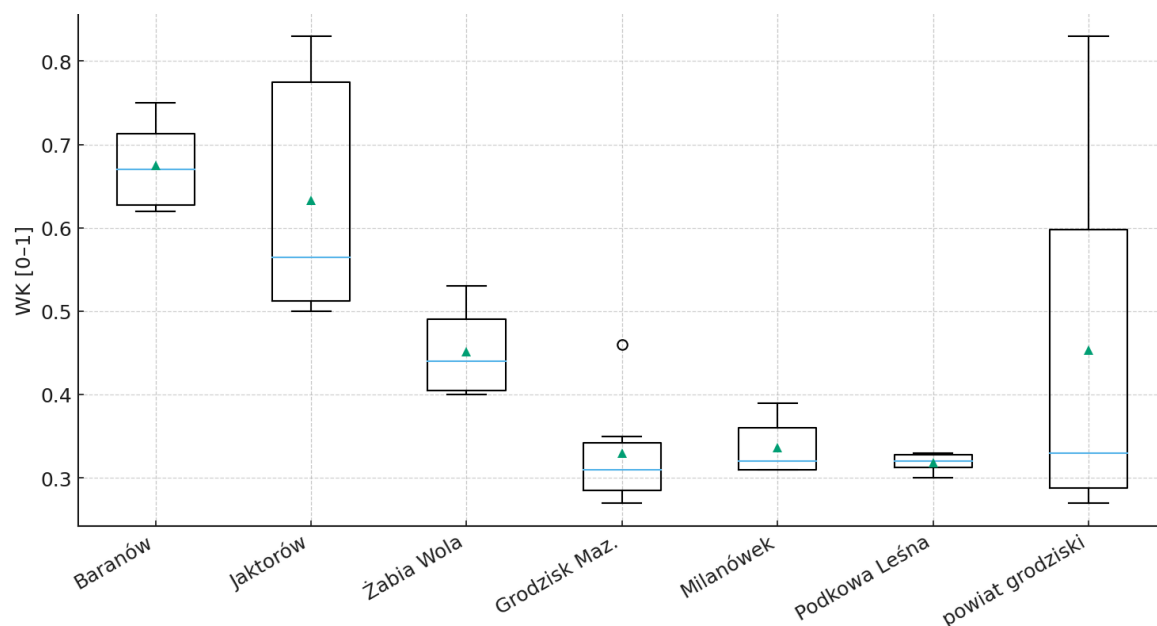
Na bazie tych danych opracowano wykresy pudełkowe obrazujące powyższe wyniki w sposób graficzny, co ułatwiło ich interpretację (por. Rysunek 51 – Rysunek 53).

Rysunek 51. Wykres pudełkowy wskaźnika WK dla wariantu wag eksperckich i odległości Manhattan – konfiguracja A



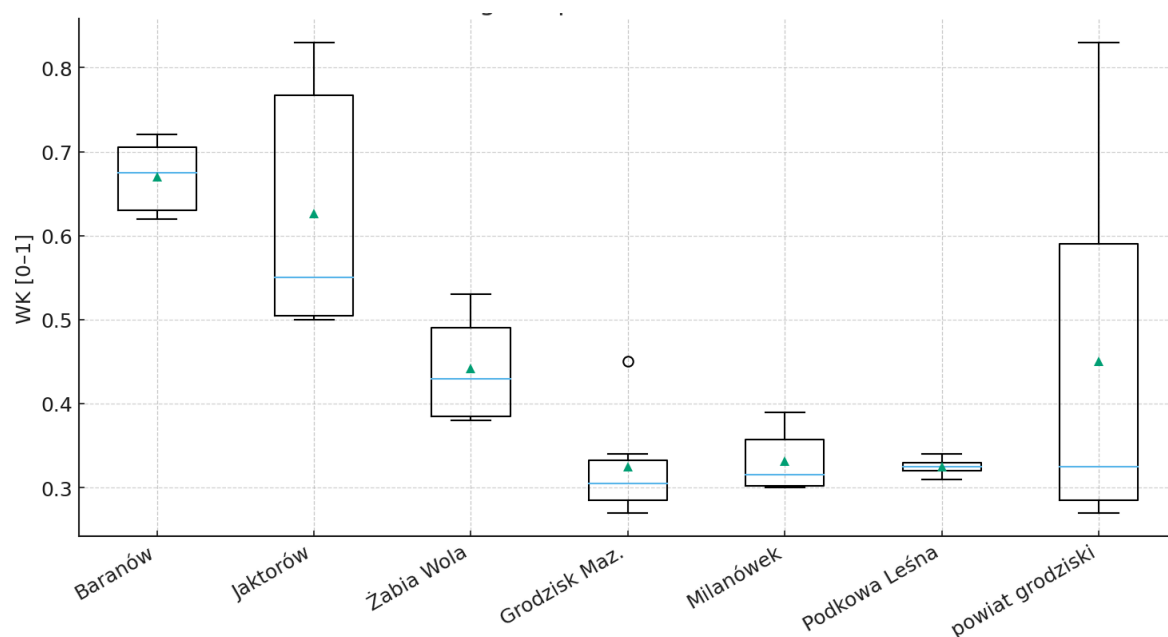
Źródło: opracowanie własne

Rysunek 52. Wykres pudełkowy wskaźnika WK dla wariantu wag eksperckich i odległości Manhattan – konfiguracja B



Źródło: opracowanie własne

Rysunek 53. Wykres pudełkowy wskaźnika WK dla wariantu wag eksperckich i odległości Manhattan – konfiguracja C

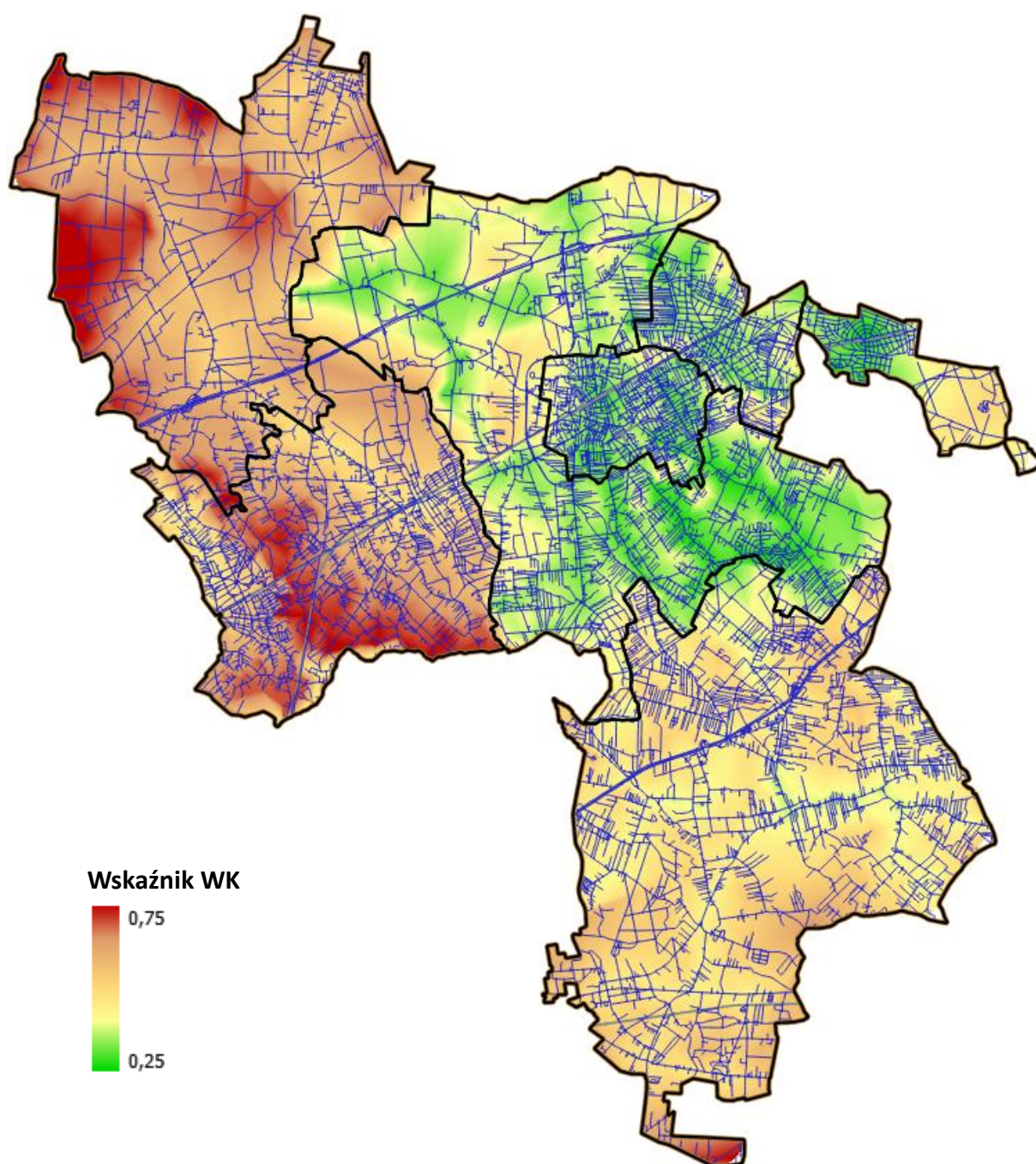


Źródło: opracowanie własne

Dane dla wszystkich konfiguracji zostały też przygotowane w formie mapowym. Wczytane zostały wartości współczynnika WK dla wszystkich punktów, dla których wyznaczono jego wartość w poszczególnych konfiguracjach. Dane zostały wczytane w QGIS (por. Załącznik 13. Wskaźnik WK – input do QGIS) i zwizualizowane pod postacią map

ciepła (por. Rysunek 54, Rysunek 55 i Rysunek 56). Na mapach widoczna jest też infrastruktura kolejowa i drogowa, by zwizualizować wyniki względem sieci transportowej. Na czarno zaznaczono granice poszczególnych gmin powiatu grodziskiego oraz miasta Grodzisk Mazowiecki.

Rysunek 54. Mapa ciepła wskaźnika WK [0,00-1,00] w powiecie grodziskim, dla konfiguracji A i wariantu z użyciem wag eksperckich i odległości Manhattan

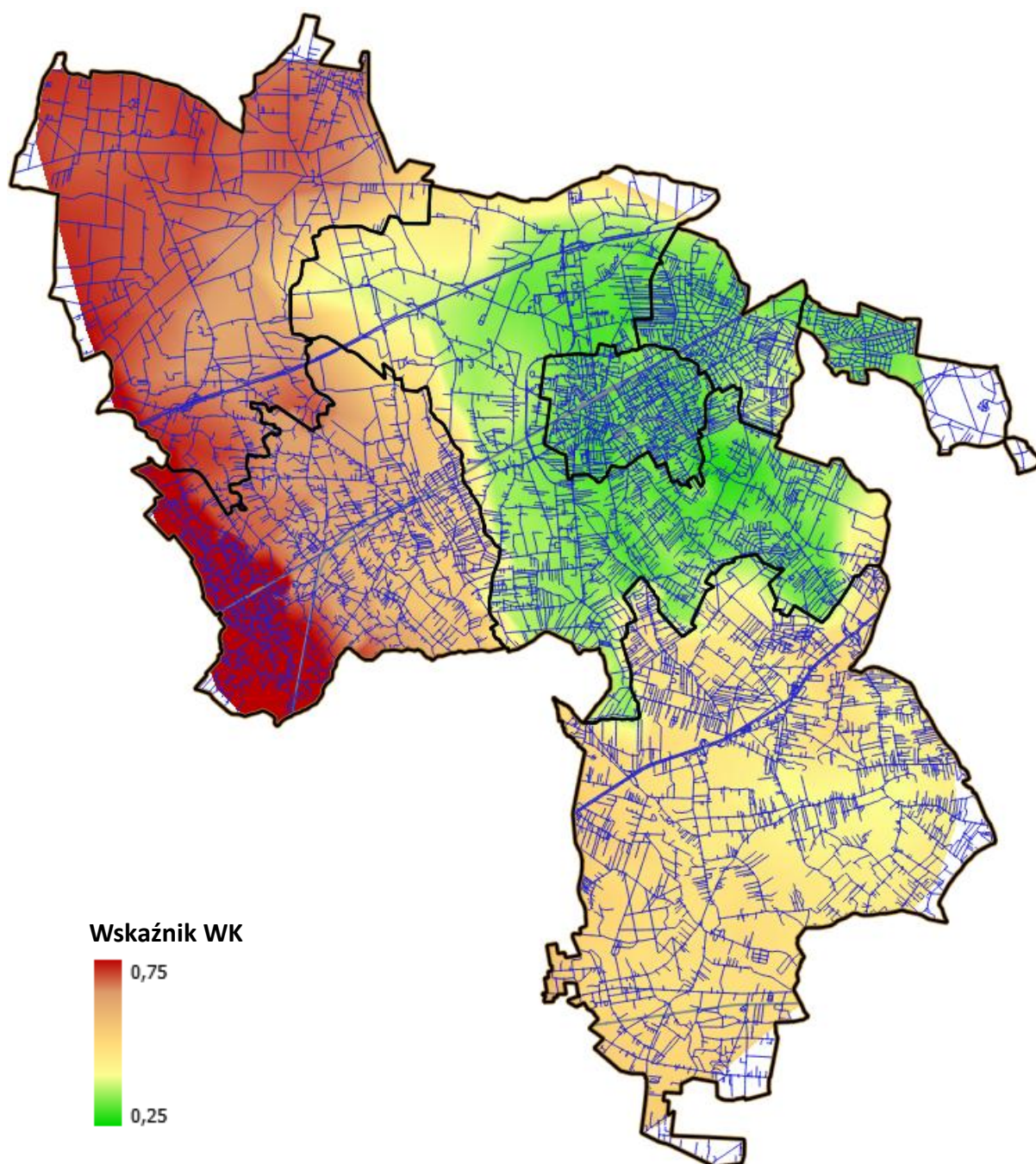


Źródło: opracowanie własne QGIS+OSM

Ze względu na to, że w konfiguracjach B i C odpytywano odpowiednio co 20 lub 40 budynek mieszkalny, na granicach obszaru występują strefy, da których nie została

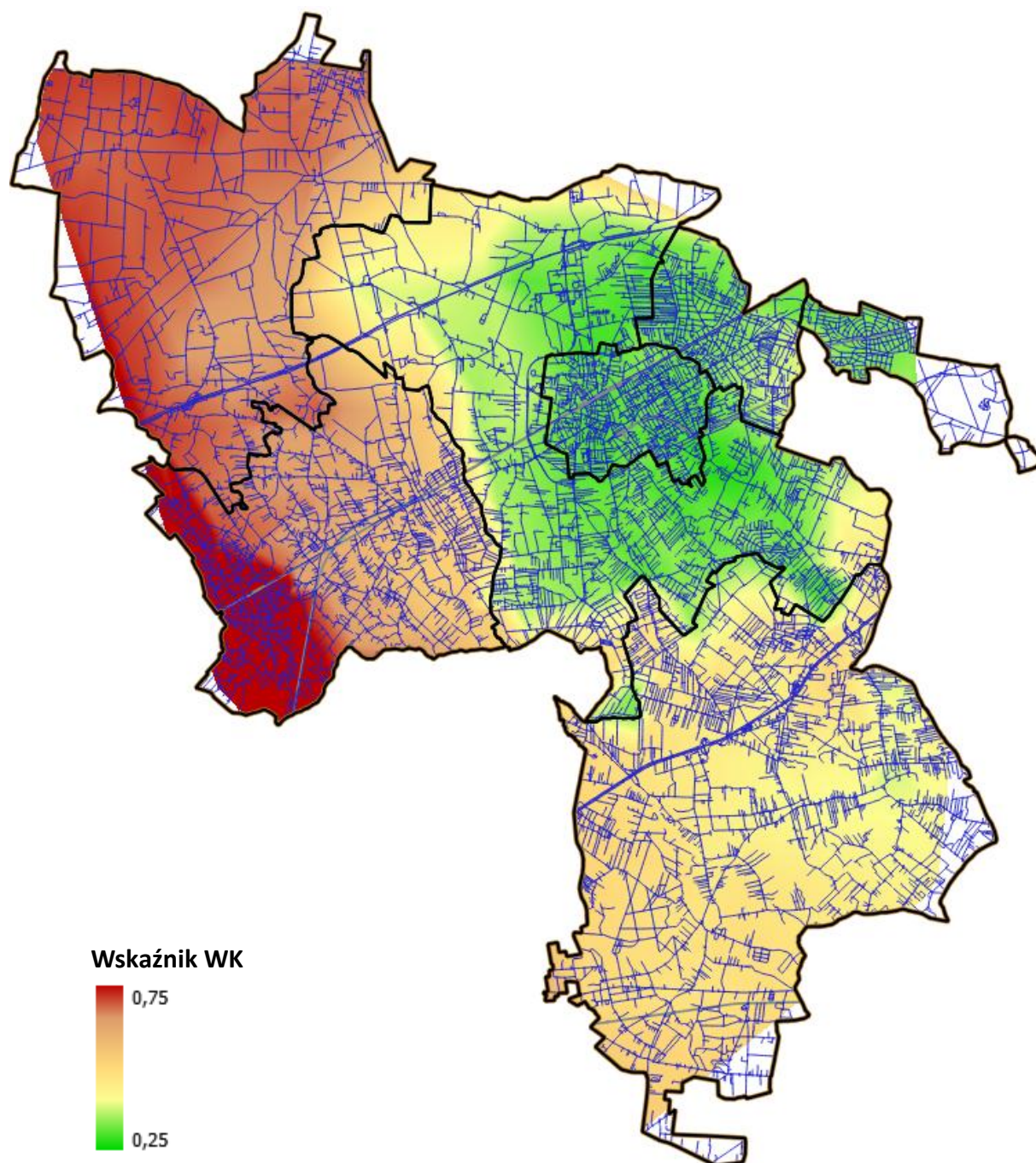
przyporządkowana wartość współczynnika WK. Należy te obszary odczytywać jako brak danych, ze względu na brak możliwości wyznaczenia rastra dla obszaru, który nie znajdował się w zakresie połączenia linią dwóch dowolnych punktów w analizie – obszar ograniczony jest skrajnymi lokalizacjami budynków mieszkalnych oraz granicami powiatu grodziskiego.

Rysunek 55. Mapa ciepła wskaźnika WK [0,00-1,00] w powiecie grodziskim, dla konfiguracji B i wariantu z użyciem wag eksperckich i odległości Manhattan



Źródło: opracowanie własne QGIS+OSM

Rysunek 56. Mapa ciepła wskaźnika WK [0,00-1,00] w powiecie grodziskim, dla konfiguracji C i wariantu z użyciem wag eksperckich i odległości Manhattan



Źródło: opracowanie własne QGIS+OSM

7.4. Omówienie danych wynikowych

7.4.1. Podział wyników wskaźnika WK na klasy

Przetawione wyniki pokazują rozkład wartości wskaźnika WK w przedziałach co 0,10; dla różnych zestawów wag (równych, klasowych, eksperckich oraz PRM) i dwóch metryk odległości (Manhattan oraz Euklidesowej) – por. Tabela 25 – Tabela 27 i Rysunek 48 – Rysunek 50. We wszystkich konfiguracjach (A, B i C) dominują wartości w przedziałach

$<0,30; 0,40$) oraz $<0,40; 0,50$), co wskazuje, że wartość wskaźnika WK dla większości analizowanych budynków mieszkalnych charakteryzuje się umiarkowanym niskim i nieco niższym od średniego poziomem. Stosując równe lub klasowe wagi dla wszystkich parametrów wyniki są bardziej skupione. Zastosowanie wag eksperckich i PRM powoduje większe rozproszenie wyników – część jednostek osiąga wyższe wartości wskaźnika (w przedziale do 0,70-0,80 lub nawet 0,80-0,90), co świadczy o większej czułości tych metod na zróżnicowanie przestrzenne. W całym zestawie brak jest wartości skrajnie niskich ($<0,2$) i wysokich ($>0,9$), co sugeruje, że w badanym obszarze nie występują budynki mieszkalne o najgorszych wszystkich wartościach kryteriów, ani budynki o samych najlepszych wartościach kryteriów.

Porównanie trzech konfiguracji danych wskazuje na dużą stabilność rozkładu wartości wskaźnika WK niezależnie od rozdzielczości liczby analizowanych budynków i zakresu czasowego odpytywania algorytmu OTP o podróże. We wszystkich przypadkach dominują wartości średnie w przedziale $<0,30-0,60$), natomiast zróżnicowanie wyników rośnie wraz z użyciem bardziej dopasowanych do lokalnych warunków systemów wag (eksperckich) lub dopasowanych do określonej grupy społecznej (PRM). Zastosowana metryka odległości ma mniejszy, choć zauważalny wpływ – metryka Euklidesowa generuje większe rozproszenie wyników, podczas gdy Manhattan prowadzi do bardziej skupionych rozkładów. Wraz z przechodzeniem od konfiguracji A do C zmniejsza się liczebność próby, lecz zachowany zostaje ogólny kształt rozkładu, co potwierdza odporność wskaźnika WK na zmianę poziomu agregacji przestrzennej.

Ogólnie wyniki potwierdzają, że badany obszar cechuje się umiarkowanie niskim i niższym niż średni WK, przy braku ekstremalnie wysokich, jak i ekstremalnie niskich wartości.

7.4.2. Omówienie wyników statystyk dla gmin i powiatu

Wariant obliczeniowy oparty na wagach eksperckich i metryce Manhattan uznano za reprezentatywny, pozwolił na najbardziej zróżnicowaną ocenę poziomu WK dla zebranego zestawu danych, a uzyskane wartości WK jako jedyne znalazły się w zakresie $<0,20;0,90$). Poddano je więc dalszej analizie, obliczając podstawowe parametry statystyczne i prezentując je w tabelach i na wykresach pudełkowych – por. Tabela 28 – Tabela 30 i Rysunek 51 – Rysunek 53.

We wszystkich konfiguracjach wartości średnie wskaźnika WK w JST wahały się od 0,32-0,33 w Podkowie Leśnej do 0,59-0,69 w gminie Baranów, a średnia dla całego powiatu

grodziskiego wynosi 0,42 lub 0,43. Odchylenie standardowe wartości WK dla całego powiatu wyniosło 0,11-0,15, co potwierdza wewnętrzne zróżnicowanie terytorialne. Oznacza to zróżnicowanie WK w obrębie powiatu, przy czym gminy położone peryferyjnie (Baranów i Jaktorów) wykazują znacznie wyższe wartości WK. W konfiguracjach B i C w tych gminach wartości wskaźnika WK podniosły się względem konfiguracji A. Może to świadczyć o węższym okresie kursowania komunikacji na tych obszarach niż w pozostałych gminach (weryfikacja czasów przejazdu przez całą dobę oraz w soboty i niedziele). W tych gminach odnotowano też największe zróżnicowanie wartości wskaźnika widoczne po odchyleniu standardowym. Gminy miejsko-wiejskie Grodzisk Mazowiecki lub miejskie (Milanówek i Podkowa Leśna) uzyskały wyraźnie niższe wartości, co odzwierciedla lepszy poziom obsługi PTZ. Wartości bliskie średniej uzyskano w Żabiej Woli. Największe zróżnicowanie wartości wskaźnika wykazuje gmina Jaktorów.

Różnice między gminami miejskimi a wiejskimi uległy pogłębieniu – szczególnie widoczne jest to w zakresie percentyli 99 i decyli 9, gdzie dla gmin peryferyjnych odnotowano wartości maksymalne powyżej 0,8, podczas gdy w gminach miejskich maksymalnie przekraczają 0,4. Wskazuje to na przestrzenny gradient dostępności, najniższy na zachodzie (gminy wiejskie) i ulegający wzrostowi ku wschodowi (obszar Grodziska Mazowieckiego i kierunek do Warszawy).

Utrzymanie podobnych parametrów w trzech konfiguracjach potwierdza, że wskaźnik WK w wariancie z wagami eksperckimi i odległością Manhattan jest narzędziem stabilnym, dobrze odzwierciedlającym rzeczywiste różnice przestrzenne w dostępności transportowej i nadającym się do dalszych analiz porównawczych.

7.4.3. Omówienie miejsc wyznaczonych na mapach

Trzy przedstawione mapy (por. Rysunek 54 – Rysunek 56) obrazują przestrzenny rozkład wartości wskaźnika WK w powiecie grodziskim, opracowany dla wariantu z zastosowaniem wag eksperckich i odległości Manhattan, w trzech konfiguracjach danych: A, B i C. Na mapach zastosowano ciągłą skalę barwną – kolor zielony oznacza obszary o najniższych wartościach WK ($\leq 0,25$), czyli o najwyższej dostępności transportowej, natomiast kolor czerwony – wartości największe ($\geq 0,75$), odpowiadające najwyższemu poziomowi wykluczenia komunikacyjnego. Mapy potwierdzają analizy statystyczne i ukazują największe WK w gminach Jaktorów i Baranów, średnie w Żabiej Woli i najlepsze wyniki w Grodzisku Mazowieckim, Milanówku oraz Podkowie Leśnej. Potwierdza to ich silne powiązanie z infrastrukturą PTZ, siecią dróg wyższej kategorii i bliskością głównych

korytarzy komunikacyjnych, a także celów podróży. Z kolei część zachodnia powiatu (gmina Baranów) oraz południowo-zachodnie fragmenty gminy Jaktorów zaznaczają się barwami czerwonymi, co wskazuje na największe WK. Układ ten dobrze odzwierciedla peryferyjność i niższy poziom PTZ w tych obszarów.

W konfiguracji B (Rysunek 48), gdzie analizowano co 20 budynek mieszkalny, rozkład przestrzenny wartości WK zachowuje ogólną strukturę z konfiguracji A, jednak powierzchnie stref są bardziej wygładzone i mniej szczegółowe. Na mapie konfiguracji C (Rysunek 49), w której odpytywano co 40 budynek, ogólny układ przestrzenny wskaźnika WK pozostaje podobny, ale wzrasta udział obszarów pozbawionych danych, zwłaszcza na obrzeżach powiatu. Różnice między konfiguracjami A i B lub C wynikają z niższej gęstości danych oraz interpolacji opartej na mniej licznych punktach, co powoduje powstanie obszarów bez przypisanej wartości (szare lub neutralne strefy na granicach). Pomimo tego trend przestrzenny jest czytelny – najwyższe wartości WK (kolor czerwony) utrzymują się w zachodniej części powiatu, głównie w rejonie gminy Baranów, natomiast najniższe (kolor zielony) w centrum, wokół Grodziska Mazowieckiego, Milanówka i Podkowy Leśnej.

Porównanie wszystkich trzech map wskazuje na wysoką zgodność przestrzenną wyników – niezależnie od gęstości próbkowania danych utrzymuje się ten sam kierunek gradientu WK: od wartości małych we wschodniej i centralnej części powiatu do dużych na zachodnich i południowych obrzeżach. Zmniejszenie liczby punktów pomiarowych w konfiguracjach B i C skutkuje utratą części szczegółów lokalnych, ale nie wpływa na ogólny obraz przestrzenny.

Mapa ciepła w sposób wizualny potwierdza wyniki analizy ilościowej, ukazując spójny i logiczny układ przestrzenny zróżnicowania WK w skali całego powiatu.

7.4.4. Podsumowanie wyników

Porównanie obszarów skrajnych wskazuje na wyraźny gradient przestrzenny wykluczenia komunikacyjnego przebiegający z zachodu na wschód powiatu. Wraz z oddalaniem się od centrum gminy i powiatu – Grodziska Mazowieckiego oraz Warszawy, wartości WK systematycznie rosną. Widoczny jest również podział funkcjonalny – gminy miejskie pełnią rolę centrów integracji transportowej, natomiast gminy wiejskie zachodnie i południowe pozostają w strefie ograniczonej obsługi komunikacyjnej.

Utrzymanie podobnego układu przestrzennego w konfiguracjach A-C potwierdza stabilność wskaźnika WK i jego wysoką zdolność do uchwycenia rzeczywistych dysproporcji

przestrzennych, choć poziom dokładności wyraźnie lepszy uzyskano w przypadku konfiguracji A, w której odpytywano o dojazd z każdego budynku mieszkalnego. W przyszłości, rozwijając i ulepszając metodę, należałoby zwrócić uwagę na lepszy dobór budynków do analizy w konfiguracjach B i C, np. typując co 20 lub 40 budynek nie po ich kolejności, ale równomiernie przestrzennie, by rzadziej odpytywać w algorytmie OTP o czasy podróży z obszarów zagęszczenia zabudowy i częściej w obszarach rozrzedzenia zabudowy.

7.5. Weryfikacja metody

7.5.1. Obszary o najgorszej i najlepszej wartości wskaźnika WK

Najwyższe wartości wskaźnika WK, odpowiadające najsilniejszemu wykluczeniu komunikacyjnemu ($WK \geq 0,70$), występują konsekwentnie w zachodniej i południowo-zachodniej części powiatu grodziskiego, obejmując przede wszystkim gminę Baranów oraz Jaktorów i południowy obszar gminy Żabia Wola (por. Rysunek 57-Rysunek 59).

Po naniesieniu na te obszary korytarzy z obsługą PTZ GPA oraz dobowej liczby kursów w dzień powszedni, wyraźnie widać zależności wpływające na wartość wskaźnika – odległość od centrum gminy, powiatu i Warszawy, dostęp do PTZ wraz z możliwościami dojazdu oraz zróżnicowanie statystyczne poszczególnych gmin. Wysokie wartości WK wskazują na niską dostępność PTZ oraz duże odległości do przystanków i węzłów komunikacyjnych. Charakterystyczne są tu rozproszone formy zabudowy, brak regularnych połączeń autobusowych o wysokiej częstotliwości oraz słaba integracja z siecią kolejową.

Część obszarów Baranowa, szczególnie w jego zachodnich krańcach, pozostaje poza zasięgiem głównych korytarzy transportowych i cechuje się ograniczoną infrastrukturą drogową o lokalnym znaczeniu. Wyniki te jednoznacznie wskazują, że gminy peryferyjne zachodniej części powiatu są najbardziej zagrożone wykluczeniem komunikacyjnym, a ich mieszkańcy mają najniższy poziom dostępności usług publicznych w zasięgu PTZ.

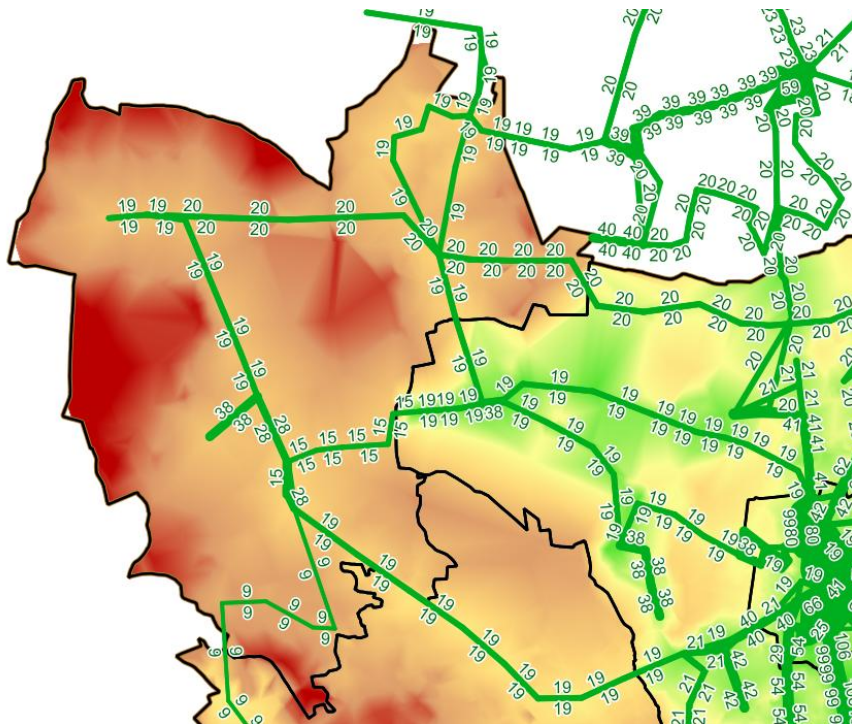
Najniższe wartości wskaźnika WK ($WK \leq 0,35$), występują w centralnej i północno-wschodniej części powiatu, obejmując:

- miasto Grodzisk Mazowiecki (średnia 0,32-0,34, minimum 0,25-0,27),
- Milanówek (średnia 0,33-0,36, minimum 0,30-0,31),
- Podkowę Leśną (średnia 0,32-0,33, minimum 0,25-0,30).

Na mapach (por. Rysunek 54 – Rysunek 56) obszary te oznaczone są barwą zieloną. Ich przewaga wynika z dobrego dostępu do centrów gmin, powiatu i Warszawy. Wysoka intensywność zabudowy i krótsze odległości pomiędzy punktami zamieszkania

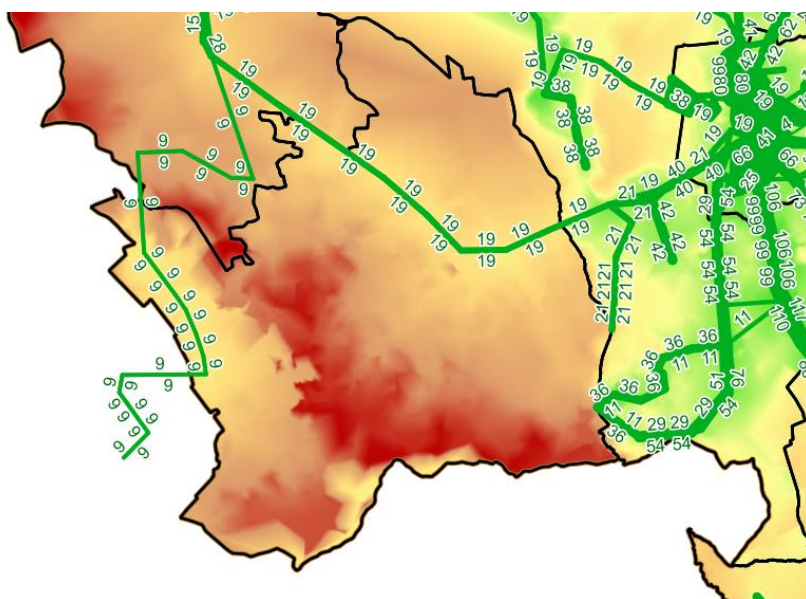
a przystankami skutkują bardzo niskimi wartościami WK, co potwierdza znacznie lepszy poziom mobilności i dostępności do usług publicznych w tych jednostkach.

Rysunek 57. Obszar gminy Baranów, dobowo liczb kursów GPA oraz mapa ciepła wskaźnika WK w konfiguracji A



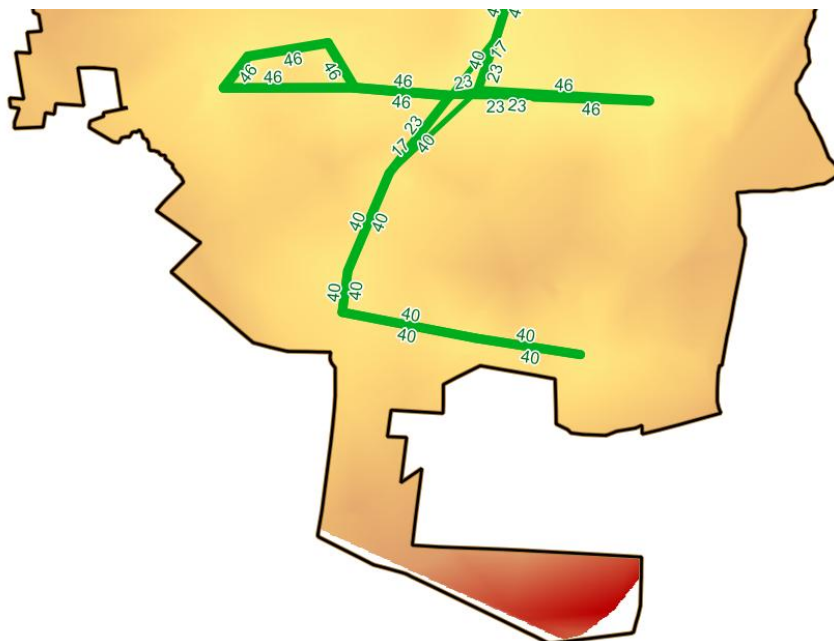
Źródło: GTFS GPA i QGIS, opracowanie własne

Rysunek 58. Obszar gminy Jaktorów, dobowo liczb kursów GPA oraz mapa ciepła wskaźnika WK w konfiguracji A



Źródło: GTFS GPA i QGIS, opracowanie własne

Rysunek 59. Obszar gminy Żabia Wola, dobowo liczone kursy GPA oraz mapa ciepła wskaźnika WK w konfiguracji A



Źródło: GTFS GPA i QGIS, opracowanie własne

7.5.2. Porównanie z wynikami uzyskanymi w projekcie Gospostrateg

Porównanie rozpoczęto od zestawienia wyników wskaźnika opracowanego w ramach projektu Gospostrateg [190] i niniejszej pracy dla najbardziej zaawansowanej konfiguracji A (por. Tabela 31). Na wstępie trzeba podkreślić, że wartości wskaźników nie są bezpośrednio porównywalne liczbowo ze względu na przyjęcie innych kryteriów oraz innego obszaru analizy (cały kraj i jeden powiat). W Gospostrategu analizowano wskaźnik dla każdego punktu adresowego, natomiast w niniejszej pracy tylko dla budynków mieszkalnych.

Tabela 31. Porównanie wartości wskaźników WK uzyskanych w ramach projektu Gospostrateg z niniejszą pracą

Gmina	Wskaźnik WK Gospostrateg	Wskaźnik WK z niniejszej pracy (konfiguracja A)
Baranów	0,0722	0,59
Jaktorów	0,2010	0,56
Żabia Wola	0,0121	0,46
Grodzisk Mazowiecki	0,0001	0,34
Milanówek	0,0004	0,36
Podkowa Leśna	0,0117	0,32

Źródło: opracowanie własne

W obu przypadkach jednak wartości najwyższe uzyskano w grupie 3 gmin (Baranów, Jaktorów i Żabia Wola) oraz najniższe w grupie pozostałych 3 gmin (Grodzisk Mazowiecki,

Milanówek i Podkowa Leśna). Występują jednak różnice w ich kolejności w obu metodach. Mogą one wynikać z uwzględnienia większej liczby sieci komunikacyjnych w projekcie Gospostrateg (sieć ZTM Warszawa czy Kolei Mazowieckich). Natomiast metoda w niniejszej pracy była ograniczona do sieci GPA, jednak nie przyjmowano z góry określonych kryteriów zaliczenia punktu jako wykluczonego komunikacyjnie. Te podejścia metodyczne mogą decydować o kolejności wartości wskaźnika WK. Jednak ogólny trend wartości wskaźnika wydaje się właściwy i potwierdzający kierunek, jaki został obrany na potrzeby niniejszej pracy.

7.5.3. Walidacja

Istnieje możliwość walidacji ankietowej poszczególnych kryteriów WK oraz deklarowanych trudności z dojazdem w badanym obszarze względem wyznaczonego wskaźnika WK. Celem walidacji byłoby uzyskanie wiedzy o tym czy wyniki uzyskane metodą obliczeniową znajdują odzwierciedlenie w rzeczywistych doświadczeniach mieszkańców. Możliwe jest przeprowadzenie ankiet walidacyjnych wśród mieszkańców poszczególnych gmin powiatu grodziskiego, a w szczególności w określonych obszarach, gdzie uzyskano wyniki najlepsze, najgorsze i pośrednie. Pytania w ankiecie powinny obejmować subiektywnie postrzeganą trudność w dojeździe do pracy, szkoły, usług publicznych czy placówek ochrony zdrowia albo subiektywne poczucie zjawiska WK. Uzyskane odpowiedzi można potem porównać z wartościami wskaźnika przypisanymi do miejsca zamieszkania respondententa, empirycznie odnosząc się do oceny na podstawie modelu.

Walidacja powinna polegać na analizie korelacji pomiędzy wartościami WK a odpowiedziami respondentów w skali subiektywnej (np. od 1 – „brak problemów z dojazdem” do 5 – „bardzo duże trudności z dojazdem”). Wysoka dodatnia korelacja między deklarowanymi trudnościami a dużymi wartościami WK potwierdzałaby zgodność modelu z rzeczywistością. W analizie szczegółowej można również weryfikować poprawność poszczególnych składowych wskaźnika (np. czas dojścia do przystanku, dostępność połączeń, częstotliwość kursów) w oparciu o percepcję mieszkańców. Takie podejście pozwala ocenić, które komponenty modelu najlepiej oddają realne ograniczenia mobilności, a które wymagają korekty lub zmiany wagi. W przypadku rozbieżności możliwe jest dostosowanie parametrów wejściowych w tym m.in. potencjalnych celów podróży czy wartości wag, mając na celu wzrost precyzji modelu. Połączenie walidacji ankietowej stworzy podstawy do dalszej kalibracji modelu, umożliwiając jego adaptację do innych powiatów lub większych obszarów funkcjonalnych.

7.5.4. Wrażliwość

Analiza wrażliwości wskaźnika WK stanowi ważny element oceny stabilności metody oraz jej odporności na zmiany założeń wejściowych. Celem tego etapu byłoby określenie, w jakim stopniu wartości końcowe wskaźnika reagują na modyfikacje poszczególnych parametrów wejściowych, takich jak czasy dojścia do przystanków, czas poświęcony na podróż czy poziomy wag przypisanych poszczególnym kryteriom. Sprawdzenie wrażliwości może polegać na wprowadzeniu kontrolowanych zmian — np. o ± 5 , 10, 15 czy 20% względem wartości bazowych — oraz obserwacji, jak wpływa to na końcową wartość wskaźnika WK dla jednostek przestrzennych. Takie podejście pozwoliłoby określić, które czynniki mają największy wpływ na wynik modelu i w jakim zakresie model zachowuje stabilność.

Wyniki analizy przeprowadzonej zarówno dla odległości Euklidesowych, jak i Manhattan (por. Tabela 25 – Tabela 27), wskazują, że metoda pozostaje relatywnie stabilna przy zmianie znaczenia parametrów z odległości wynikającej z sumy wartości bezwzględnych różnic wzdłuż osi zmiennych na odległości będące pierwiastkiem z sumy kwadratów różnic. Porównanie wyników pozwala zauważyć, że model oparty na metryce Euklidesowej jest bardziej czuły na zmiany wag i wartości cząstkowych. Wskaźniki oparte na odległości Manhattan charakteryzują się nieco większym wygładzeniem przestrzennym i mniejszym rozproszeniem wyników po modyfikacjach parametrów, co wskazuje na ich bardziej uśredniony charakter.

7.5.5. Transparentność

Transparentność wskaźnika WK odnosi się do stopnia, w jakim proces jego konstruowania, obliczania i interpretacji jest zrozumiały, powtarzalny i możliwy do weryfikacji przez innych badaczy lub interesariuszy. Wysoki poziom transparentności stanowi kluczowy element wiarygodności metody, umożliwiając porównywanie wyników oraz praktyczne zastosowanie w planowaniu transportu i polityce mobilności. W przypadku opracowanego wskaźnika WK transparentność zapewniono poprzez jednoznaczne określenie wszystkich etapów jego budowy – od doboru zmiennych cząstkowych, przez ich standaryzację i ważenie, po końcową agregację wyników i wizualizację przestrzenną w środowisku GIS.

Każdy z elementów modelu został opisany w sposób umożliwiający jego replikację. Zastosowane rodzaje wag (równe, klasowe, eksperckie, PRM) oraz metryki odległości (Manhattan, Euklidesowa) zostały przedstawione wraz z uzasadnieniem teoretycznym

i praktycznym. Dzięki temu użytkownik modelu ma pełną świadomość, w jaki sposób poszczególne komponenty wpływają na wynik końcowy. Przejrzystość dotyczy także struktury danych wejściowych — ich źródeł (np. OSM, GUS, dane od organizatora PTZ), formatu (raster, punkt, linia) oraz zasad interpolacji i normalizacji. W rezultacie każdy etap przetwarzania danych może zostać powtórzony i zweryfikowany niezależnie, co zwiększa zaufanie do uzyskanych wartości wskaźnika.

Transparentność modelu WK jest również wspierana przez zastosowanie jednoznacznej skali wyników [0,00-1,00], która ułatwia interpretację rezultatów oraz ich porównanie w różnych konfiguracjach i jednostkach przestrzennych. Jednolity zakres i zdefiniowane przedziały wartości (co 0,10) umożliwiają intuicyjne odczytywanie poziomu wykluczenia komunikacyjnego — od ekstremalnie niskiego do ekstremalnie wysokiego. Dodatkowo wizualizacja wyników w postaci map ciepła stanowi przejrzyste narzędzie komunikacji, co zwiększa użyteczność wskaźnika w praktyce planistycznej. Należy jednak zwrócić uwagę, że w ramach niniejszej pracy nie określono ostatecznych i granicznych wartości parametrów — określono je jedynie dla obszaru testowego opracowania, czyli powiatu grodziskiego. Dodanie kolejnych obszarów może spowodować zmianę tych granicznych wartości, a więc w procesie nauki na kolejnych danych, można uzyskiwać bardziej pełny zbiór. Docelowo, pełny zbiór zostałby osiągnięty dla obszaru całej Polski.

8. Podsumowanie rozprawy

Na tle zachodzących w Polsce procesów, w tym m.in. postępującej suburbanizacji, a w efekcie co raz większej liczbie mieszkańców obszarów podmiejskich i wiejskich, borykających się z problemami komunikacyjnymi w codziennych dojazdach do miast, rozprawa podnosi istotny temat oceny wykluczenia komunikacyjnego. Zjawisko to zdefiniowano jako ograniczone możliwości dojazdu do celów podróży lub powrotu przy wykorzystaniu transportu publicznego, które powodują brak możliwości uczestniczenia w określonych aktywnościach lub dziedzinach życia społecznego. Na obszarach wiejskich mieszkańcy bardzo często są zdani tylko na własne środki transportu, a szacuje się, że w skali całego kraju nawet co 3 mieszkaniec może ponosić konsekwencje wykluczenia komunikacyjnego. Kluczowe jest określenie parametrów tego zjawiska na obszarze kraju oraz identyfikacja miejsc najbardziej wykluczonych komunikacyjnie.

Najważniejszym osiągnięciem niniejszej pracy jest opracowanie metody oceny wykluczenia komunikacyjnego, w której nie zakłada się „z góry” ustalonych parametrów brzegowych kryteriów, warunkujących wystąpienie tego zjawiska. Metoda pozwala ocenić określony obszar i wskazać na nim podobszary potencjalnie najmniej narażone na wystąpienie zjawiska wykluczenia komunikacyjnego, a w szczególności te najbardziej narażone na to zjawisko. Wykorzystuje się przy tym wielokryterialne podejście stosując 14 kryteriów cząstkowych, zawierających nie tylko wskaźniki dostępności transportowej, ale też uwzględniając inne gałęzie transportu i wskaźniki społeczno-gospodarcze dla badanego obszaru. Zastosowane podejście wyczerpuje cel pracy, czyli opracowanie metody oceny WK, która pozwala zidentyfikować obszary o niedoborze publicznego transportu zbiorowego.

Praca polemizuje z dwoma metodami oceny wykluczenia komunikacyjnego (projekt T-Included Gospostrateg realizowany przez 4 Politechniki: Poznańską, Gdańską, Warszawską i Śląską) bądź pochodnego zjawiska ubóstwa transportowego (zespołu prof. Rosika). W pierwszej z nich poddaje w wątpliwość odgórne założenie parametrów decydującym o wystąpieniu lub braku WK, w szczególności przyjęcie innych parametrów dla obszarów wiejskich i miejskich, natomiast w drugiej – krytycznie ocenia ogólność przyjętych założeń dostępności transportowej i wskaźnika makroekonomicznego.

W ramach celu cząstkowego 1 zidentyfikowano szeroką paletę definicji wykluczenia komunikacyjnego, już jednak na przestrzeni wskaźników – ciężko jest wskazać jednoznacznie właściwą metodykę wyznaczania tego wskaźnika. W niektórych z metod odgórnie ustalano

zakres zmiennych decydujących bądź nie o wystąpieniu wykluczenia komunikacyjnego, bez solidnych podstaw weryfikowanych np. badaniami ankietowymi. Ponadto, za wskaźnik uważano na przykład liczbę kursów z przystanku, ignorując sytuacje, że na przystanku mogą zatrzymywać się linie pracownicze zapewniające wiele kursów, ale na przykład w trzech krótkich przedziałach czasu (dojazdu do pracy zmianowej), co sztucznie może zawyżać ocenę dla obszaru w okresie całej doby. Należy więc analizować nie tylko rozkład obowiązujący w dni powszednie, ale też ten sobotni i niedzielny, co przeprowadzono w niniejszej pracy. Nie należy też odgórnie przyjmować wartości decydujących o wykluczeniu bądź nie danego obszaru, a oceniać skalę wykluczenia w całym zakresie danych wejściowych.

Transport publiczny w Polsce wciąż wymaga cyfryzacji. Dane o rozkładach jazdy wielu organizatorów lub przewoźników nadal dostępne są tylko w formie papierowej lub skanów elektronicznych, trudnych do przetworzenia. Brak jest jednolitej bazy danych o rozkładach jazdy, choć najpopularniejszym standardem zapisu tych danych jest format GTFS. Obliczenie wskaźników wykluczenia komunikacyjnego możliwe jest tylko po opracowaniu cyfrowej bazy danych integrujących rozkłady jazdy, sieć transportową i statystykę dla sieci osadniczej; co zrealizowano w ramach niniejszej pracy. Pomysłem na uporządkowanie bazy przystanków może być utworzenie z poziomu Ministerstwa Infrastruktury ogólnopolskiej elektronicznej bazy na zasadzie blockchain (tj. przystanek stanowić będzie jeden i ten sam ciąg znaków od utworzenia aż po likwidację danego miejsca). Działanie wymaga też inwentaryzacji w terenie wszystkich słupków przystankowych, przykładowo w województwie małopolskim w czasie takiej inwentaryzacji odnaleziono ok. 1700 słupków przystankowych więcej niż było wykazanych w dokumentacji urzędu. Wciąż brak jest ogólnokrajowej bazy rozkładów jazdy, co utrudnia analizy oraz dostęp do informacji dla pasażerów. Utworzono jednak Krajowy Punkt Dostępu do usług informacji o podróżach multimodalnych (KPD MMTIS), który ma zawierać m.in. dane dla pasażerów, np.: dane o rozkładach jazdy, o lokalizacji i dostępności dworców/przystanków, informacje o czasie dojazdu środków transportu etc. Wskazuje się w nim, że informacje mogą być gromadzone w wielu formatach danych (NETEX, DATEX II, SIRI, XLS, CSV, XML, GTFS static, GTFS realtime, HTML, JSON, TransXChange XML, MDB, PDF, inne), natomiast docelowym standardem, zgodnym z rozporządzeniami unijnymi, miałyby być standard NeTEx [242]. Dziś jednak dominującym formatem do zapisu danych o rozkładzie jazdy w Polsce jest GTFS. Dane w tym formacie można do standardu NeTEx, w razie potrzeby, dostosować.

Wskaźnik WK opisuje zjawisko w zakresie od 0,00 do 1,00, pozwala więc różnicować wyniki do poziomu części setnych dla każdego miejsca źródła podróży, które zostanie wprowadzone w algorytmie. Wprowadzono 10 przedziałów klasowych oceny wskaźnika, jednak ze względu na to, że w badanym obszarze nie znaleziono punktu, dla którego kryteria częściowe jednoznacznie byłyby ekstremalnie niskie lub ekstremalnie duże, nie uzyskano wartości parametru w przedziale mniejszym niż 0,20 lub większym niż 0,90. Rozwiązanie jednak nadal zapewnia bardzo duże zróżnicowanie wyników, pozwalające na wyznaczenie obszarów o niskim, wysokim i średnim wykluczeniu komunikacyjnym, co realizuje 3 cel rozprawy. Uzyskany przedział wartości może być specyficzny dla obszaru powiatu grodziskiego i gdyby zestawzić z nim obszary bardziej peryferyjne o niskiej obsłudze transportem publicznym oraz niskich wartościach wskaźników społeczno-ekonomicznych, możliwe powinno być uzyskanie wartości również w skrajnych przedziałach wartości WK.

W opracowanej metodzie uwzględniono 14 parametrów z czego 5 powiązanych jest z podażą oferowaną przez transport publiczny (czas drogi pieszej, liczba przesiadek, czas poświęcony na podróż, dostępność infrastruktury i taboru, niezawodność), 2 są czynnikami wynikowymi popytu i podaży (cena biletu jednorazowego i miesięcznego), 3 wiążą wskaźnik z innymi formami transportu (liczba ofiar wypadków drogowych, liczba samochodów na 1000 mieszkańców, długość dróg rowerowych), natomiast pozostałe 4 to parametry społeczno-ekonomiczne (udział osób PRM, przeciętne wynagrodzenie brutto, udział bezrobotnych zarejestrowanych, zagrożenie ubóstwem). Metoda zrealizowała więc cel 4 rozprawy. Z uwagi na różną agregację wskaźników społeczno-gospodarczych, tzn. niektóre dostępne są na poziomie gminy, a niektóre tylko na poziomie powiatów, nie wszystkie znalazły zastosowanie na obszarze powiatu grodziskiego. W bardziej rozbudowanym obszarze opracowania udałooby się uzyskać jeszcze większe zróżnicowanie wyników na bazie opracowanej metody.

Cel 5 miał zapewnić możliwość porównania efektywności redukcji wykluczenia komunikacyjnego przez różne gałęzie transportu. Pilotaż oceny WK w powiecie grodziskim tylko na bazie danych GTFS GPA (czyli autobusowych) nie zapewnił możliwości uwzględnienia transportu kolejowego w wynikach, jednak algorytm wyznaczania czasu podróży OTP zapewnia możliwość trasowania połączeń różnymi gałęziami transportu. Dla metody nie stanowi różnicy, jakiego typu jest połączenie PTZ, a do oceny dobiera się czas poświęcony na podróż (dojście do przystanku, przejazd, przejście i oczekiwanie na przesiadkę, dojazd i dojście do celu podróży), więc jej zastosowanie jest uniwersalne

względem różnych gałęzi transportu. System kolejowy, jak i autobusowy, w przypadku redukcji wykluczenia komunikacyjnego należy uznawać za komplementarny, a parametrem optymalizacyjnym powinien tu być sumaryczny czas podróży. Mogą się jednak zdarzyć sytuacje, w których systemy te będą konkurować ze sobą (np. brak biletów zintegrowanych i możliwość dojazdu autobusem lub koleją), co może powodować różnice w redukcji wykluczenia komunikacyjnego przy pomocy obu gałęzi transportu. Zagadnienie to można zdefiniować jako dalszy obszar do badań. Przytoczone przykłady dobrych praktyk ograniczających wykluczenie komunikacyjne również powinny zostać poddane badaniu w formie przed i po, by wyznaczyć ich rzeczywisty wpływ na wskaźnik WK. Część alternatywnych rozwiązań może wręcz wykluczenie komunikacyjne wzmacniać. Ich ocena nie powinna być jednoznaczna, a dokładnie przebadana.

Ocena wykluczenia komunikacyjnego przy użyciu opracowanej metody może zostać wbudowana w metodykę przygotowania planów mobilności – realizacja celu 6 rozprawy. W zakresie fazy 1 cyklu SUMP – wskaźnik WK pozwoli ocenić funkcjonowanie bieżącego systemu mobilności w miejskim obszarze funkcjonalnym w zakresie publicznego transportu zbiorowego. Wyniki analizy będą mieć przełożenie na opracowanie strategii działania w fazie 2 i określenie celów strategicznych. Standardem jest dziś uwzględnianie jako cel poprawy dostępności PTZ, a przyjmowanym wskaźnikiem jest liczba kursów na przystanku w zasięgu promienia dojazdu z miejsca zamieszkania. Po uwzględnieniu efektów rozprawy, za cel można przyjąć redukcję wykluczenia komunikacyjnego, a za wskaźnik przyjąć zmianę wartości wskaźnika WK. Następnie przyjęty cel może mieć wpływ na proponowane pakiety działań redukujących WK w fazie 3 cyklu SUMP. W fazie 4 natomiast wskaźnik WK powinien podlegać monitorowaniu efektów w trakcie realizowanego wdrożenia działań. Proces ten może być też przełożony z poziomu miejskich obszarów funkcjonalnych również na ogólne planowanie zrównoważonej mobilności w skali regionu, np. województwa. Potwierdzono więc tezę rozprawy, że metoda może stanowić kluczowe narzędzie wspierające proces planowania zrównoważonej mobilności.

W przyszłości, metodę oceny można próbować powiązać z klasycznymi modelami ruchu w skali makro (PTV Visum), np. w zakresie wykorzystania matrycy źródeł i celów podróży, które w modelu ruchu są uproszczone do poziomu rejonów komunikacyjnych, ale w efekcie mogą uszczegółowić analizę, zamiast przyjmowania 3 odgórnych celów podróży w centrum gminy, powiatu i mieście wojewódzkim. W zaproponowanej metodzie analizuje się każdy budynek mieszkalny jako źródło podróży, co jest znacznie większym poziomem

szczegółowości niż rejon komunikacyjny w modelu ruchu, ale zaproponowano tylko 3 główne cele podróży. Obszarowo możliwe jest ich uszczegółowienie do celów powiązanych z rejonami komunikacyjnymi wynikającymi z modelu ruchu. Innym źródłem dokładniejszych danych o macierzy podróży mieszkańców mogą być dane z telefonii komórkowej big data (np. przejazdy do pracy), co może pozwolić urealnić prognozowanie zachowań mieszkańców. Wskaźnik WK można też próbować powiązać z innymi efektami, takimi jak emisja CO₂, hałas czy kongestia.

W dalszych etapach prac nad wskaźnikiem należy doprowadzić do wypracowania metody oceny prognostycznej WK na bazie zmian wprowadzanych do sieci transportowej, by móc przewidywać zmiany wartości wskaźnika po realizacji inwestycji transportowych oraz połączyć to rozwiązanie z modulem analizy ekonomicznej, który równocześnie pozwoli wyznaczyć koszty i korzyści ekonomiczne planowanych działań. Rozwiązania te pozwoliłyby szybciej wypracowywać najbardziej efektywne działania celem redukcji wykluczenia komunikacyjnego.

Bibliografia

- [1] „Strona internetowa projektu: T-included”. Dostęp: 18 września 2025. [Online]. Dostępne na: <https://t-included.put.poznan.pl/>
- [2] P. Żmigrodzki i inni, „Hasło: wykluczenie”, *Wielki słownik języka polskiego*. Instytut Języka Polskiego PAN, 2021.
- [3] R. Szarfenberg, *Marginalizacja i wykluczenie społeczne*. Warszawa: Instytut Polityki Społecznej Uniwersytetu Warszawskiego, 2016.
- [4] J. Czapiński i T. Panek, „Diagnoza Społeczna 2015 - Warunki i jakość życia Polaków”, Warszawa: Rada Monitoringu Społecznego, 2015. Dostęp: 30 grudnia 2024. [Online]. Dostępne na: <https://kometa.edu.pl/biblioteka-cyfrowa/publikacja,288,diagnoza-spoeczna-2015-warunki-i-jakosc-zycia-polakow>
- [5] S. Golinowska i P. Broda-Wysocki, „Kategorie ubóstwa i wykluczenia społecznego. Przegląd ujęć.”, w *Ubóstwo i wykluczenie społeczne. Badania. Metody. Wyniki*, w Studia i Monografie. , Warszawa: IPiSS, 2005, s. 38.
- [6] K. W. Frieske i P. Poławski, *Opieka i kontrola: instytucje wobec problemów społecznych*. w Biblioteka Pracownika Socjalnego. Katowice: Śląsk, 1999. Dostęp: 30 grudnia 2024. [Online]. Dostępne na: <https://integro.bs.katowice.pl/32101857672/frieske-kazimierz-wojciech/opieka-i-kontrola>
- [7] R. Skwierczyński, „Społeczeństwo wobec rewolucji technologii informacyjnych”, 2015.
- [8] M. Błazewski, „Prawne uwarunkowania ograniczenia wykluczenia transportowego”, *Spółdzielnie socjalne oraz organizacje pozarządowe wsparciem dla zagrożonych wykluczeniem*, 2019, doi: 10.34616/23.19.134.
- [9] P. Wadas, *Praca dyplomowa magisterska: Wykluczenie komunikacyjne a dostęp do edukacji. Studium przypadku wsi Bustryk*. Wydział Zarządzania i Komunikacji Społecznej Uniwersytet Jagielloński, 2022. Dostęp: 10 września 2024. [Online]. Dostępne na: <https://ruj.uj.edu.pl/xmlui/handle/item/302798>
- [10] E. Bayazit, „Evaluating Social Justice in Transport: Lessons to be Learned from the Capability Approach”, *Transport Reviews*, t. 31, nr 1, s. 117–134, 2011, doi: 10.1080/01441647.2010.504900.
- [11] P. Żmuda-Trzebiatowski, „Dostępność transportowa, a partycypacja w aktywnościach, ubóstwo oraz zagrożenie wykluczeniem społecznym”, *Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe*, t. 17, nr 12, s. 754–759, 2016.
- [12] M. Gajdzik, „Dyskryminacja osób niepełnosprawnych w publicznym transporcie zbiorowym - Jak można jej zapobiec?”, *Kontrola i audyt*, nr 3, 2017.
- [13] *Ustawa z dnia 5 stycznia 2011 r. - Kodeks wyborczy - tekst jednolity Dz. U. 2025 poz. 365*. Dostęp: 16 marca 2026. [Online]. Dostępne na: <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20250000365/U/D20250365Lj.pdf>
- [14] J. Balcer, „Gminny transport na wybory - kiedy wójt musi go zagwarantować?”, Serwis Samorządowy PAP. Dostęp: 21 stycznia 2025. [Online]. Dostępne na: <https://samorząd.pap.pl/kategoria/wybory-samorzadowe-2024/gminny-transport-na-wybory-kiedy-wojt-musi-go-zagwarantowac>
- [15] P. Sawicki, P. Żmuda-Trzebiatowski, K. Birr, G. Sierpiński i M. Izdebski, „Metodyczne podstawy wyznaczania wykluczenia komunikacyjnego w Polsce - wstępne wyniki”, Politechnika Poznańska, Politechnika Gdańska, Politechnika Śląska, Politechnika Warszawska, cze. 2024.
- [16] S. Mau, F. Gülzau, L. Laube i N. Zaun, „The Global Mobility Divide: How Visa Policies Have Evolved over Time”, *Journal of Ethnic and Migration Studies*, t. 41, nr 8, s. 1192–1213, lip. 2015, doi: 10.1080/1369183X.2015.1005007.

- [17] K. A. Brown *et al.*, „The mobility gap: estimating mobility thresholds required to control SARS-CoV-2 in Canada”, *CMAJ*, t. 193, nr 17, s. E592–E600, kwi. 2021, doi: 10.1503/cmaj.210132.
- [18] L. E. Fox, „Parental Wealth and the Black-White Mobility Gap in the U.S.”, *Review of Income and Wealth*, nr 4, 2016, doi: 10.1111/roiw.12200.
- [19] A. Allen, „Transport deserts: The absence of transport choice in England’s small towns”, Campaign for Better Transport, 2020. Dostęp: 31 stycznia 2025. [Online]. Dostępne na: <https://www.cpre.org.uk/wp-content/uploads/2020/02/CfBT-Transport-Deserts-Feb-2020-web-spreads.pdf>
- [20] W. Bąkowski, „Białe plamy i wykluczenie społeczne - transportowe”, *Komunikacja Publiczna*, t. nr 3, 2018, Dostęp: 23 listopada 2025. [Online]. Dostępne na: <http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-b1b2a835-b5bc-4809-b005-db9eb57e68f0>
- [21] The Disability Justice Project, „Disability Justice Project Discrimination guide: Public Transport”, 2018. Dostęp: 31 stycznia 2025. [Online]. Dostępne na: https://www.disabilityjustice.org.uk/wp-content/uploads/2018/03/Discrimination-guide_transport_06-18.pdf
- [22] Disability Network Southwest Michigan, „A Lack of Accessible Public Transportation Creates Isolation”. Dostęp: 31 stycznia 2025. [Online]. Dostępne na: <https://www.dnswm.org/a-lack-of-accessible-public-transportation-creates-isolation/>
- [23] A. Church, M. Frost i K. Sullivan, „Transport and social exclusion in London”, *Transport Policy*, t. 7, nr 3, s. 195–205, lip. 2000, doi: 10.1016/S0967-070X(00)00024-X.
- [24] D. Perez-Barbosa i J. Zhang, „How can transport disadvantage become transport-based social exclusion in the context of a developing country?”, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, t. 12, s. 74–93, 2017.
- [25] J. Preston i F. Rajé, „Accessibility, mobility and transport-related social exclusion”, *Journal of Transport Geography*, t. 15, nr 3, s. 151–160, maja 2007, doi: 10.1016/j.jtrangeo.2006.05.002.
- [26] N. Zhang i Q. Yang, „Public transport inclusion and active aging: A systematic review on elderly mobility”, *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, t. 11, nr 2, s. 312–347, kwi. 2024, doi: 10.1016/j.jtte.2024.04.001.
- [27] M. Kiss, „PE 738.181: Understanding transport poverty”, European Parliamentary Research Service, 2022.
- [28] Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, *Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2023/955 z dnia 10 maja 2023 r. w sprawie ustanowienia Społecznego Funduszu Klimatycznego i zmieniające rozporządzenie (UE) 2021/1060*. 2023. Dostęp: 12 czerwca 2025. [Online]. Dostępne na: <http://data.europa.eu/eli/reg/2023/955/oj/pol>
- [29] J. & J. Stanley, „Improving Public Transport to Meet Community Needs: A Warrnambool Case-study”, Bus Association Victoria and Warrnambool Bus Lines, 2004. Dostęp: 21 stycznia 2025. [Online]. Dostępne na: <https://www.readkong.com/page/improving-public-transport-to-meet-community-needs-a-7127278>
- [30] M. Sheller, „Racialized Mobility Transitions in Philadelphia: Connecting Urban Sustainability and Transport Justice”, *City & Society*, t. 27, nr 1, s. 70–91, 2015, doi: 10.1111/ciso.12049.
- [31] V. Reis i A. Freitas, „Forced car ownership and forced bus usage: Contrasting realities of unemployed and elderly people in rural regions – the case of Guarda, Portugal”, w *Re-thinking Mobility Poverty*, 1. wyd., Routledge, 2021, s. 195–204. doi: 10.4324/9780367333317-18.

- [32] Komisja Europejska, *Biała księga: Plan utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu – dążenie do osiągnięcia konkurencyjnego i zasobooszczędnego systemu transportu*, KOM(2011) 144 wersja ostateczna. 2011. Dostęp: 23 stycznia 2025. [Online]. Dostępne na: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0144:FIN:PL:PDF>
- [33] Komisja Europejska, *Droga do zautomatyzowanej mobilności: strategia UE na rzecz mobilności w przyszłości*, COM(2018) 283 final. 2018. Dostęp: 23 stycznia 2025. [Online]. Dostępne na: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0283>
- [34] Komisja Europejska, *Europejski Zielony Ład*, COM(2019) 640 final. 2019. Dostęp: 23 stycznia 2025. [Online]. Dostępne na: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0016.02/DOC_1&format=PDF
- [35] Komisja Europejska, *Strategia na rzecz zrównoważonej i inteligentnej mobilności – europejski transport na drodze ku przyszłości*, COM(2020) 789 final. 2020. Dostęp: 23 stycznia 2025. [Online]. Dostępne na: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5e601657-3b06-11eb-b27b-01aa75ed71a1.0013.02/DOC_1&format=PDF
- [36] Komisja Europejska, *Nowe unijne ramy mobilności miejskiej*, COM(2021) 811 final. Dostęp: 23 stycznia 2025. [Online]. Dostępne na: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021DC0811>
- [37] Komisja Europejska, *Długoterminowa wizja dla obszarów wiejskich UE: Najważniejsze osiągnięcia i kolejne działania*, COM(2024) 450 final. 2024. Dostęp: 23 stycznia 2025. [Online]. Dostępne na: <https://data.europa.eu/doi/10.2776/164290>
- [38] Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, *Zawiadomienie Komisji w sprawie wytycznych interpretacyjnych na temat rozporządzenia (WE) nr 1370/2007 dotyczącego usług publicznych w zakresie kolejowego i drogowego transportu pasażerskiego (2023/C 222/01)*.
- [39] Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, *Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/40/UE z dnia 7 lipca 2010 r. w sprawie ram wdrażania inteligentnych systemów transportowych w obszarze transportu drogowego oraz interfejsów z innymi rodzajami transportu*.
- [40] Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, *Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2023/2661 z dnia 22 listopada 2023 r. w sprawie zmiany dyrektywy 2010/40/UE w sprawie ram wdrażania inteligentnych systemów transportowych w obszarze transportu drogowego oraz interfejsów z innymi rodzajami transportu*. 2023. Dostęp: 23 stycznia 2025. [Online]. Dostępne na: <http://data.europa.eu/eli/dir/2023/2661/oj/pol>
- [41] Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, *Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 181/2011 z dnia 16 lutego 2011 r. dotyczące praw pasażerów w transporcie autobusowym i autokarowym oraz zmieniające rozporządzenie (WE) nr 2006/2004* Tekst mający znaczenie dla EOG.
- [42] Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, *Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/882 z dnia 17 kwietnia 2019 r. w sprawie wymogów dostępności produktów i usług*.
- [43] Komisja Europejska, *Długoterminowa wizja dla obszarów wiejskich UE: W kierunku silniejszych, lepiej skomunikowanych, odpornych i zamożnych obszarów wiejskich do 2040 r.*, COM(2021) 345 final.
- [44] European Commission, „The European Pillar of Social Rights in 20 principles”. Dostęp: 12 czerwca 2025. [Online]. Dostępne na: https://employment-social-affairs.ec.europa.eu/european-pillar-social-rights-20-principles_en

- [45] Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, *Zalecenie Komisji (UE) 2025/1021 z dnia 22 maja 2025 r. w sprawie ubóstwa transportowego: jak zapewnić przystępną cenowo, dostępną i sprawiedliwą mobilność*.
- [46] *Uchwała Krajowej Izby Odwoławczej z dnia 26 marca 2014 r., Sygn. akt: KIO/KD 21/14*.
- [47] J. de C. y León, „Transporte a la demanda”. Dostęp: 18 lipca 2025. [Online]. Dostępne na: https://carreterasymtransportes.jcyl.es/web/jcyl/CarreterasTransportes/es/Plantilla100Detalle/1284349958366/_/1284349958366/1284349958366
- [48] „SUMP OMGGG Plan zrównoważonej mobilności miejskiej dla Obszaru Metropolitalnego Gdańsk-Gdynia-Sopot Załącznik nr 3 – Fiszka dla gminy Szemud”. Dostęp: 31 grudnia 2024. [Online]. Dostępne na: <https://baw.bip.gdansk.pl/api/file/GetZipxAttachment/216/1235172/false/preview>
- [49] *Ustawa z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym - tekst jednolity Dz. U. 2023 poz. 2778*.
- [50] *Ustawa z dnia 8 marca 1990 r. o samorządzie gminnym - tekst jednolity Dz. U. 2025 poz. 1153*. Dostęp: 10 stycznia 2025. [Online]. Dostępne na: <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=wdu19900160095>
- [51] *Ustawa z dnia 5 czerwca 1998 r. o samorządzie powiatowym - tekst jednolity Dz. U. 2024 poz. 107*. Dostęp: 10 stycznia 2025. [Online]. Dostępne na: <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=wdu19980910578>
- [52] *Ustawa z dnia 6 września 2001 r. o transporcie drogowym - tekst jednolity Dz. U. z 2024 r. poz. 1539, 1544, 1855*. Dostęp: 31 stycznia 2025. [Online]. Dostępne na: <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20240001539/U/D20241539Lj.pdf>
- [53] „Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 11 marca 2024 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o uprawnieniach do ulgowych przejazdów środkami publicznego transportu zbiorowego”. Dostęp: 31 stycznia 2025. [Online]. Dostępne na: <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20240000380>
- [54] *Ustawa z dnia 16 maja 2019 r. o Funduszu rozwoju przewoźów autobusowych o charakterze użyteczności publicznej - Dz. U. 2019 poz. 1123*.
- [55] „Ministerstwo Infrastruktury: Zmniejszamy skalę wykluczenia komunikacyjnego”. Dostęp: 10 września 2024. [Online]. Dostępne na: <https://www.gov.pl/web/infrastruktura/zmniejszamy-skale-wykluczenia-komunikacyjnego>
- [56] *Uchwała nr LV/342/2023 Rady Powiatu Toruńskiego z dnia 30 listopada 2023 r. w sprawie wyrażenia woli wyznaczenia linii komunikacyjnych publicznego transportu zbiorowego, dla których organizatorem jest Powiat Toruński oraz wyrażenia zgody na zawarcie umowy o świadczeniu usług w zakresie publicznego transportu zbiorowego*.
- [57] Ministerstwo Infrastruktury, „Ocena skutków regulacji - Projekt ustawy o zmianie ustawy o publicznym transporcie zbiorowym oraz niektórych innych ustaw UD232”. 6 czerwca 2025.
- [58] „Ministerstwo Infrastruktury: Strategia Zrównoważonego Rozwoju Transportu do 2030 roku”. Dostęp: 30 grudnia 2024. [Online]. Dostępne na: <https://www.gov.pl/web/infrastruktura/projekt-strategii-zrownowazonego-rozwoju-transportu-do-2030-roku2>
- [59] „Krajowa Strategia Rozwoju Regionalnego 2030”, Ministerstwo Funduszy i Polityki Regionalnej, Warszawa, 2019. Dostęp: 31 stycznia 2025. [Online]. Dostępne na: <https://www.gov.pl/web/fundusze-regiony/krajowa-strategia-rozwoju-regionalnego>
- [60] „Krajowy Plan Odbudowy i Zwiększania Odporności”, Ministerstwo Funduszy i Polityki Regionalnej, Warszawa, 2022. Dostęp: 1 lutego 2025. [Online]. Dostępne na:

- <https://www.gov.pl/web/infrastruktura/krajowy-plan-odbudowy-i-zwiekszania-odpornosci>
- [61] „Program: Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko 2021-2027”, Ministerstwo Funduszy i Polityki Regionalnej, 2025. Dostęp: 1 lutego 2025. [Online]. Dostępne na: https://www.feniks.gov.pl/media/145685/20250110_FEnIKS_21_27_wersja_3_0.pdf
- [62] „Ministerstwo Infrastruktury: Rządowy program budowy lub modernizacji przystanków kolejowych na lata 2021–2025”, Ministerstwo Infrastruktury. Dostęp: 1 lutego 2025. [Online]. Dostępne na: <https://www.gov.pl/web/infrastruktura/rzadowy-program-budowy-lub-modernizacji-przystankow-kolejowych-na-lata-2021---2025>
- [63] „Program Uzupełniania Lokalnej i Regionalnej Infrastruktury Kolejowej - Kolej + do 2029 roku”, Załącznik do uchwały nr 196/2022 Rady Ministrów z dnia 3 października 2022 r., Warszawa, 2022. Dostęp: 1 lutego 2025. [Online]. Dostępne na: <https://www.gov.pl/web/infrastruktura/program-uzupelniania-lokalnej-i-regionalnej-infrastruktury-kolejowej>
- [64] I. Bocenska, „Program rządowy Dostępność Plus 2018-2025”, Ministerstwo Inwestycji i Rozwoju, Warszawa, 2018.
- [65] Dziennik Urzędowy Województwa Śląskiego, *Obwieszczenie Zgromadzenia Beskidzkiego Związku Powiatowo-Gminnego z dnia 27 czerwca 2022 r. w sprawie ogłoszenia tekstu jednolitego statutu Beskidzkiego Związku Powiatowo-Gminnego - Poz. 4731.*
- [66] Dziennik Urzędowy Województwa Podkarpackiego, *Porozumienie z dnia 31 grudnia 2021 r. w sprawie przekazania Związkowi Gmin Podkarpacka Komunikacja Samochodowa w Rzeszowie zadania polegającego na organizowaniu i zarządzaniu transportem w zakresie przewozów pasażerskich na liniach komunikacyjnych wkraczających na teren Powiatu Ropczycko Sędziszowskiego i w jego obszarze - Poz. 68.* Dostęp: 2 lutego 2025. [Online]. Dostępne na: <https://www.inforlex.pl/dok/tresc,U78.2022.005.0000068,porozumienie-z-dnia-31-grudnia-2021-r-zawarte-pomiedzy-powiatem-ropczycko-sedziszowskim.html>
- [67] O. Gitkiewicz, *Nie zdążę*. w Seria Reporterska. Dowody, 2019.
- [68] K. Trammer, *Ostre cięcie. Jak niszczo polską kolej*. Krytyka Polityczna, 2019. Dostęp: 9 lutego 2025. [Online]. Dostępne na: <https://wydawnictwo.krytykapolityczna.pl/ostre-ciecie-jak-niszczono-polska-kolej-karol-trammer-762>
- [69] M. Dulak i B. Jakubowski, „Klub Jagielloński: Publiczny transport zbiorowy w Polsce. Studium upadku”. Dostęp: 10 września 2024. [Online]. Dostępne na: <https://klubjagiellonski.pl/2018/04/17/publiczny-transport-zbiorowy-w-polsce-studium-upadku/>
- [70] M. Wolański, *Skuteczność interwencji publicznej w zakresie mobilności miejskiej*, Wydanie I. Warszawa: Oficyna Wydawnicza SGH, 2022.
- [71] R. Grobelny, G. Kamiński, W. Kłosowski, S. Kozica i G. Roman, „Polsko-Szwajcarski Program Rozwoju Miast. Poradnik - Obszar tematyczny 6 - Transport publiczny”, Szwajcarsko-Polski Program Współpracy, 2024. Dostęp: 10 stycznia 2025. [Online]. Dostępne na: https://wsparciemiast.pl/wp-content/uploads/2024/03/Poradnik_OT_6_Transport_publiczny.pdf
- [72] T. Kwarciański, „Rola publicznego transportu zbiorowego w zaspokajaniu potrzeb transportowych mieszkańców obszarów wiejskich w Polsce”, *SiP*, nr 166, s. 77–89, sie. 2019, doi: 10.33119/SIP.2018.166.5.
- [73] K. Lucas, „Transport and social exclusion. Where are we now?”, w *Mobilities: new perspectives on transport and society*, M. Grieco i J. Urry, Red., Ashgate Publishing,

- Ltd., 2011, s. 207-222 (15). Dostęp: 2 lutego 2025. [Online]. Dostępne na: <http://www.ashgate.com/isbn/9781409411505>
- [74] K. Białobrzeska, „Wykluczenie transportowe seniorów”, *Studia Pedagogiczne. Problemy społeczne, edukacyjne i artystyczne*, t. 41, s. 209–226, 2022, doi: 10.25951/9578.
- [75] E. Raczyńska-Buława, „Mobilność osób starszych. Dlaczego nie transport publiczny?”, *TTS Technika Transportu Szynowego*, nr 1–2, s. 24–34, 2017.
- [76] E. Raczyńska-Buława, „Osoby niepełnosprawne w systemie transportu publicznego”, *TTS Technika Transportu Szynowego*, nr 5, s. 16–26, 2017.
- [77] I. Bukraba-Rylska, *Socjologia wsi polskiej - Izabella Bukraba-Rylska - ebook*. Wydawnictwo Naukowe PWN, 2008. Dostęp: 2 lutego 2025. [Online]. Dostępne na: <https://www.ibuk.pl/fiszka/708/socjologia-wsi-polskiej.html>
- [78] K. Kajdanek, *Suburbanizacja po polsku*. Kraków: Zakład Wydawniczy „NOMOS”, 2012.
- [79] „Wpływ działań z priorytetów transportowych programu Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko 2021-2027 na grupy narażone na dyskryminację”, *Transport dla wszystkich*, 2023. Dostęp: 2 lutego 2025. [Online]. Dostępne na: https://www.cupt.gov.pl/wp-content/uploads/2023/09/raport-z-analizy-na-strone_474.pdf
- [80] K. Nosal Hoy, „Czynnik płci w zachowaniach komunikacyjnych”, *Transport Miejski i Regionalny*, nr 05, s. 5–11, 2018.
- [81] J. Grotowska-Leder, *Fenomen wielkomiejskiej biedy: Od epizodu do underclass*. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, 2002.
- [82] „Główny Urząd Statystyczny: Metainformacje / Słownik pojęć / Pojęcia stosowane w statystyce publicznej”. Dostęp: 2 lutego 2025. [Online]. Dostępne na: <https://stat.gov.pl/metainformacje/sownik-pojec/pojecia-stosowane-w-statystyce-publicznej/63,pojecie.html>
- [83] T. Komornicki, *Polska sprawiedliwa komunikacyjnie*. Warszawa: Fundacja im. Stefana Batorego, 2019.
- [84] J. Kościńska, M. Jarzynowski, J. Mencwel i inni, *Wykluczenie transportowe w województwie mazowieckim - Raport z badań*. Warszawa: Miasto jest Nasze, 2021.
- [85] J. Orchowska, „W ogóle autobusu nie widać. Życie na obszarach wykluczenia transportowego”, *Studia Regionalne i Lokalne*, t. 2, s. 107–212, lip. 2022, doi: 10.7366/1509499528807.
- [86] M. Wolański, W. Mrozowski i M. Pieróg, „Transport zbiorowy poza miastami – regres, reformy, rekomendacje”, *ZP*, nr 4(38)/2016, s. 62–77, 2016, doi: 10.15678/ZP.2016.38.4.05.
- [87] M. Wolański, „Zmiany w Ustawie o publicznym transporcie zbiorowym”, *Transport Miejski i Regionalny*, nr 04, s. 3–10, 2019.
- [88] O. Wyszomirski i inni, *Transport miejski. Ekonomia i organizacja*. Gdańsk: Uniwersytet Gdański, 2007.
- [89] J. Oskarbski, K. Birr, M. Miszewski i K. Żarski, „Wyznaczanie prędkości średniej pojazdów transportu zbiorowego na podstawie danych z systemu zarządzania ruchem”, *Transport Miejski i Regionalny*, nr 05, s. 10–16, 2016.
- [90] Dziennik Urzędowy Komendy Głównej Policji, *Zarządzenie nr 31 Komendanta Głównego Policji z dnia 22 października 2015 r. w sprawie metod i form prowadzenia przez Policję statystyki zdarzeń drogowych (z późn. zmianami - do Dz. Urz. 2021.181)*. Dostęp: 9 lutego 2025. [Online]. Dostępne na: https://edziennik.policja.gov.pl/DU_KGP/2013/75/Zalacznik1.pdf

- [91] K. Hebel i M. Wołek, „Bezpieczeństwo pasażerów w miejskim transporcie zbiorowym w świetle wyników badań marketingowych”, *Transport Miejski i Regionalny*, nr 06/2012, s. 19–24, 2012.
- [92] *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 31 grudnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia - Dz.U. 2024 poz. 502.* Dostęp: 9 lutego 2025. [Online]. Dostępne na: <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20240000502/O/D20240502.pdf>
- [93] O. Wyszomirski i K. Grzelec, *Badania marketingowe w komunikacji miejskiej*. Warszawa: Izba Gospodarcza Komunikacji Miejskiej, 1998.
- [94] K. Hebel i O. Wyszomirski, „Ewolucja postulatów przewozowych dotyczących podróży miejskich mieszkańców Gdyni w świetle wyników badań marketingowych z lat 1985 - 2015”, *Problemy Transportu i Logistyki*, t. 35, nr 3, s. 63–71, 2016, doi: 10.18276/ptl.2016.35-06.
- [95] J. Janczewski i D. Janczewska, „Zrównoważona mobilność miejska – dobre praktyki”, *ZIWGIB*, nr 2/33, s. 165–196, cze. 2024, doi: 10.25312/2391-5129.33/2021_11jjdj.
- [96] M. Czerliński, „Studium przypadku w ramach projektu T-Included Gospostrateg - Hiszpania”, Politechnika Warszawska, Warszawa, 2024.
- [97] C. Marchetti, „Anthropological invariants in travel behavior”, *Technological Forecasting and Social Change*, t. 47, nr 1, s. 75–88, wrz. 1994, doi: 10.1016/0040-1625(94)90041-8.
- [98] G. Currie i A. Delbosc, „Modelling the social and psychological impacts of transport disadvantage”, *Transportation*, t. 37, nr 6, s. 953–966, lis. 2010, doi: 10.1007/s11116-010-9280-2.
- [99] M. Wolański, M. Czerliński, K. Orcholska i inni, „Ocena wpływu działań podejmowanych w ramach polityki spójności w zakresie transportu publicznego na mobilność miejską w perspektywie 2014-2020 - Raport końcowy”, Ministerstwo Funduszy i Polityki Regionalnej, Warszawa, 2023. Dostęp: 9 lutego 2025. [Online]. Dostępne na: https://www.ewaluacja.gov.pl/media/115363/Mobilnosc_RK.pdf
- [100] M. Wójcik, „Analiza wpływu budowy dróg szybkiego ruchu na rozwój lokalnej komunikacji autobusowej”, Praca dyplomowa inżynierska, Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej, 2023. Dostęp: 9 lutego 2025. [Online]. Dostępne na: <https://repo.pw.edu.pl/info/bachelor/WUTdf0f142b934c431c818e9bff34d39277>
- [101] J. Gadziński, Red., *Transport i mobilność miejska*. w Raport o Stanie Polskich Miast. Warszawa: Instytut Rozwoju Miast i Regionów, 2019.
- [102] J. Spiller, „Mamy w Polsce kryzys gospodarki przestrzennej - wywiad z prof. dr hab. Przemysławem Śleszyńskim z IGiPZ PAN”, *Teraz-Środowisko*, 1 września 2022. Dostęp: 12 września 2025. [Online]. Dostępne na: <https://www.teraz-srodowisko.pl/aktualnosci/prof-przemyslaw-sleszynski-igipz-pan-kryzys-gospodarki-przestrzennej-12322.html>
- [103] „Główny Urząd Statystyczny: Sytuacja społeczno-gospodarcza kraju / Sytuacja demograficzna Polski 23.07.2025 r.” Dostęp: 12 września 2025. [Online]. Dostępne na: <https://ssgk.stat.gov.pl/Ludnosc.html>
- [104] „TOD Standard v2.1”, Institute for Transportation & Development Policy USA, 2014. Dostęp: 8 lutego 2025. [Online]. Dostępne na: https://itdp.in/wp-content/uploads/2014/04/01.TOD-Standard_Final.pdf
- [105] M. Czerliński i M. Wolański, „Zrównoważony rozwój mobilności w polskich aglomeracjach – wyzwanie dla rządu czy samorządów?”, *Studia BAS*, t. 71, nr 3, paź. 2022, doi: 10.31268/StudiaBAS.2022.19.

- [106] „Strona internetowa projektu: Poprawa funkcjonowania komunikacji miejskiej w Toruniu - BiT-City II”. Dostęp: 8 lutego 2025. [Online]. Dostępne na: <https://bitcity2-poiis.mzk-torun.pl/>
- [107] J. Lee, K. Choi i Y. Leem, „Bicycle-based transit-oriented development as an alternative to overcome the criticisms of the conventional transit-oriented development”, *International Journal of Sustainable Transportation*, t. 10:10, s. 975–984, 2016, doi: 10.1080/15568318.2014.923547.
- [108] European Environment Agency., *The first and last mile - the key to sustainable urban transport: Transport and environment report 2019*. LU: European Environment Agency, 2020. Dostęp: 12 września 2025. [Online]. Dostępne na: <https://data.europa.eu/doi/10.2800/200903>
- [109] E. Guerra i R. Cervero, „Is a Half-Mile Circle the Right Standard for TODs?”, *Access*, nr 42, s. 17–22, 2013.
- [110] M. Padeiro, A. Louro i N. M. Da Costa, „Transit-oriented development and gentrification: a systematic review”, *Transport Reviews*, t. 39, nr 6, s. 733–754, lis. 2019, doi: 10.1080/01441647.2019.1649316.
- [111] H. Suzuki, J. Murakami, Y.-H. Hong i B. Tamayose, *Financing Transit-Oriented Development with Land Values: Adapting Land Value Capture in Developing Countries*. w Urban Development Series. Washington: International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, 2015.
- [112] Australian Research Council, „Opis grantu: Emerging futures, transit-oriented development as a strategy for dealing with urban sprawl and congestion in South East Queensland”, 2005. Dostęp: 8 lutego 2025. [Online]. Dostępne na: <https://dataportal.arc.gov.au/NCGP/Web/Grant/Grant/LP0561117>
- [113] „Szkoła w Chmurze: O nas”. Dostęp: 12 września 2025. [Online]. Dostępne na: <https://szkolawchmurze.org/o-nas>
- [114] „Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej: Nowoczesne studia magisterskie na Wydziale Transportu PW”. Dostęp: 12 września 2025. [Online]. Dostępne na: <https://www.wt.pw.edu.pl/Wydzial/Aktualnosci/Nowoczesne-studia-magisterskie-na-Wydziale-Transportu-PW>
- [115] Ministerstwo Cyfryzacji, „Elektroniczna Platforma Usług Administracji Publicznej (ePUAP2)”. Dostęp: 12 września 2025. [Online]. Dostępne na: <https://epuap.gov.pl/wps/portal>
- [116] „Serwis Rzeczypospolitej Polskiej: mObywatel”, mObywatel. Dostęp: 12 września 2025. [Online]. Dostępne na: <https://www.gov.pl/web/mobywatel>
- [117] M. Gromadzki, „Systematyka modeli i możliwości prawne współpracy międzysamorządowej w zakresie organizacji publicznego transportu zbiorowego”, zaprezentowano na Webinarium „Współpraca międzysamorządowa w zakresie organizacji transportu publicznego”, 2020.
- [118] „Zarząd Transportu Metropolitalnego Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii: Strona główna”. Dostęp: 12 września 2025. [Online]. Dostępne na: <https://www.metropoliaztm.pl/pl/>
- [119] „Grodziskie Przewozy Autobusowe: O nas”. Dostęp: 16 lipca 2025. [Online]. Dostępne na: <https://gpa.grodzisk.pl/o-nas/>
- [120] „Związek Gmin Podkarpacka Komunikacja Samochodowa”. Dostęp: 12 września 2025. [Online]. Dostępne na: <https://zgpk.s.rzeszow.pl/>
- [121] „Beskidzki Związek Powiatowo Gminny: Informacje ogólne”. Dostęp: 12 września 2025. [Online]. Dostępne na: <https://www.bzpg.pl/index.php/o-bzpg/>

- [122] S. Kobiela, „Studium przypadku: Beskidzki Związek Powiatowo- Gminny– związek powiatowo- gminny, jako forma rozwoju transportu publicznego na obszarze funkcjonalnym”, 2020.
- [123] *Ustawa z dnia 21 marca 1985 r. o drogach publicznych - tekst jednolity Dz. U. 2025 poz. 889.*
- [124] Centrum Unijnych Projektów Transportowych., „E1.1.2 Zero- i niskoemisyjny transport zbiorowy (autobusy) 2.0”. Dostęp: 12 września 2025. [Online]. Dostępne na: <https://www.cupt.gov.pl/konkurs/zakonczone/e1-1-2-zero-i-niskoemisyjny-transport-zbiorowy-autobusy-2-0/>
- [125] „United Nations: Goal 11 - Make cities and human settlements inclusive, safe, resilient and sustainable”. Dostęp: 8 lutego 2025. [Online]. Dostępne na: <https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/Goal-11/>
- [126] A. Lorenzini i G. Ambrosino, „Smart Rural Transport Areas: Switzerland Inside Paper”. MemEx Italy, 2020. Dostęp: 17 września 2025. [Online]. Dostępne na: www.ruralsharedmobility.eu
- [127] „MÁV-Volán: Új Tarifák”. Dostęp: 12 września 2025. [Online]. Dostępne na: <https://www.ujtarifa.hu/>
- [128] „Deutschlandticket - Dein Ticket für Bus & Bahn in ganz Deutschland”, Deutschlandticket. Dostęp: 12 września 2025. [Online]. Dostępne na: <https://deutschlandticket.de/>
- [129] „Koleje Małopolskie: Bilet Metropolitalny i Małopolski Bilet Zintegrowany”. Dostęp: 12 września 2025. [Online]. Dostępne na: <https://kolejmalopolskie.com.pl/pl/dla-pasazera/oferty-taryfy-przepisy/bilet-metropolitalny-i-malopolski-bilet-zintegrowany>
- [130] „Portal do wyszukiwania podróży: utas.hu”. Dostęp: 12 września 2025. [Online]. Dostępne na: <https://utas.hu/>
- [131] MAV Hungary, „Wyszukiwarka połączeń: EMMA - Egységes Menetrendi kereső Magyarországon”. Dostęp: 12 września 2025. [Online]. Dostępne na: <https://emma.mav.hu/#/>
- [132] „ZTP w Krakowie: TeleBus”. Dostęp: 12 września 2025. [Online]. Dostępne na: <https://ztp.krakow.pl/kmk/telebus>
- [133] „Gmina Kobierzyce: Komunikacja gminna”, www.ugk.pl. Dostęp: 12 września 2025. [Online]. Dostępne na: <https://www.ugk.pl/komunikacja-gminna>
- [134] „Przekształcamy nasz świat: Agenda na rzecz zrównoważonego rozwoju 2030”. Zgromadzenie Ogólne ONZ, 25 września 2015.
- [135] Rupprecht Consult (editor), „Guidelines for developing and implementing a Sustainable Urban Mobility Plan - Second edition”. 2019.
- [136] „Metropolia Warszawska: Gminy i powiaty metropolii warszawskiej”. Dostęp: 16 lipca 2025. [Online]. Dostępne na: <https://um.warszawa.pl/waw/metropolia-warszawska/gminy-i-powiaty-metropolii-warszawskiej>
- [137] „Raport nr 2 z diagnozy zachowań transportowych mieszkańców, na potrzeby „Planu Zrównoważonej Mobilności Miejskiej dla Metropolii Warszawskiej”, PBS Sp. z o.o. dla Trako Projekty Transportowe, Sopot/Wrocław, lip. 2022.
- [138] „Rada Europejska, Rada Unii Europejskiej: Zmiana klimatu pochłania ofiary i pieniądze”. Dostęp: 10 lipca 2025. [Online]. Dostępne na: <https://www.consilium.europa.eu/pl/infographics/climate-costs/>
- [139] Parlament Europejski, „Emisje CO2 z samochodów: fakty i liczby (infografiki)”. Dostęp: 10 lipca 2025. [Online]. Dostępne na: <https://www.europarl.europa.eu/topics/pl/article/20190313STO31218/emisje-co2-z-samochodow-fakty-i-liczby-infografiki>

- [140] „Copernicus Climate Change Service”. Dostęp: 10 lipca 2025. [Online]. Dostępne na: <https://climate.copernicus.eu/>
- [141] „United Nations Framework Convention on Climate Change: The Paris Agreement”. Dostęp: 10 lipca 2025. [Online]. Dostępne na: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>
- [142] M. Wolański, M. Czerliński, M. Pinkosz i inni, „Analiza rozwoju zeroemisyjnego, zbiorowego transportu drogowego (autobusy, trolejbusy, tramwaje) w Polsce wraz z rekomendacjami działań legislacyjnych i pozalegisacyjnych dla administracji publicznej i samorządowej, które będą dostosowane do krajowych warunków ekonomiczno-społecznych”, Ministerstwo Klimatu i Środowiska, 2023.
- [143] „Plan zrównoważonej mobilności miejskiej dla Metropolii Warszawskiej”, Trako Projekty Transportowe, Metropolia Warszawska, Warszawa, Wrocław, cze. 2023. Dostęp: 31 grudnia 2024. [Online]. Dostępne na: <https://um.warszawa.pl/documents/50357630/94054325/Plan+zr%C3%B3wnowa%C5%BConej+mobilno%C5%9Bci+miejskiej+dla+metropolii+warszawskiej+2030%2B.pdf/2042747f-f761-7bcd-3dbc-c48ded9a32fd?t=1702476155220>
- [144] M. J. H. Mogridge, *Travel in towns: jam yesterday, jam today, and jam tomorrow?* w Macmillan reference books. London: Macmillan Press, 1990.
- [145] M. Nowak *et al.*, *Suburbanizacja w Polsce jako wyzwanie dla polityki rozwoju*, t. 11, 203 t. Warszawa: Agencja Wydawniczo-Poligraficzna GIMPO, 2021. doi: 10.24425/140305.
- [146] M. Wolański i M. Czerliński, „Zarządzanie mobilnością a zarządzanie transportem - czyli jak aktywnie kształtować zachowania transportowe?”, w *Horyzont 2050 - lepszy transport & lepsze miasto*, t. 4, w XIII, vol. 4. , Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji Rzeczpospolitej Polskiej, 2021.
- [147] P. Jones i inni, „Urban Mobility: Preparing for the future, learning from the past”. Projekt UE: Congestion Reduction in Europe: Advancing Transport Efficiency (CREATE), 2018.
- [148] Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, *Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/1679 z dnia 13 czerwca 2024 r. w sprawie unijnych wytycznych dotyczących rozwoju transeuropejskiej sieci transportowej, zmieniające rozporządzenia (UE) 2021/1153 i (UE) nr 913/2010 oraz uchylające rozporządzenie (UE) nr 1315/2013*. Dostęp: 10 lipca 2025. [Online]. Dostępne na: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/ALL/?uri=CELEX:32024R1679>
- [149] *Ustawa z dnia 6 grudnia 2006 r. o zasadach prowadzenia polityki rozwoju - tekst jednolity Dz. U. 2024 poz. 324*. Dostęp: 15 lipca 2025. [Online]. Dostępne na: <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20240000324>
- [150] „Główny Urząd Statystyczny: Statystyka regionalna / Jednostki terytorialne / Unijne typologie terytorialne (TERCET) / Funkcjonalne obszary miejskie (FUA)”. Dostęp: 15 lipca 2025. [Online]. Dostępne na: <https://stat.gov.pl/statystyka-regionalna/jednostki-terytorialne/unijne-typologie-terytorialne-tercet/funkcjonalne-obszary-miejskie-fua/>
- [151] „Ministerstwo Infrastruktury: Repozytorium SUMP”. Dostęp: 10 lipca 2025. [Online]. Dostępne na: <https://www.gov.pl/web/infrastruktura/repozytorium-sump>
- [152] „Narzędzie samooceny SUMP”. Dostęp: 15 lipca 2025. [Online]. Dostępne na: <https://www.sump-assessment.eu/Polish/start>
- [153] EIB/JASPERS, Rupperecht Consult, UCL, VECTOS/SLR, „Topic Guide: Decarbonisation of Urban Mobility”, European Platform on Sustainable Urban Mobility Plans, 2024.

- [154] Trako, „Sustainable Urban Mobility Plan for the Warsaw Metropolitan Area 2030+ (Plan zrównoważonej mobilności miejskiej dla metropolii warszawskiej 2030+)”, Warszawa, Wrocław, 2023.
- [155] Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, *Zalecenie Komisji (UE) 2023/550 z dnia 8 marca 2023 r. w sprawie krajowych programów wsparcia na rzecz planowania zrównoważonej mobilności miejskiej C(2023) 1524*. Dostęp: 31 grudnia 2024. [Online]. Dostępne na: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023H0550>
- [156] Multiconsult Polska, „Wykluczenie transportowe w Polsce ma się bardzo dobrze”, *Transport-publiczny.pl*, 20 grudnia 2023. Dostęp: 16 kwietnia 2025. [Online]. Dostępne na: <https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/wykluczenie-transportowe-w-polsce-ma-sie-bardzo-dobrze-81258.html>
- [157] Górnośląsko-Zagłębiowska Metropolia, Związek Gmin i Powiatów Subregionu Centralnego Województwa Śląskiego, „Dobra mobilność 30/50 - Plan Zrównoważonej Mobilności Miejskiej dla obszaru Związku Gmin i Powiatów Subregionu Centralnego Województwa Śląskiego”, Katowice - Gliwice, 2023.
- [158] P. Panek *et al.*, „Plan Zrównoważonej Mobilności Miejskiej dla Miejskiego Obszaru Funkcjonalnego Torunia”, Gmina Miasta Toruń, 2023.
- [159] M. Gabory, M. Michnej, T. Zwoliński i inni, „Plan Zrównoważonej Mobilności Miejskiej dla Koszalińsko-Koło-brzesko-Białogardzkiego Obszaru Funkcjonalnego na lata 2021-2030”, Koszalińsko-Koło-brzesko-Białogardzki Obszar Funkcjonalny, 2023.
- [160] K. Jędruszczak i inni, „Regionalny Plan Transportowy Województwa Mazowieckiego w perspektywie do 2030 roku”, Departament Nieruchomości i Infrastruktury Urzędu Marszałkowskiego Województwa Mazowieckiego w Warszawie, Warszawa, 2022.
- [161] A. Kostecka, J. Thiem i inni, „Regionalny Plan Transportowy dla Województwa Śląskiego”, Województwo Śląskie, Katowice, 2024.
- [162] P. Biczkowski, S. Bryzgalski i inni, „Regionalny Plan Transportowy Województwa Kujawsko-Pomorskiego na lata 2021-2027”, Kujawsko-Pomorskie Biuro Planowania Przestrzennego i Regionalnego we Włocławku Oddział w Bydgoszczy, 2024.
- [163] M. Szpóróg i inni, „Regionalny Plan Transportowy Województwa Zachodniopomorskiego do roku 2030”, Województwo Zachodniopomorskie, Szczecin, 2023.
- [164] *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 25 maja 2011 r. w sprawie szczegółowego zakresu planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego - Dz.U. 2011 nr 117 poz. 684*. Dostęp: 18 lipca 2025. [Online]. Dostępne na: <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20111170684>
- [165] „Plan zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego dla powiatu lipnowskiego”, Powiat lipnowski, 2021. Dostęp: 1 lutego 2025. [Online]. Dostępne na: http://g.ekspert.infor.pl/p/_dane/akty_pdf/U76/2022/24/423.pdf
- [166] *Uchwała Nr 47/XVII/2023 Zgromadzenia Związku Powiatowo-Gminnego „Grodziskie Przewozy Autobusowe” z dnia 28 listopada 2023 r. w sprawie przyjęcia planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego dla Związku Powiatowo-Gminnego „Grodziskie Przewozy Autobusowe”*.
- [167] *Uchwała Nr XXXIII.120.2023 Zgromadzenia Związku Gmin „Podkarpacka Komunikacja Samochodowa” z dnia 26 września 2023 r. w sprawie przyjęcia Planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego dla Związku Gmin „Podkarpacka Komunikacja Samochodowa” z elementami rozwoju strategii elektromobilności oraz z uwzględnieniem publicznego transportu zbiorowego organizowanego na terenie Powiatów, które zawarły porozumienia ze Związkiem Gmin*.

- [168] M. Szczepański, *Praca doktorska: Wykluczenie komunikacyjne w opiniach uczniów szkół ponadpodstawowych – analiza zjawiska na przykładzie wybranych powiatów województwa dolnośląskiego*. Wrocław: Uniwersytet Wrocławski Wydział Nauk Społecznych Instytut Socjologii, 2024.
- [169] J. Apanowicz, *Metodologia nauk*. Towarzystwo Naukowe Organizacji i Kierownictwa „Dom Organizatora”, 2003. Dostęp: 14 września 2024. [Online]. Dostępne na: <https://lubimyczytac.pl/ksiazka/66954/metodologia-nauk>
- [170] E. Babbie, *Badania społeczne w praktyce*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2004.
- [171] T. Komornicki, P. Rosik i inni, „Ewaluacja i monitoring zmian dostępności transportowej w Polsce z wykorzystaniem wskaźnika WMDT”, Ministerstwo Inwestycji i Rozwoju, Warszawa, 2018.
- [172] Z. Wojdygowski, „Dostępność transportowa jako kategoria ekonomiczna”, *Problemy Kolejnictwa*, nr 179, s. 37–48, 2018.
- [173] P. Rosik, W. Pomianowski, S. Goliszek, M. Stępiak i inni, *Multimodalna dostępność transportem publicznym gmin w Polsce (MULTIMODACC)*. Warszawa: Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego Polskiej Akademii Nauk, 2017.
- [174] P. Kisielewski i A. Skóra, „Analiza dostępności czasowo-przestrzennej połączeń komunikacji miejskiej na wybranych przykładach”, *Autobusy*, nr 4, s. 49–53, 2016.
- [175] J. Burdziej, „Analiza dostępności przestrzennej za pomocą technologii GIS na przykładzie obiektów użyteczności publicznej w Toruniu”, *Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG*, nr 19(1), s. 43–51, 2016, doi: 10.4467/2543859XPKG.16.004.6302.
- [176] S. Goliszek i M. Połom, „The use of general transit feed specification (GTFS) application to identify deviations in the operation of public transport at morning peak hours on the example of Szczecin”, *Eur. XXI*, t. 31, s. 51–60, 2016, doi: 10.7163/Eu21.2016.31.4.
- [177] S. Puławska i W. Starowicz, „Dostępność miejskich systemów transportu zbiorowego”, *Transport Miejski i Regionalny*, nr 12, s. 6–11, 2021.
- [178] A. Ważna, „Wykorzystanie badań nad dostępnością transportową do oceny wartości czasu w transporcie”, w *Współczesne problemy finansów, rachunkowości i zarządzania*, E. Walińska, Red., Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, 2013. doi: 10.18778/7525-962-9.23.
- [179] A. Koźlak, „Znaczenie dostępności transportowej dla rozwoju regionalnego i metody jej oceny”, *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, t. Problemy rozwoju regionalnego, nr 110, 2010.
- [180] T. Komornicki, *Wykluczenie transportowe dzieci i młodzieży w Polsce. Diagnoza i rekomendacje*. Warszawa: Stowarzyszenie Polski Komitet Narodowy UNICEF, 2024.
- [181] R. Miński, „Wywiad pogłębiony jako technika badawcza. Możliwości wykorzystania IDI w badaniach ewaluacyjnych”, *PSJ*, t. 13, nr 3, s. 30–51, sie. 2017, doi: 10.18778/1733-8069.13.3.02.
- [182] Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania Polska Akademia Nauk i A. Ciechański, *Regres sieci transportu publicznego w powiatach Beskidu Niskiego i Bieszczad a wykluczenie transportowe młodzieży uczącej się*. Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania Polska Akademia Nauk, 2023. doi: 10.7163/9788361590750.
- [183] „Zjawisko wykluczenia komunikacyjnego w województwie podkarpackim”, Województwo Podkarpackie, Rzeszów, 2024. Dostęp: 2 lutego 2025. [Online]. Dostępne na: https://www.rops.rzeszow.pl/dokumenty/sr/raporty/wyklucz_komun.pdf

- [184] T. Trzaskalik, „Wielokryterialne wspomaganie decyzji. Przegląd metod i zastosowań”, *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej*, nr 1921, 2014.
- [185] G.-H. Tzeng i J.-J. Huang, *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. CRC Press Taylor & Francis Group, 2011.
- [186] R. W. Saaty, „The analytic hierarchy process - what it is and how it is used”, *Mathematical Modelling*, t. 9, nr 3–5, s. 161–176, 1987, doi: 10.1016/0270-0255(87)90473-8.
- [187] S. Opricovic i G.-H. Tzeng, „Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS”, *European Journal of Operational Research*, t. 156, nr 2, s. 445–455, lip. 2004, doi: 10.1016/S0377-2217(03)00020-1.
- [188] M. Bohanec, M. Žnidaršič, I. Bratko, i B. Zupan, „DEX Methodology: Three Decades of Qualitative Multi-Attribute Modeling”, *Informatica*, s. 49–54, 2013.
- [189] *Ustawa z dnia 14 grudnia 2016 r. - Prawo oświatowe - tekst jednolity Dz. U. 2025 poz. 1043*. Dostęp: 18 sierpnia 2025. [Online]. Dostępne na: <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=wdu20170000059>
- [190] P. Sawicki i inni, „Raport końcowy z realizacji projektu Analiza skali wykluczenia komunikacyjnego na obszarze Polski wraz z rekomendacjami zmian legislacyjnych w kontekście publicznego transportu zbiorowego”, NR 4/2025, 2025. [Online]. Dostępne na: <https://www.gov.pl/web/infrastruktura/analiza-skali-wykluczenia-komunikacyjnego-na-obszarze-polski-wraz-z-rekomendacjami-zmian-legislacyjnych-w-kontekscie-publicznego-transportu-zbiorowego>
- [191] Ministerstwo Funduszy i Polityki Regionalnej, „Plan Społeczno-Klimatyczny, Projekt do konsultacji publicznych”. czerwca 2025.
- [192] R. Vavrek i E. Kovářová, „Assessment of the social exclusion at the regional level using multi-criteria approach: evidence from the Czech Republic”, *Equilibrium. Quarterly Journal of Economics and Economic Policy*, t. 16, nr 1, s. 75–102, 2021, doi: 10.24136/eq.2021.003.
- [193] „Centralny Port Komunikacyjny: Pasażerski Model Transportowy - sieciowa prognoza ruchu - część szczegółowa, Biuro Strategii i Planowania, Projektowania i Inżynierii Podprogramu Kolejowego”, marca 2023.
- [194] „Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad: Założenia do prognoz ruchu”. Dostęp: 2 lipca 2025. [Online]. Dostępne na: <https://www.gov.pl/web/gddkia/zalozenia-do-prognoz-ruchu>
- [195] „Centralny Port Komunikacyjny: Pasażerski Model Transportowy”. Dostęp: 2 lipca 2025. [Online]. Dostępne na: <https://www.cpk.pl/pl/inwestycja/kolej/pasazerski-model-transportowy>
- [196] E. Boratyńska-Karpiej i P. Engel, „Transport dla wszystkich: Projektowanie uniwersalne w transporcie jest na +”, 2019.
- [197] *Ustawa z dnia 19 lipca 2019 r. o zapewnianiu dostępności osobom ze szczególnymi potrzebami - tekst jednolity Dz. U. 2024 poz. 1411*. Dostęp: 12 czerwca 2025. [Online]. Dostępne na: <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20190001696>
- [198] *Organizacja Narodów Zjednoczonych: Konwencja o prawach osób niepełnosprawnych, sporządzona w Nowym Jorku dnia 13 grudnia 2006 r.* Dostęp: 12 czerwca 2025. [Online]. Dostępne na: <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=wdu20120001169>
- [199] Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, *Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1300/2014 z dnia 18 listopada 2014 r. - w sprawie technicznych specyfikacji interoperacyjności odnoszących się do dostępności systemu kolei Unii dla osób niepełnosprawnych i osób o ograniczonej możliwości poruszania się*. 2014.

- [200] „Standardy dostępności architektonicznej dla m.st. Warszawy”, Urząd m.st. Warszawy, Warszawa, 2022.
- [201] K. Furgalińska i M. Szubert-Teci, „Standardy dostępności ruchu pieszych dla miast i gmin Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii”, Górnośląsko-Zagłębiowska Metropolia, GZM, 2020.
- [202] M. Wolański, M. Czerliński i inni, „Ewaluacja efektów wsparcia w ramach II osi priorytetowej Nowoczesna Infrastruktura Transportowa POPW 2014-2020 - Raport końcowy”, Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości, Warszawa, 2023.
- [203] Najwyższa Izba Kontroli, „Informacja o wynikach kontroli: Dostępność Publicznego Transportu Zbiorowego dla osób niepełnosprawnych w miastach na prawach powiatu, LBY.430.001.00.2015”. 2015.
- [204] M. Stępnia, R. Wiśniewski i S. Goliszek, „Dostępność do usług publicznych”. RepOD, 2017. doi: 10.18150/REPOD.3374192.
- [205] „Centrum Unijnych Projektów Transportowych: Niebieskie Księgi dla sektora kolejowego, sektora transportu publicznego oraz infrastruktury drogowej dla perspektywy finansowej 2021-2027”. Dostęp: 3 lipca 2025. [Online]. Dostępne na: <https://www.cupt.gov.pl/strefa-beneficjenta/wdrazanie-projektow/analiza-kosztow-i-korzysci/metodyka-analzy-kosztow-i-korzysci/niebieskie-ksiegi-2021-2027/>
- [206] J. Scott, *What is social network analysis?* w Research Methods. New York, NY: Bloomsbury Academic, 2012.
- [207] J. P. Pritchard, F. Moura i J. De Abreu E Silva, „Incorporating social network data in mobility studies: Benefits and takeaways from an applied survey methodology”, *Case Studies on Transport Policy*, t. 4, nr 4, s. 279–293, grud. 2016, doi: 10.1016/j.cstp.2016.09.002.
- [208] R. Olszewski, D. Gotlib i A. Iwaniak, *GIS. Obszary zastosowań*. Wydawnictwo Naukowe PWN, 2007. Dostęp: 17 września 2024. [Online]. Dostępne na: <https://www.ibuk.pl/fiszka/575/gis-obszary-zastosowan.html?srsId=AfmBOopB7jGZ-wuDooW793H0Y3NpIN99LtpPRycSjt89h0BUmP5YZtf9>
- [209] „Strona internetowa oprogramowania: ArcGIS”. Dostęp: 4 lipca 2025. [Online]. Dostępne na: <https://www.arcgis.com/index.html>
- [210] „Strona internetowa oprogramowania: QGIS”. Dostęp: 4 lipca 2025. [Online]. Dostępne na: <https://qgis.org/>
- [211] M. Florczak, „GIS jako narzędzie badania dostępności przestrzennej transportu zbiorowego”, *Transport Miejski i Regionalny*, t. 5, s. 22–27, 2013.
- [212] Główny Urząd Statystyczny, „Dojazdy uczniów do szkół podstawowych i ponadpodstawowych w województwie mazowieckim w roku szkolnym 2022/23”, Warszawa, lut. 2024.
- [213] „OpenTripPlanner: Multimodal Trip Planning”. Dostęp: 4 lipca 2025. [Online]. Dostępne na: <https://www.opentripplanner.org/>
- [214] M. Wierzchołowski, W. Jastrzębski, i T. Kaczor, „Vademecum do modelowania ruchu”, Centrum Unijnych Projektów Transportowych, Warszawa, 2017.
- [215] „General Transit Feed Specification”. Dostęp: 10 czerwca 2025. [Online]. Dostępne na: <https://gtfs.org/>
- [216] M. Wolański, A. Dąbrowski, D. Makurat, P. Kozłowska, M. Czerliński i J. Kaczorowski, „Krajowy Profil Standardu NETEX - Część 2. Raport końcowy z konsultacji”, Warszawa, 2022.
- [217] „Transmodel: What is SIRI?” Dostęp: 10 czerwca 2025. [Online]. Dostępne na: <https://transmodel-cen.eu/index.php/siri/>
- [218] „Komunikacja miejska w Warszawie: Mapa komunikacji w Aglomeracji Warszawskiej”. Dostęp: 10 czerwca 2025. [Online]. Dostępne na:

- <https://kmwawa.github.io/kmwaw/mapy%20i%20schematy---komunikacja%20w%20aglomeracji%20warszawskiej.html>
- [219] M. Kuranowski, „Bazy danych GTFS: MKuran”. Dostęp: 12 czerwca 2025. [Online]. Dostępne na: <https://mkuran.pl/gtfs/>
 - [220] J. Zydroń, „Otwarte Dane Transportowe: Strona główna”. Dostęp: 12 czerwca 2025. [Online]. Dostępne na: <https://odt.org.pl/>
 - [221] „OpenStreetMap: Dostarcza dane mapowe tysiącom stron internetowych, aplikacji oraz urządzeń”. [Online]. Dostępne na: <https://www.openstreetmap.org/about>
 - [222] „ArcanaGIS: OpenStreetMap – ważne źródło danych GIS-owych”. Dostęp: 10 czerwca 2025. [Online]. Dostępne na: <https://www.arcanagis.pl/openstreetmap-wazne-zrodlo-danych-gis-owych/>
 - [223] „Geoportal.gov.pl: Informacje”. Dostęp: 10 czerwca 2025. [Online]. Dostępne na: <https://www.geoportal.gov.pl/pl/o-geoportalu/informacje/>
 - [224] „Biuletyn Informacji Publicznej Urzędu Miejskiego Wrocławia: Kompleksowe Badania Ruchu we Wrocławiu i otoczeniu - KBR 2018”. Dostęp: 12 czerwca 2025. [Online]. Dostępne na: <https://bip.um.wroc.pl/artukul/565/37499/kompleksowe-badania-ruchu-we-wroclawiu-i-otoczeniu->
 - [225] Via Vistula, „Wrocław się liczy. Kompleksowe Badania Ruchu Wrocław i Otoczenie 2024. Raport I z Etapu I”, Gmina Wrocław Departament Infrastruktury i Transportu Biuro Zrównoważonej Mobilności, Wrocław, 2024.
 - [226] Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, *Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/679 z dnia 27 kwietnia 2016 r. w sprawie ochrony osób fizycznych w związku z przetwarzaniem danych osobowych i w sprawie swobodnego przepływu takich danych oraz uchylenia dyrektywy 95/46/WE (ogólne rozporządzenie o ochronie danych) (Tekst mający znaczenie dla EOG)*. 2016. Dostęp: 12 czerwca 2025. [Online]. Dostępne na: <http://data.europa.eu/eli/reg/2016/679/oj/pol>
 - [227] LPW, „Wykonanie Kompleksowych Badań Ruchu we Wrocławiu i Otoczeniu - KBR 2018. Raport z realizacji etapu V - Analiza węzłów podróży uzyskanych na podstawie danych BIG Data”, UM Wrocław, Wrocław, 2018.
 - [228] „Główny Urząd Statystyczny: Bank Danych Lokalnych”. Dostęp: 17 września 2025. [Online]. Dostępne na: <https://bdl.stat.gov.pl/BDL/start>
 - [229] Główny Urząd Statystyczny, „Dojazdy do pracy w świetle wyników Narodowego Spisu Powszechnego Ludności i Mieszkań 2021”, Warszawa - Poznań, 2024. Dostęp: 4 lipca 2025. [Online]. Dostępne na: <https://stat.gov.pl/spisy-powszechne/nsp-2021/nsp-2021-wyniki-ostateczne/dojazdy-do-pracy-w-swietle-wynikow-nsp-2021,8,2.html>
 - [230] Główny Urząd Statystyczny, „Dojazdy uczniów do szkół podstawowych i ponadpodstawowych w roku szkolnym 2023/2024”, Poznań, lis. 2024. Dostęp: 4 lipca 2025. [Online]. Dostępne na: <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/edukacja/edukacja/dojazdy-uczniow-do-szkol-podstawowych-i-ponadpodstawowych-w-roku-szkolnym-20232024,23,2.html>
 - [231] „Główny Inspektorat Ochrony Środowiska: Bank danych pomiarowych”. Dostęp: 17 września 2025. [Online]. Dostępne na: <https://powietrze.gios.gov.pl/pjp/archives#>
 - [232] World Health Organization, „Globalne wytyczne jakości powietrza WHO: Pył zawieszony (PM_{2,5} i PM₁₀), ozon, dwutlenek azotu, dwutlenek siarki i tlenek węgla”, Kopenhaga, 2021.
 - [233] „Wyszukiwarka wypadków i kolizji w Polsce – sewik.pl”. Dostęp: 12 czerwca 2025. [Online]. Dostępne na: <https://sewik.pl/>
 - [234] „Ministerstwo Infrastruktury: Informacje dotyczące publicznego transportu zbiorowego”. Dostęp: 12 czerwca 2025. [Online]. Dostępne na:

- <https://www.gov.pl/web/infrastruktura/informacje-dotyczace-publicznego-transportu-zbiorowego>
- [235] „Portal statystyczny Urzędu Transportu Kolejowego: Przewozy pasażerskie”. Dostęp: 12 czerwca 2025. [Online]. Dostępne na: <https://dane.utk.gov.pl/sts/przewozy-pasazerskie>
- [236] B. Jefmański, „Rozmyta metoda TOPSIS jako narzędzie identyfikacji determinant jakości usług i produktów”, *Handel Wewnętrzny*, nr 5(346), s. 28–41, 2013.
- [237] „Spatial Reference: EPSG:4326 WGS 84”. Dostęp: 29 września 2025. [Online]. Dostępne na: <https://spatialreference.org/ref/epsg/4326/>
- [238] „Baza danych obiektów topograficznych (BDOT10k)”, [Geoportal.gov.pl](https://geoportal.gov.pl). Dostęp: 23 lipca 2025. [Online]. Dostępne na: <https://www.geoportal.gov.pl/pl/dane/baza-danych-obiektow-topograficznych-bdot10k/>
- [239] K. Palka, „Vademecum użytkownika Baza danych obiektów topograficznych 10k”, *WODGiK Katowice*.
- [240] „Fundacja Rozwoju Systemu Edukacji Eurydice: Krótka informacja o polskim systemie edukacji”. Dostęp: 23 lipca 2025. [Online]. Dostępne na: <https://eurydice.org.pl/system-edukacji-w-polsce/krotka-informacja-o-polskim-systemie-edukacji>
- [241] *Github: opis algorytmu R5*. (9 września 2025). Java. Conveyal. Dostęp: 9 września 2025. [Online]. Dostępne na: <https://github.com/conveyal/r5>
- [242] „Ministerstwo Infrastruktury: Krajowy Punkt Dostępu do usług informacji o podróżach multimodalnych (KPD MMTIS)”. Dostęp: 18 sierpnia 2025. [Online]. Dostępne na: <https://www.gov.pl/web/infrastruktura/krajowy-punkt-dostepu-do-uslug-informacji-o-podrozach-multimodalnych-kpd-mmtis>

Spis rysunków

Rysunek 1. Autobus elektryczny jako autobus szkolny	30
Rysunek 2. Umieszczenie WK w aktach prawa i dokumentach strategicznych	33
Rysunek 3. Półwysep helski – obszar z pasmową zabudową	47
Rysunek 4. Paczkomaty we wsi Ruś w woj. warmińsko-mazurskim (12 km od centrum Olsztyna)	49
Rysunek 5. Obszar organizatora ZTM GZM, podzielony na podregiony i gminy, które wspólnie organizują PTZ	51
Rysunek 6. Oferta Małopolskiego Biletu Zintegrowanego wraz z oznaczeniem stref biletowych na mapie województwa	54
Rysunek 7. Węgierski planer podróży EMMA – wyszukiwarka połączeń na terenie całego kraju oraz podgląd w czasie rzeczywistym lokalizacji wszystkich pojazdów PTZ	56
Rysunek 8. Trasa linii w sieci GPA, obsługującej szkoły w Ojrzeńcu i Józefinie	57
Rysunek 9. Odwrócona piramida mobilności	62
Rysunek 10. Obszary, dla których opracowano SUMP-y w Polsce	67
Rysunek 11. Cykl planowania zrównoważonej mobilności miejskiej	68
Rysunek 12. Osiąganie celów zrównoważonej mobilności wg Komisji Europejskiej	69
Rysunek 13. Delimitacja obszarów peryferyjnych w RPT kujawsko-pomorskiego	75
Rysunek 14. Potencjalne metody oceny wykluczenia komunikacyjnego	80
Rysunek 15. Dostępność potencjałowa w transporcie publicznym autobusowym	81
Rysunek 16. Pokrycie komunikacyjne obszaru Krakowa w 8 przedziałach czasowych dostępności centrum miasta, do: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 i 40 minut	82
Rysunek 17. Izochrony dostępności na przykładzie Szczecina	82
Rysunek 18. Przykład obliczenia czasu dotarcia z punktu początkowego do punktu docelowego w metodzie czasowo-przestrzennej	83
Rysunek 19. Mapa WK w ujęciu gminnym – wartości wskazują w gminie udział wykluczonych punktów adresowych	94
Rysunek 20. Ocena obszarów pod kątem zagrożenia ubóstwem transportowym w Polsce wykonana przez zespół pod przewodnictwem prof. Rosika	95
Rysunek 21. Strefy wpływów w województwie mazowieckim poszczególnych miast na prawach powiatu w roku szkolnym 2022/23 – szkoły podstawowe	101
Rysunek 22. Mapa sieci transportu publicznego w Metropolii Warszawskiej	107
Rysunek 23. Struktura danych OSM	109

Rysunek 24. Warstwa Transportu publicznego mapy OSM	109
Rysunek 25. Zakres pracy i wykorzystane metody badawcze	121
Rysunek 26. Schemat zintegrowanej metody oceny wielokryterialnej wykluczenia komunikacyjnego (ZMOW WK)	123
Rysunek 27. Algorytm modułu wyszukiwania podróży OTP	144
Rysunek 28. Oprogramowanie i bazy danych użyte w metodzie ZMOW WK	155
Rysunek 29. Okno programu QGIS z mapą ciepła wskaźnika WK	158
Rysunek 30. Wyznaczenie wartości wskaźnika WK dla każdego budynku w Excelu	159
Rysunek 31. Opracowanie wyników wskaźnika WK w Excelu	159
Rysunek 32. Komponent przeglądarki do wyszukiwania podróży w aplikacji OTP	160
Rysunek 33. Uruchamianie algorytmu OTP – otwarcie grafu sieci	161
Rysunek 34. Schemat opcji uruchomienia planera podróży OTP	161
Rysunek 35. Uruchomienie programu do wielokrotnego odpytywania OTP w PowerShellu	163
Rysunek 36. Uruchomiona instancja OTP na maszynie wirtualnej w Docker Desktop	164
Rysunek 37. Fragment kodu służącego do odpytywania OTP o parametry podróży, napisany w języku Python	165
Rysunek 38. Fragment danych wygenerowanych przez skrypt napisany w Pythonie, odpytujący OTP o parametry podróży	165
Rysunek 39. Obszar analizy – powiat grodziski	166
Rysunek 40. Sieć Grodziski Przewozów Autobusowych w 2024 roku – korytarze tras linii wraz z dobową liczbą kursów na dzień powszedni	168
Rysunek 41. Fragment bazy danych zebranych dla powiatu grodziskiego	170
Rysunek 42. Infrastruktura dróg samochodowych na terenie powiatu grodziskiego	171
Rysunek 43. Infrastruktura kolejowa na terenie powiatu grodziskiego	172
Rysunek 44. Mapa budynków mieszkalnych w powiecie grodziskim	173
Rysunek 45. Mapa punktów adresowych w powiecie grodziskim	174
Rysunek 46. Statystyka budynków według funkcji w powiecie grodziskim	174
Rysunek 47. Szczegółowa funkcja budynków na terenie powiatu grodziskiego	175
Rysunek 48. Wykres klasyfikacji wyników wskaźnika WK – konfiguracja A	183
Rysunek 49. Wykres klasyfikacji wyników wskaźnika WK – konfiguracja B	183
Rysunek 50. Wykres klasyfikacji wyników wskaźnika WK – konfiguracja C	184
Rysunek 51. Wykres pudełkowy wskaźnika WK dla wariantu wag eksperckich i odległości Manhattan – konfiguracja A	185

Rysunek 52. Wykres pudełkowy wskaźnika WK dla wariantu wag eksperckich i odległości Manhattan – konfiguracja B	186
Rysunek 53. Wykres pudełkowy wskaźnika WK dla wariantu wag eksperckich i odległości Manhattan – konfiguracja C	186
Rysunek 54. Mapa ciepła wskaźnika WK [0,00-1,00] w powiecie grodziskim, dla konfiguracji A i wariantu z użyciem wag eksperckich i odległości Manhattan	187
Rysunek 55. Mapa ciepła wskaźnika WK [0,00-1,00] w powiecie grodziskim, dla konfiguracji B i wariantu z użyciem wag eksperckich i odległości Manhattan	188
Rysunek 56. Mapa ciepła wskaźnika WK [0,00-1,00] w powiecie grodziskim, dla konfiguracji C i wariantu z użyciem wag eksperckich i odległości Manhattan	189
Rysunek 57. Obszar gminy Baranów, dobową liczbę kursów GPA oraz mapę ciepła wskaźnika WK w konfiguracji A	194
Rysunek 58. Obszar gminy Jaktorów, dobową liczbę kursów GPA oraz mapę ciepła wskaźnika WK w konfiguracji A	194
Rysunek 59. Obszar gminy Żabia Wola, dobową liczbę kursów GPA oraz mapę ciepła wskaźnika WK w konfiguracji A	195

Spis tabel

Tabela 1. Obszary i symptomy wykluczenia społecznego	16
Tabela 2. Przykłady wykluczenia transportowego pogłębiającego obszary wykluczenia społecznego	17
Tabela 3. Podstawowe postulaty przewozowe w publicznym transporcie zbiorowym	38
Tabela 4. Powiązanie aspektów popytowo-podażowych wpływających na WK	41
Tabela 5. Przykłady ukierunkowanych, opłacalnych środków i inwestycji we wspieraniu zrównoważonej mobilności w celu redukcji wykluczenia komunikacyjnego	44
Tabela 6. Zestawienie dobrych praktyk w likwidacji wykluczenia komunikacyjnego.....	45
Tabela 7. Zestawienie tradycyjnego podejścia przy planowaniu transportu a planowania zrównoważonej mobilności miejskiej	63
Tabela 8. Definicja dobrego i bardzo dobrego dostępu do PTZ w Metropolii Warszawskiej .	70
Tabela 9. Przykłady wskaźników ubóstwa transportowego.....	85
Tabela 10. Kategorie danych i przykładowe wskaźniki istotne z punktu widzenia oceny wykluczenia komunikacyjnego	88
Tabela 11. Struktura plików w standardzie GTFS	106
Tabela 12. Powiązanie metod oceny wykluczenia komunikacyjnego z narzędziami i bazami danych	116
Tabela 13. Funkcje szczegółowe budynków mieszkalnych w bazie BDOT10k.....	135
Tabela 14. Określenie kryteriów j metody ZMOW WK.....	146
Tabela 15. Główne cechy opracowanej metody oceny wykluczenia komunikacyjnego	154
Tabela 16. Podstawowe dane statystyczne JST z powiatu grodziskiego	167
Tabela 17. Struktura plików danych GTFS Grodziskich Przewozów Autobusowych	168
Tabela 18. Taryfa biletowa Grodziskich Przewozów Autobusowych	169
Tabela 19. Struktura danych w bazie dla powiatu grodziskiego – zakładka „Inne dane transportowe”	169
Tabela 20. Dane o celach podróży w algorytmie	176
Tabela 21. Struktura danych w bazie dla powiatu grodziskiego – dane społeczno-ekonomiczne.....	176
Tabela 22. Struktura danych w bazie dla powiatu grodziskiego – dane o kategoriach społecznych ludności.....	177
Tabela 23. Zestawienie statystyk dotyczących parametrów wejściowych dla danych sieci GPA	179

Tabela 24. Waga kryteriów użytych w analizie wykluczenia komunikacyjnego	181
Tabela 25. Wskaźnik WK sklasyfikowany w przedziałach wartości z odstępem 0,10 policzony według 4 rodzajów wag i odległości Manhattan bądź Euklidesowej – konfiguracja A.....	182
Tabela 26. Wskaźnik WK sklasyfikowany w przedziałach wartości z odstępem 0,10 policzony według 4 rodzajów wag i odległości Manhattan bądź Euklidesowej – konfiguracja B.....	182
Tabela 27. Wskaźnik WK sklasyfikowany w przedziałach wartości z odstępem 0,10 policzony według 4 rodzajów wag i odległości Manhattan bądź Euklidesowej – konfiguracja C.....	182
Tabela 28. Parametry statystyczne dla wariantu wag eksperckich i odległości Manhattan – konfiguracja A.....	184
Tabela 29. Parametry statystyczne dla wariantu wag eksperckich i odległości Manhattan – konfiguracja B	185
Tabela 30. Parametry statystyczne dla wariantu wag eksperckich i odległości Manhattan – konfiguracja C	185
Tabela 31. Porównanie wartości wskaźników WK uzyskanych w ramach projektu Gospostrateg z niniejszą pracą	195

Załączniki

Załącznik 1. Elementy infrastruktury drogowej OSM, którymi mogą poruszać się piesi w drodze na przystanek

Załącznik 2. Rozkład jazdy Grodzkich Przewozów Autobusowych w formacie GTFS

Załącznik 3. Baza danych dla powiatu grodziskiego

Załącznik 4. Dane QGIS dla powiatu grodziskiego

Załącznik 5. Lista budynków mieszkalnych BDOK10k w powiecie grodziskim

Załącznik 6. Struktura danych BDOT10k

Załącznik 7. Współrzędne źródeł i celów – input do OTP

Załącznik 8. Algorytm OTP

Załącznik 9. Budowa grafu sieci w OTP – logi

Załącznik 10a-c. Wyniki wyszukiwania podróży – output z OTP

Załącznik 11a-c. Algorytm ZMOW WK TOPSIS

Załącznik 12. Wskaźnik WK – obliczenia statystyczne

Załącznik 13. Wskaźnik WK – input do QGIS