

# **Analiza skali wykluczenia komunikacyjnego na obszarze Polski wraz z rekomendacjami zmian legislacyjnych w kontekście publicznego transportu zbiorowego T-INCLUDED**

## **Zadanie 11**

**Opracowanie i agregacja wskaźnika poziomu  
zagrożenia wykluczeniem komunikacyjnym**

---

**Opracowanie zintegrowanego wskaźnika oceniającego poziom  
zagrożenia WK na poziomie punktu adresowego oraz algorytmów  
agregujących wskaźnik do poziomu JST**

---

31 stycznia 2025 r.



Rzeczpospolita  
Polska

**NCBR**   
Narodowe Centrum Badań i Rozwoju



POLITECHNIKA POZNAŃSKA



POLITECHNIKA  
GDAŃSKA



Politechnika  
Śląska

Politechnika  
Warszawska

*INFORMACJE O WYKONAWCY*

**Politechnika Poznańska**

pl. M. Skłodowskiej-Curie 5, 60-965 Poznań

NIP: 7770003699

REGON: 000001608

e-mail: [biuro.rektora@put.poznan.pl](mailto:biuro.rektora@put.poznan.pl)

strona: <http://www.put.poznan.pl>

*ZESPÓŁ WYKONAWCÓW PRAC*

**Wydział Inżynierii Lądowej i Transportu Politechniki Poznańskiej**

ul. Piotrowo 3, 61-138 Poznań

strona: <https://wilit.put.poznan.pl>

Wykonawcy:

- Maciej Bieńczak – IT, ZST
- Marek Łukaszczyk – IT
- Andrzej Markiewicz – IT
- Wojciech Miechowicz – IT, ZST
- Michał Pawłowski – IIL, ZBMiDK
- Adam Redmer – IT, ZST
- Jeremi Rychlewski – IIL, ZBMiDK
- Hanna Sawicka – IT, ZTS
- Piotr Sawicki – IT, ZST (*kierownik B+R*)
- Michał Wojtał – IT
- Paweł Zmuda-Trzebiatowski – IT, ZST (*kierownik projektu na PP*)

# Spis treści

<b>1. Wprowadzenie</b>	<b>4</b>
<b>2. Opracowanie zintegrowanego wskaźnika oceny poziomu zagrożenia WK na poziomie punktu adresowego</b>	<b>6</b>
2.1. Wstępne testy weryfikacyjne w zakresie integracji algorytmów WK	6
2.1.1. Integracja APD1 i APD5	6
2.1.2. Integracja wskaźnika wykluczenia na poziomie zbioru podróży vs. pojedynczych podróży	7
2.2. Główne testy weryfikacyjne w zakresie integracji algorytmów składowych WK	9
2.2.1. Obszar analizy i wykorzystywane narzędzia	9
2.2.2. Dyskretna integracja algorytmów składowych WK	9
2.2.3. Ciągła integracja algorytmów składowych WK	12
2.2.4. Hybrydowa integracja algorytmów składowych WK	13
2.2.5. Integracja w zakresie algorytmu APD6	15
<b>3. Opracowanie algorytmów agregacji wskaźnika do poziomu JST</b>	<b>17</b>
3.1. Agregacja dla podejścia dyskretnego do integracji	17
3.2. Agregacja dla podejścia ciągłego do integracji	20
<b>4. Definicja zjawiska wykluczenia komunikacyjnego (WK) - wykluczenia z transportu zbiorowego (WTZ)</b>	<b>25</b>
<b>5. Podsumowanie</b>	<b>27</b>
5.1. Rekomendacje	27
5.2. Osiągnięcie kamieni milowych zadania	27

## 1. Wprowadzenie

Celem Zad. 11 jest opracowanie algorytmów integrujących składowe WK do wskaźnika WK dla punktu adresowego, a opracowanych w ramach Zad.5. Dodatkowo jest to opracowanie algorytmów agregujących wyniki do poziomu Jednostek Samorządu Terytorialnego (JST).

Analiza dostępnych otwartych zbiorów danych wskazała, że o ile jest to obliczeniowo wykonalne, najlepszym rozwiązaniem będzie prowadzenie analiz na poziomie poszczególnych punktów adresowych (pozyskanych z bazy Państwowego Rejestru Granic - PRG), a nie ich agregatów, np. punktów centralnych miejscowości (pozyskanych z bazy Państwowego Rejestru Nazw Geograficznych - PRNG). Ma to z jednej strony związek z układem przestrzennym niektórych miejscowości, np. wsi w województwie małopolskim takich jak Zawoja, której długość rozciąga się na kilkanaście kilometrów, a powierzchnia wynosi ponad 100 km<sup>2</sup>. Stosowanie tylko jednego punktu centralnego (pozyskanego z PRNG) dla takiej miejscowości jest niewystarczające do oceny sytuacji transportowej w jej obrębie. Jednocześnie uwzględnianie dodatkowych kategorii takich jak części wsi czy ich przysiółki jest problematyczne pod względem ustalenia liczby mieszkańców. Dostępne dane demograficzne, w szczególności powstałe w wyniku Narodowego Spisu Powszechnego 2021 są dostępne na poziomie obwodów spisowych, które łatwiej jest przypisać bezpośrednio do punktów adresowych, niż informacji zagregowanych w zbiorze PRNG. Warto przy tym zauważyć, że opracowywane algorytmy pozwalają na pewne optymalizacje, które zmniejszają pracochłonność obliczeń dla pełnego zbioru ponad 8 mln punktów adresowych pozyskanych z PRG. Natomiast punkty centralne miejscowości PRNG są wykorzystywane do ustalenia punktów docelowych podróży do siedzib gmin i powiatów.

Według zamierzeń projektowych wyłonienie rekomendowanych rozwiązań ma się odbyć przez wykonanie testów porównawczych (w zakr. czaso- i zasobochłonności obliczeń oraz oceny eksperckiej w zakresie poziomu spełnienia oczekiwań) na wybranej podgrupie minimum 6 gmin. Założono, że w zbiorze testowym powinny znajdować się minimum: po 1 przedstawicielu gminy wiejskiej, miejsko-wiejskiej oraz miejskiej. Przeprowadzone na tym etapie testy mają wesprzeć udzielenie odpowiedzi na pytanie, czy przyjęty poziom dokładności - do punktu adresowego, jest wystarczający.



W efekcie realizacji Zad.11 autorzy spodziewają się osiągnięcia VIII poziomu gotowości podsystemu określającego zagregowany wskaźnik WK, tj. osiągnięcia zdolności do wyznaczania wartości tego wskaźnika dla dowolnie wybranych obszarów (na poziomie pkt. adresowego) i na podstawie posiadanych danych, oraz ich agregację do poziomu gminy. Założono również, że dla prostoty rozwiązania punktu adresowe i obszary JST powinny być klasyfikowane zgodnie z logiką dwuwartościową - jest albo nie jest zagrożony wykluczeniem. Jednakże dla zapewnienia pełnego obrazu przyczyn takiego stanu, dla każdego PA konieczne jest określenie zestawu rezultatów składowych WK, co pozwoli na pogłębienie analizy zjawiska.

Aby wynik analiz z dokładnością do PA możliwy był do zinterpretowania z dokładnością do liczby mieszkańców (obywateli Polski), autorzy założyli skorzystanie z otwartych baz danych, w tym Powszechnego Spisu Ludności 2021, który pozwoli przetransponować pA posiadające status WK na liczbę mieszkańców objętych tym zjawiskiem.

## **2. Opracowanie zintegrowanego wskaźnika oceny poziomu zagrożenia WK na poziomie punktu adresowego**

### **2.1. Wstępne testy weryfikacyjne w zakresie integracji algorytmów WK**

#### **2.1.1. Integracja APD1 i APD5**

W pierwszej kolejności przeprowadzono testy integracji wybranych składowych wykluczenia komunikacyjnego:

- APD1 tj. czasu przejazdu (dojazdu) do miejsca docelowego - TP,
- oraz APD5, tj. niezawodność czasu podróży - NP.

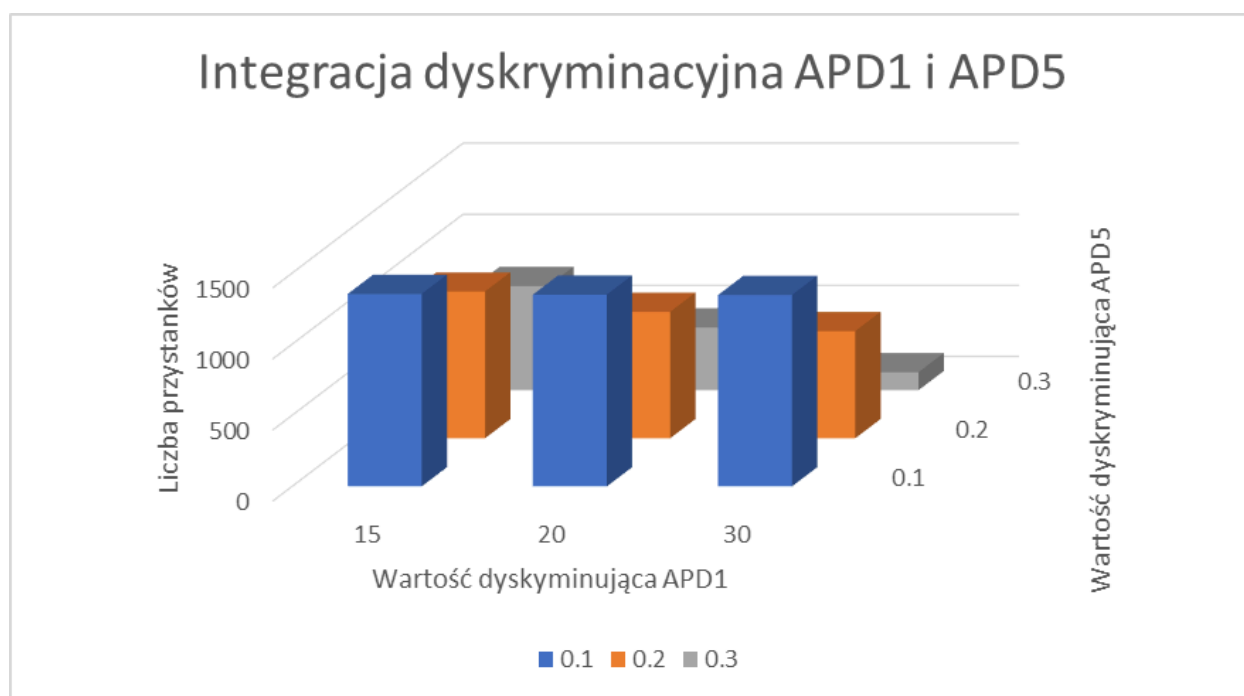
Testy przeprowadzono na danych ZTM Poznań dla aglomeracji poznańskiej, dostępnych w standardzie GTFS. Ponadto, zastosowano algorytmy pomocnicze:

- APM1 tj. uwzględnienie przesiadek (poprzez wykorzystanie mechanizmów OpenTrip Planner),
- APM2 tj. rozróżnienie obszaru (poprzez arbitralne ustalenie wartości progowych dla TP i NP),
- APM3 tj. agregację przestrzenną przystanków (poprzez uproszone zagregowanie przystanków o tej samej nazwie i wybranie dla nich lepszych wartości WK APD1 i APD5).

Do testów przygotowano 9 scenariuszy. Dla WK APD1 były to progi o wartościach 15 min., 20 min. i 30 min., zaś WK APD5 - wartości "0,1", "0,2" i "0,3". WK przetestowano dla 1368 zagregowanych przystanków. Liczby wykluczonych przystanków zebrano w tabeli 1 oraz pokazano na wykresie (rys. 1).

Tab. 1. Liczba wykluczonych przystanków w zależności od parametrów APD1 i APD5.

APD5	APD1[min]		
	15	20	30
0.1	1353	1348	1345
0.2	1031	888	753
0.3	732	440	125



Rys. 1. Liczba wykluczonych przystanków w zależności od parametrów APD1 i APD5.

### 2.1.2. Integracja wskaźnika wykluczenia na poziomie zbioru podróży vs. pojedynczych podróży

Już na wstępnym etapie analiz zespół projektowy jednoznacznie stwierdził, że stopień powiązania poszczególnych składowych WK jest tak duży, iż może nie mieć większego sensu

ich niezależne wyznaczanie i określanie na podstawie tych niezależnych ocen czy dany punkt adresowy jest wykluczony. Wymagane jest tu raczej jednoczesne sprawdzanie wszystkich składowych na poziomie pojedynczej podróży w celu ostatecznego określenia czy można ją uznać za satysfakcjonującą z perspektywy oceny występowania WK. W przeciwnym razie możliwa jest sytuacja, w której poszczególne składowe nie sugerują występowania WK, tj. dla danego punktu adresowego można wskazać satysfakcjonującą częstotliwość kursowania, czas dojazdu, cenę podróży czy jej niezawodność, a jednocześnie ani jedna wyznaczona potencjalna podróż do stolicy gminy czy powiatu nie będzie spełniać wszystkich tych warunków łącznie, tj. przykładowo odnalezione zostanie wiele planów podróży mieszczących się w budżecie, ale przekraczających oczekiwany czas podróży, a także jednocześnie wiele planów podróży, których czas jest krótki, ale jednocześnie budżet jest przekroczony.

Podobnie w przypadku dostępności do przystanków nie ma znaczenia ich liczba w zasięgu dostępności pieszej, lecz liczba unikalnych kursów możliwych do realizacji z tych przystanków. W tym sensie znaczenia nabierają reguły ich deduplikacji. Szczególnie ważna jest tu kwestia przesiadek. W przypadku częściowo wspólnych tras mogą odbywać się na wielu różnych przystankach pośrednich, w efekcie powodując zwielokrotnienie liczby połączeń, także w sytuacjach, gdy nie powoduje to zmian z perspektywy pozostałych składowych, tj. połączenie trwa tak samo długo, kończy się o tej samej godzinie i kosztuje tyle samo przy zadowalającym poziomie niezawodności. Z perspektywy pasażera połączenia te są traktowane de facto jako jedno. Stąd w celu uwzględnia wszystkich powyższych kwestii w głównym etapie weryfikacji zaproponowano dwa podejścia (algorytmy) do integracji - dyskretne, w którym ostatecznie wartość wskaźnika zagrożenia WK może przyjąć dwie wartości "jest"/"nie ma" zagrożenia WK (algorytm 5 w raporcie Zad. 4), oraz ciągłe, gdzie ostateczna wartość mieści się w przedziale  $<0,1>$  (algorytm 6 w raporcie Zad. 4). W każdym przypadku integracja może obejmować także łączenie oceny podróży do różnych miejsc docelowych (gmina, powiat) oraz dla różnych scenariuszy rozpatrywanego pasażera (osoba o ograniczonej mobilności, osoba bez ograniczeń mobilności).

## **2.2. Główne testy weryfikacyjne w zakresie integracji algorytmów składowych WK**

### **2.2.1. Obszar analizy i wykorzystywane narzędzia**

Główne testy weryfikacyjne w zakresie integracji algorytmów WK prowadzono dla obszaru miasta na prawach powiatu Poznań oraz powiatu poznańskiego. Na obszarze tym mieści się łącznie 18 gmin, w tym:

- 1 miasto na prawach powiatu: Poznań
- 2 gminy miejskie: Luboń, Puszczykowo,
- 8 gmin miejsko-wiejskich: Buk, Kostrzyn, Kórnik, Mosina, Murowana Goślina, Pobiedziska, Stęszew, Swarzędz,
- 7 gmin wiejskich: Czerwonak, Dopiewo, Kleszczewo, Komorniki, Rokietnica, Suchy Las, Tarnowo Podgórne.

Tak dobrany obszar analizy pozwolił spełnić założenia projektowe, tj. prowadzić testy dla minimum 6 gmin trzech typów.

Na tym etapie integracji podlegały wszystkie składowe wykluczenia, za wyjątkiem APD6, tj. dostępności dla osób z niepełnosprawnościami, która to składowa została w toku wcześniejszych prac przekształcona w formę scenariusza, w którym stosowane są inne wartości progowe pozostałych składowych wykluczenia. Testy integracji prowadzone były z wykorzystaniem zapytań SQL, a w późniejszym etapie w ramach optymalizacji także notebookach (stack pythonowy) z takimi bibliotekami jak Pandas czy PolaRS. Pomocniczo wspierano się także wykorzystaniem otwartych arkuszy kalkulacyjnych - LibreOffice calc.

### **2.2.2. Dyskretna integracja algorytmów składowych WK**

W pierwszej kolejności prowadzono testy podejścia integracji dyskretnej. Punkty adresowe traktowano jako niewykluczone (oznaczone na rysunku 2, poniżej, kolorem zielonym), jeżeli można było znaleźć dla nich minimum cztery kursy do siedziby gminy i

powiatu oraz cztery kursy powrotne. Pozostałe PA oznaczano, jako wykluczone - kolor czerwony.



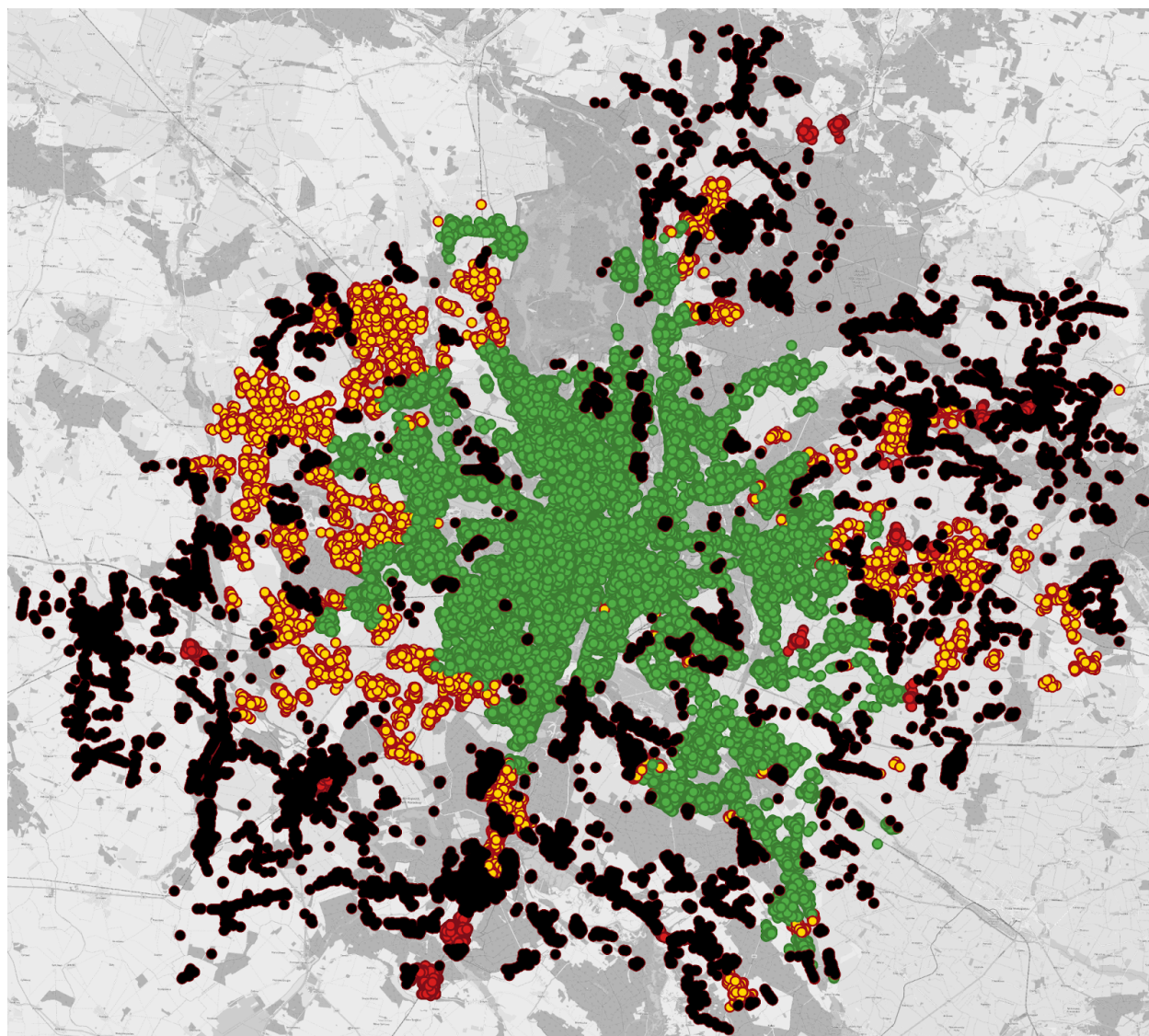
*Rys. 2. Efekt integracji składowych wykluczenia do poziomu punktów adresowych na przykładzie Biskupic Wielkopolskich.*

W ramach testów integracji porównywano także zmienność wyników w zależności od zmian wybranych parametrów składowych WK. Na rysunku 3, poniżej, przedstawiono wyniki dla testów parametru "dopuszczalny udział wydatków na transport w dochodach rozporządzalnych" dla trzech wartości parametru, tj. 10, 13 i 15%. Przyjęto, że:

- kolorem czarnym oznaczono PA wykluczone w każdym scenariuszu;
- kolorem zielonym oznaczono zawsze niewykluczone;
- kolorem czerwonym niewykluczone tylko dla scenariusza 15%,
- kolorem żółtym niewykluczone dla scenariuszy 13 i 15%.

Wykluczonych PA ubywało wraz ze wzrostem dopuszczalnego udziału zakupu biletów w dochodzie rozporządzalnym, co pozwoliło uznać, że wynik testu jest akceptowalny.



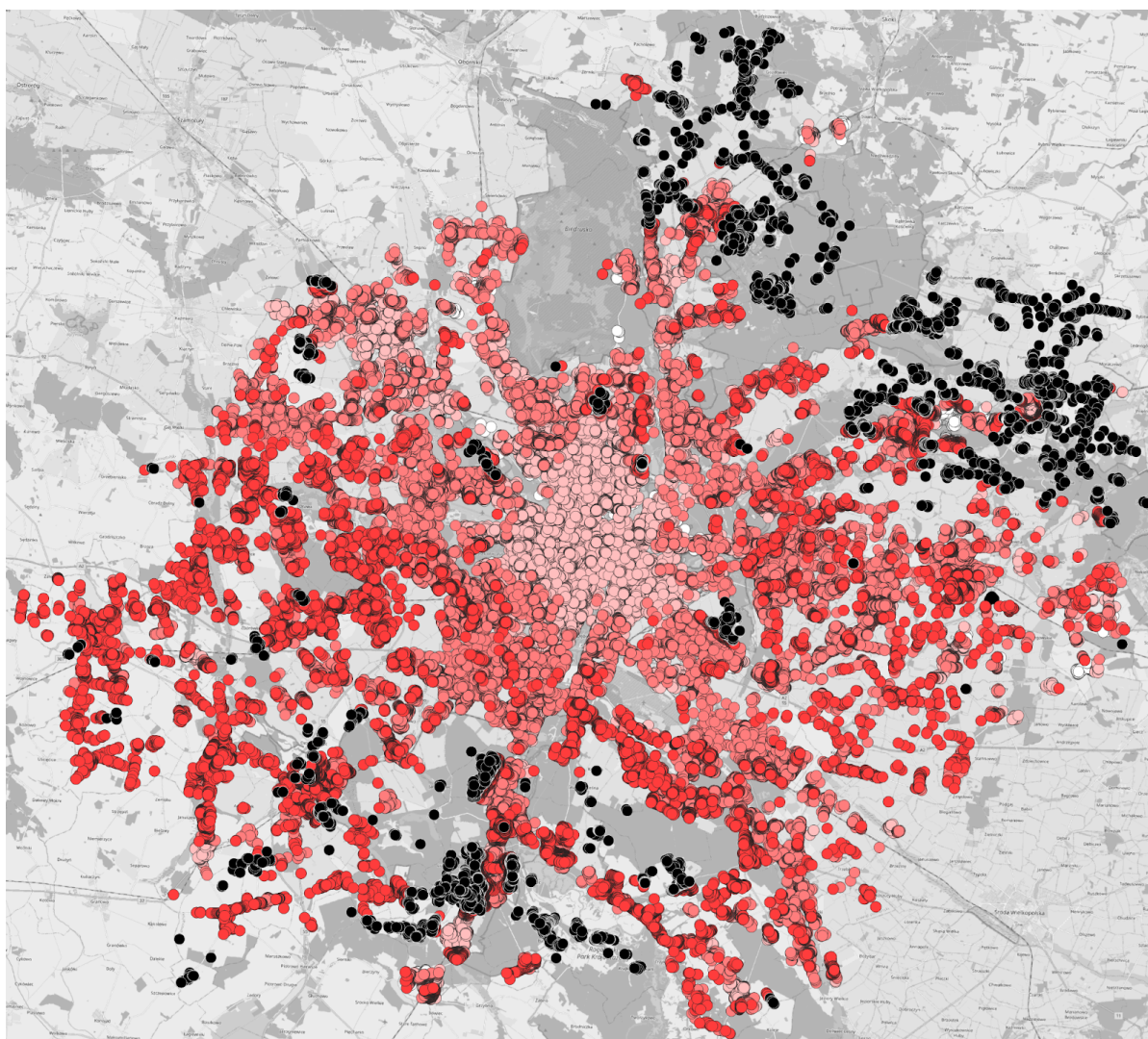


*Rys. 3. Testy integracyjne dla trzech wartości parametru "dopuszczalny udział wydatków na transport w dochodach rozporządzalnych".*

Przeprowadzone testy integracji dyskretnej wykazały, że czasochłonność i zasobochłonność obliczeń mieszczą się w założeniach projektowych. Uznano także, że efekt jest najbliższy oczekiwaniom zamawiającego - PA może być albo wykluczony, albo niewykluczony, co zwiększa czytelność i łatwość interpretacji wyników. Należy mieć jednak na uwadze to, że stosunkowo niewielkie zmiany danych i parametrów wejściowych mogą zmienić klasyfikację punktów adresowych, które znajdują się na granicach wykluczenia.

### 2.2.3. Ciągła integracja algorytmów składowych WK

Drugim testowanym algorytmem integracji był algorytm oparty na podejściu ciągłym, w którym wartość wskaźnika WK może przyjmować wartości pomiędzy 0 (brak wykluczenia), a 1 (wykluczenie). Na rysunku 4, poniżej, przedstawiono wyniki integracji, gdzie:



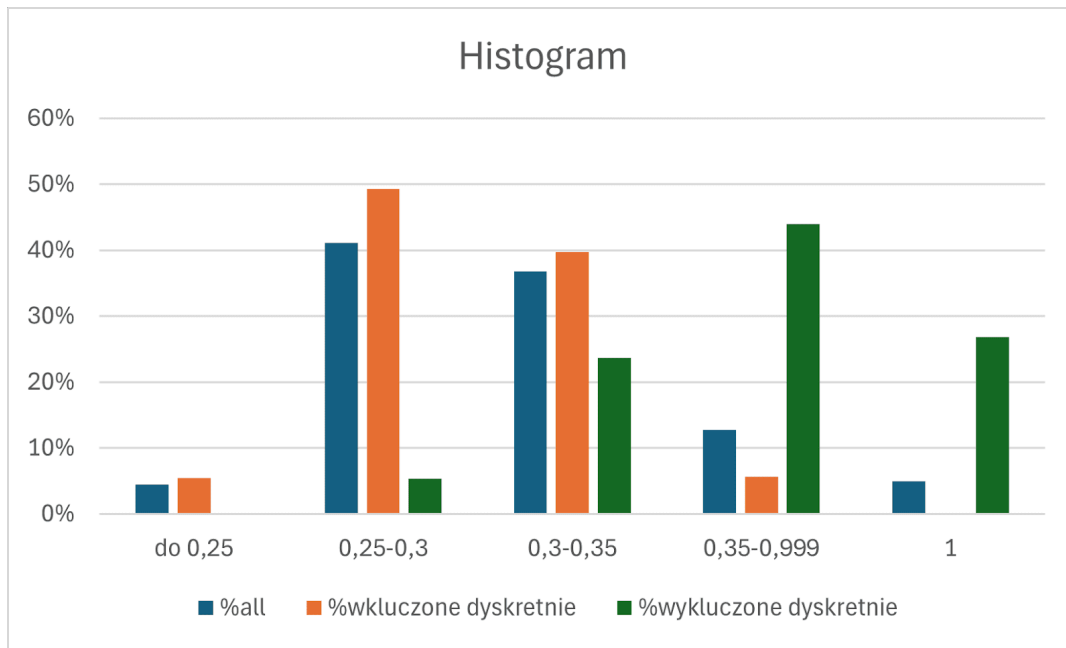
*Rys. 4. Wyniki działania algorytmu integracji ciągłej dla obszaru testowego.*

- kolor czarny oznacza PA wykluczone,
- odcienie koloru czerwonego wykluczenie mniejsze niż 1, tj. czym jaśniejszy kolor, tym wartość wykluczenia danego PA jest bliższa 0.



W ramach prac badawczych dokonano porównania efektów integracji algorytmami dyskretnym i ciągłym (por. rys. 5, poniżej). Do kluczowych wniosków wynikających z tego porównania można zaliczyć następujące konstatacje:

- Algorytm integracji ciągłej nie wskazywał PA zupełnie niewykluczonych, tzn. o wartości wykluczenia =0.
- Jeśli wartość wykluczenia algorytmem integracji ciągłej wynosiła poniżej 0,25, to wyniki integracji dyskretnej wskazywały na brak wykluczenia.
- Najbardziej problematyczny w analizie był przedział 0,3-0,35 dla integracji ciągłej, gdyż te same PA wg integracji dyskretnej mogły być zarówno wykluczone, jak i niewykluczone.



Rys. 5. Analiza porównawcza klasyfikacji wykonanej dyskretnym i ciągłym algorytmem integracji WK.

W efekcie prowadzonych prac stwierdzono, że podejście ciągłe do integracji jest mało czytelne i zaproponowano jego modyfikację do tzw. podejścia hybrydowego, co bliżej zostało scharakteryzowane w kolejnym podrozdziale.

### 2.2.4. Hybrydowa integracja algorytmów składowych WK

Podejście hybrydowe do integracji łączy w sobie podejście dyskretne oraz ciągłe. Polega na tym, że obliczenia dla punktów adresowych zlokalizowanych w odległości nieprzekraczającej założonej wartości od przystanku (600 lub 1000 metrów w zależności od charakteru obszaru - miejski/wiejski) są obliczane wg procedury dyskretnej. Natomiast PA znajdujące się w odległości do 1,5 raza większej wg procedury ciągłej. Pozostałe punkty adresowe są uznawane za wykluczone.

Na rysunku 6, poniżej, przedstawiono przykład wyników obliczeń z wykorzystaniem tego algorytmu. Kolorem zielonym oznaczono PA niewykluczone; czarnym - wykluczone, a odcieniami koloru czerwonego PA w zakresie (0;1) - czym ciemniejszy tym bliżej wartości 1.



Rys. 6. Wynik działania podejścia hybrydowego do integracji.

Podejście hybrydowe do integracji w sposób dość oczywisty jest bardziej czasowo i zasobochłonne od podejścia dyskretnego, co wynika z konieczności wykonania dodatkowych obliczeń. Uzyskany efekt pozwala w lepszym stopniu wskazywać obszary przejściowe między obszarami wykluczonymi i niewykluczonymi. Podejście to może generować jednak problemy z późniejszą interpretacją, w tym z ustalaniem wskaźników zależnych, takich jak liczba wykluczonej ludności.

### 2.2.5. Integracja w zakresie algorytmu APD6

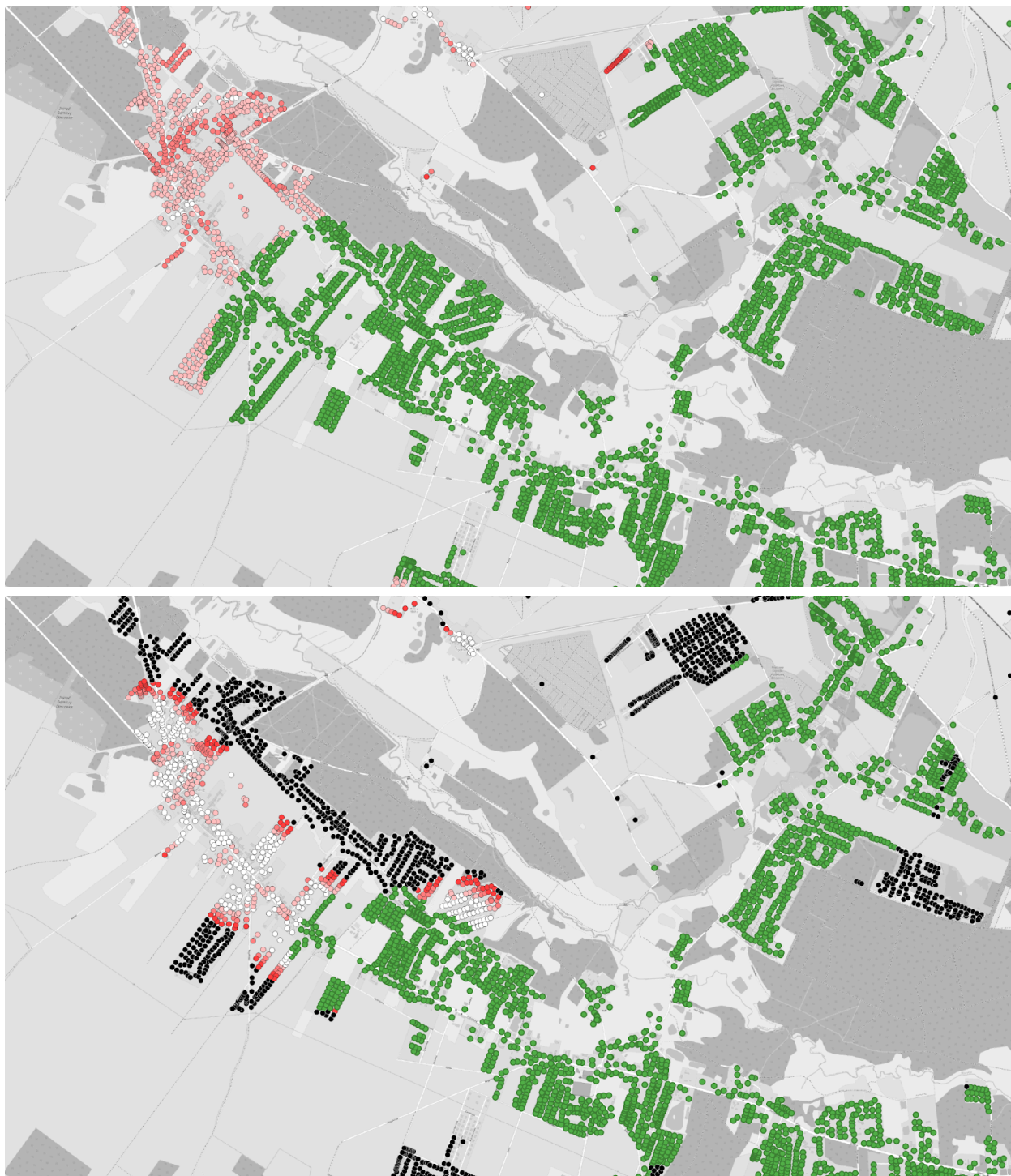
W związku z rekomendacją traktowania zagadnienia wykluczenia osób z niepełnościami, jako oddzielnego scenariusza, w którym wskaźnik WK jest liczony dla zmodyfikowanych parametrów części składowych wykluczenia, powstało zagadnienie integracji obu tych scenariuszy. Opracowano dwie metody w zależności od zastosowanej procedury integracyjnej:

- w przypadku podejścia dyskretnego uznawanie, że dany PA jest wykluczony, jeśli jest wykluczony w przynajmniej jednym scenariuszu,
- w przypadku podejścia hybrydowego, wyznaczanie wartości WK jako średniej arytmetycznej wskaźników WK wyznaczonych w scenariuszach; średnia ta może być ważona szacowanym udziałem grupy opisywanej przez dany scenariusz w całości populacji (np. z wykorzystaniem kalkulacji Światowej Organizacji Zdrowia<sup>1</sup>).

Należy jednak zauważyć, że w przypadku pierwszego podejścia końcowy rezultat będzie obrazował najgorszy możliwy scenariusz (największe wykluczenie). W efekcie za wykluczone zostanie uznane wiele punktów adresowych, które z perspektywy większości użytkowników nie są wykluczone. Natomiast w drugim podejściu, w przypadku braku ważenia, wyniki często mogą być niekonkluzywne (wykluczenie na poziomie 0,5), a w przypadku stosowania ważenia, grupy mniej liczne mogą być niezauważalne w końcowym wyniku (co unieważnia sens uwzględniania tych grup w analizie). Stąd zespół autorski po analizie potencjalnych rozwiązań rekomenduje, by nie dokonywać tego rodzaju integracji przez wzgląd na zmniejszenie czytelności efektów (por. rys. 7, poniżej).

---

<sup>1</sup> <https://www.who.int/health-topics/disability> (dostęp: 2025.04.11)



Rys. 7. Porównanie wskaźnika zagrożenia WK dla podejścia hybrydowego obliczonego dla APD1-5 (góra) oraz APD6 (dół)

Ostatecznie samą integrację scenariuszy można realizować też na dalszych etapach, np. po przekształceniu wskaźników związanych z PA do wskaźników związanych z demografią.

### 3. Opracowanie algorytmów agregacji wskaźnika do poziomu JST

Należy zauważyć, że specyfika opracowanego wskaźnika wykluczenia powoduje, że dany PA zostaje uznany za niewykluczony tylko w sytuacji, gdy spełnione są wszystkie składowe wykluczenia łącznie, tj. pasażer może wykonać cztery pary połączeń z siedzibą powiatu i gminy, które mieszczą się w założonych ograniczeniach:

- czasowych (czas trwania pojedynczej podróży),
- odległościowych (długość segmentu pieszego podróży),
- budżetowych (suma kosztów biletów mieści się w założonej wartości), oraz
- niezawodnościowych (maksymalny dopuszczalny wskaźnik niezawodności segmentów podróży realizowanych transportem zbiorowym).

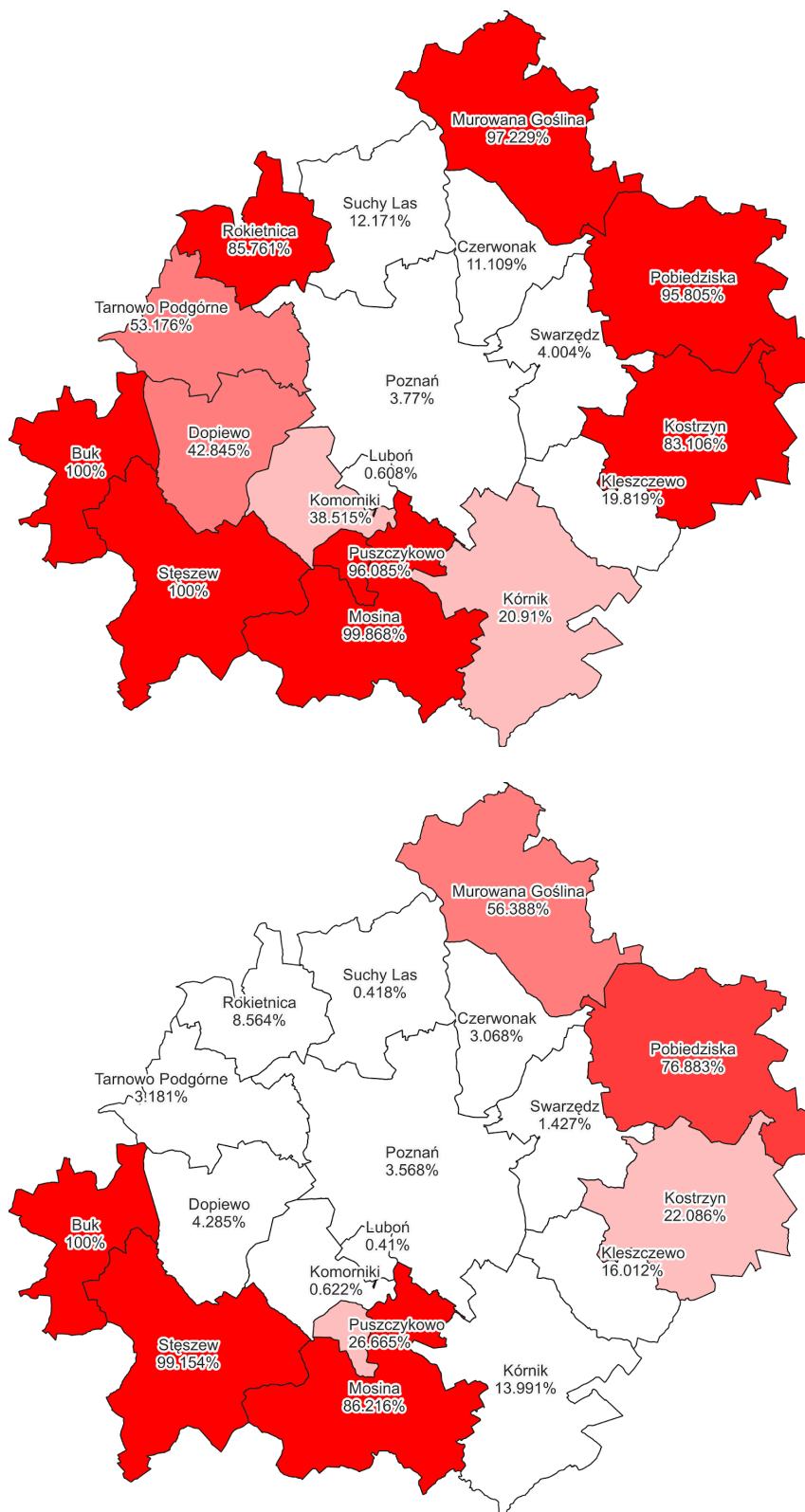
Stąd agregacja wskaźników z poziomu punktów adresowych do wyższych, np. jednostek samorządu terytorialnego czy siatki, powinna mieć miejsce na poziomie już wyznaczonych wskaźników WK. Obliczenia na poziomie składowych WK spowodują nieczytelność uzyskanych rezultatów (np. wystąpienie sytuacji, w których agregacja wykluczonych PA spowoduje brak wykluczenia lub odwrotnie). Stąd testowano wyłącznie podejścia oparte na agregacji wyznaczonych wskaźników. Testowane podejścia są związane z przyjętym na wcześniejszym etapie algorytmem integracji składowych WK do wskaźnika wykluczenia.

Testy agregacji prowadzone były z wykorzystaniem zapytań SQL. Pomocniczo wspierano się także wykorzystaniem otwartych arkuszy kalkulacyjnych (LibreOffice calc) oraz narzędzi GIS (QGIS).

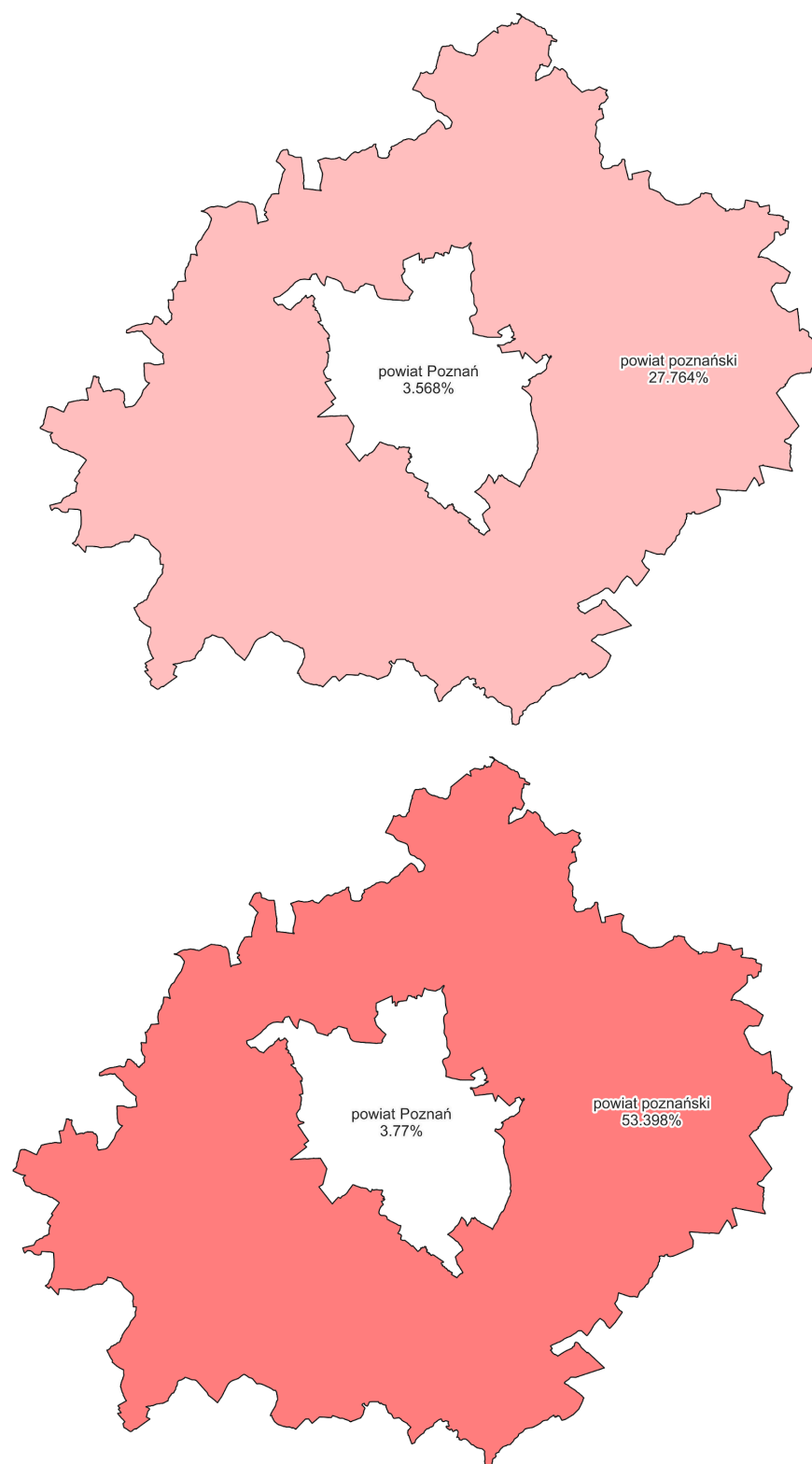
#### 3.1. Agregacja dla podejścia dyskretnego do integracji

Analiza dla podejścia dyskretnego wskazała, że najlepsze rezultaty można uzyskać wskazując odsetek niewykluczonych punktów adresowych (por. rys. 8 i 9). Uzyskane w ten sposób rezultaty są czytelne, a metodę można stosować dla agregacji przestrzennej na dowolnym poziomie, nie tylko JST.





Rys. 8. Wyniki agregacji wskaźnika WK do powiatów - podejście dyskretne, góra 10%, dół 15%.



Rys. 9. Wyniki agregacji wskaźnika WK do powiatów - podejście dyskretne, góra 10%, dół 15%.

Dwa powyższe rysunki przedstawiają efekty stosowania podejścia na poziomie gmin (rys. 8) oraz powiatów (rys. 9) przy założeniu różnej wartości parametru "maksymalny dopuszczalny udział kosztów biletów miesięcznych w dochodzie rozporządzalnym", tj. dla:

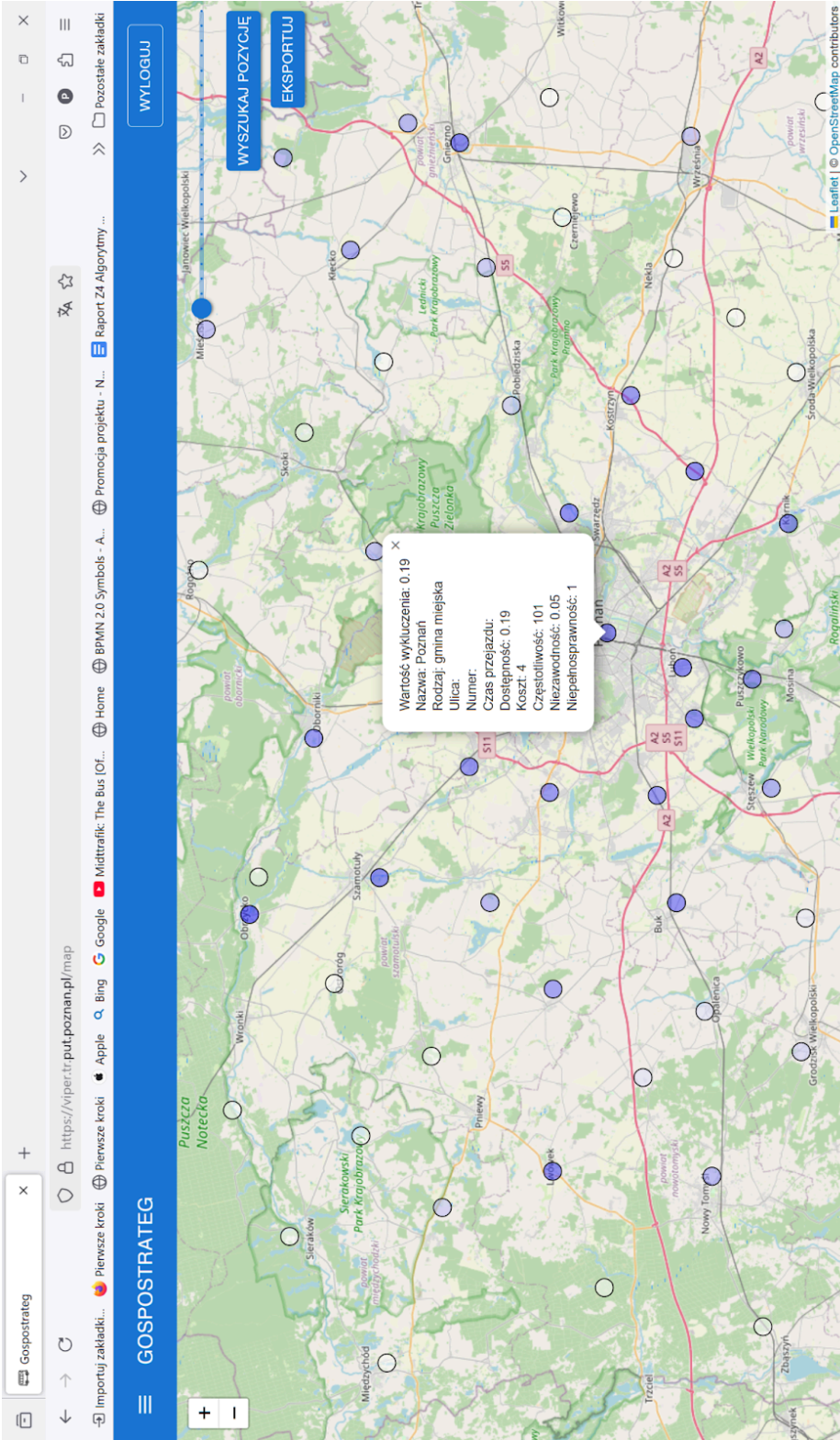
- 10% (górna część rys. 8 i 9),
- 15% (dolna część rys. 8 i 9).

### 3.2. Agregacja dla podejścia ciągłego do integracji

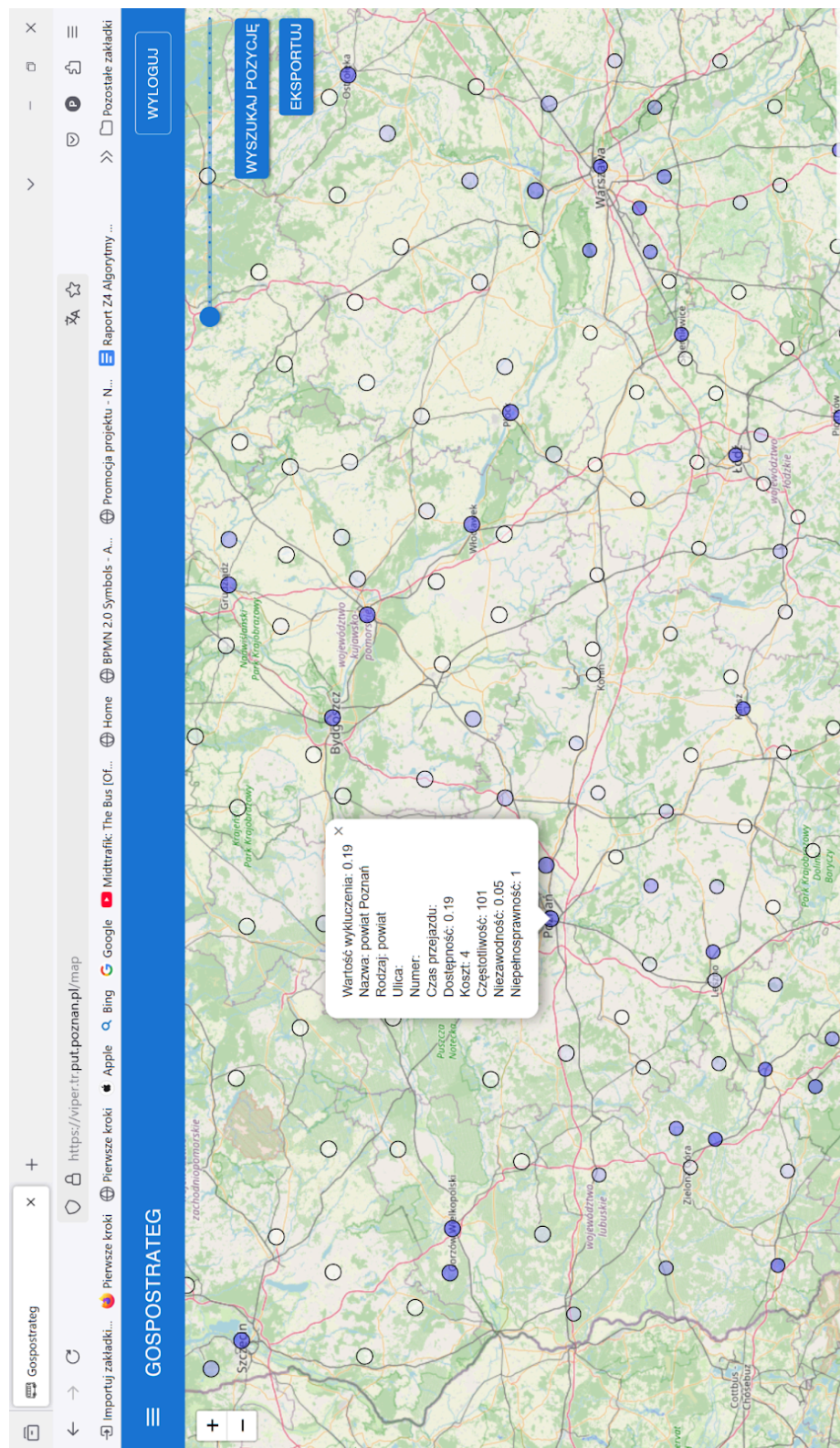
W przypadku podejścia hybrydowego analizowano różnego rodzaju statystyki, takie jak: średnia, mediana czy też graniczny wynik wykluczenia dla określonego kwintyla lub kwartyła. Ustalono, że najlepszym podejściem będzie zastosowanie mediany poziomu WK punktów znajdujących na danym obszarze. Ma to związek z tym, że o ile przyjmowane wartości mieszczą się w przedziale  $<0; 1>$ , to sam rozkład wyników często nie ma charakteru normalnego, w efekcie czego wskazywanie średniej może zaburzać wyniki. Warto zauważyć, że medianę można także stosować dla agregacji surowych składowych wykluczenia, które przedstawiane mogą być np. jako liczba planów podróży, które spełniają dane kryterium. W efekcie zastosowanie mediany pozwala dokonywać agregacji w jednakowy sposób na potrzeby prezentacji wyników.

Na poniższych rysunkach, tj. rys. 10 - rys. 13 zostały przedstawione przykładowe wyniki agregacji dla podejścia hybrydowego na poziomie gminnym, powiatowym, wojewódzkim oraz całego kraju. Wyniki agregacji zostały zaimportowane do kreatora cyfrowych rozkładów jazdy.



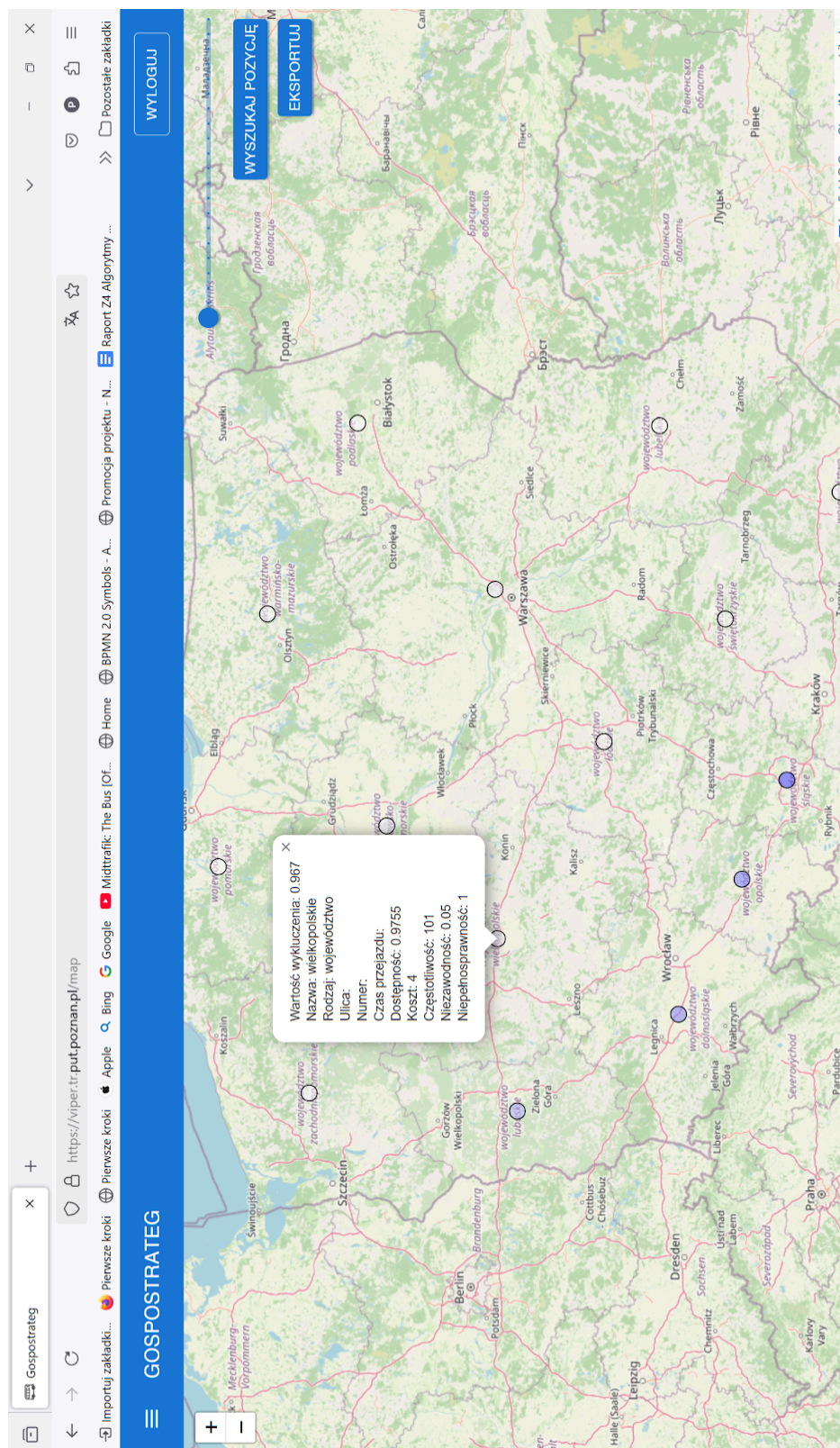


Rys. 10. Przykład agregacji wskaźnika WK do poziomu gmin.

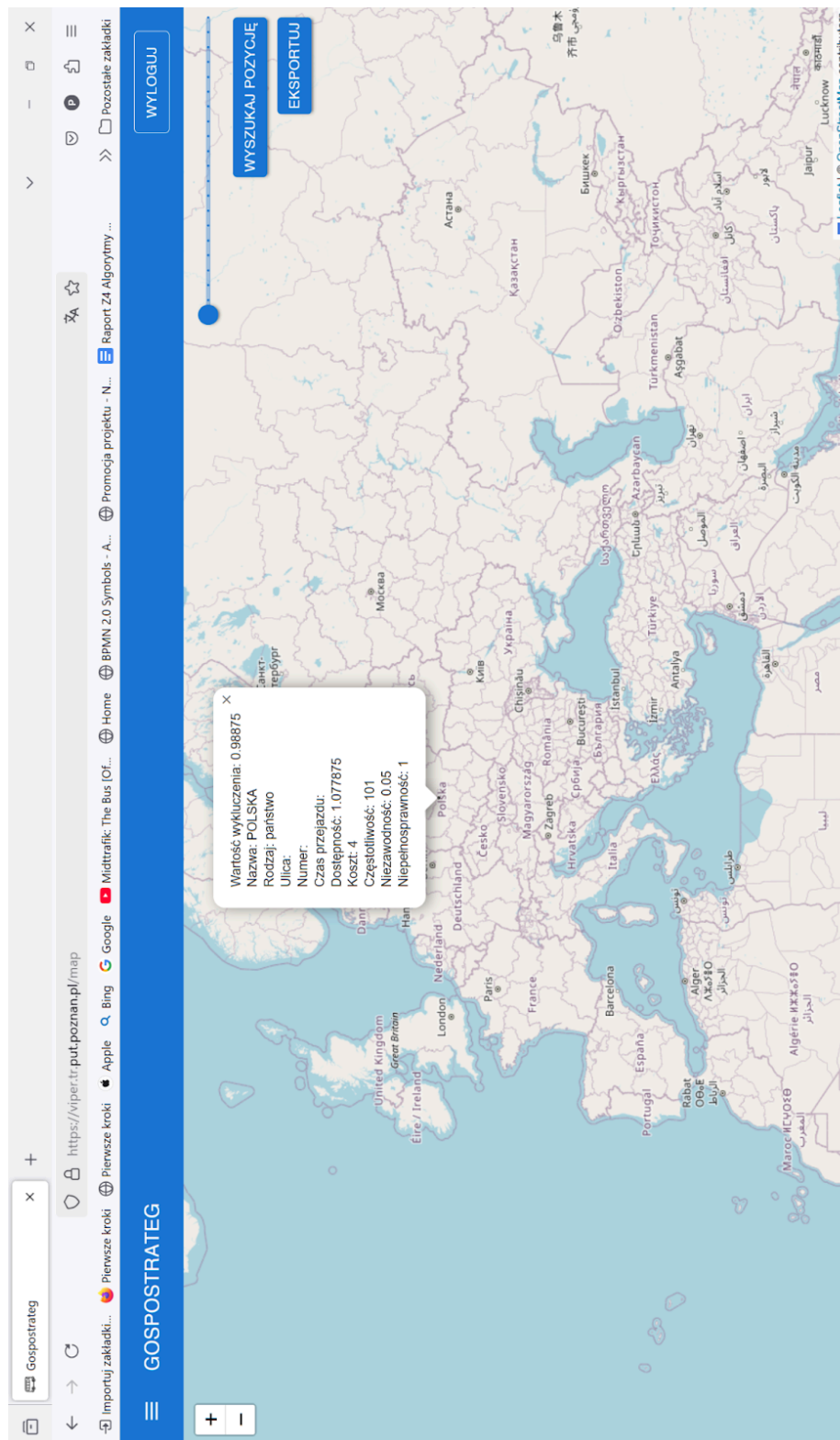


Rys. 11. Przykład agregacji wskaźnika WK do poziomu powiatów





Rys. 12. Przykład agregacji wskaźnika WK do poziomu województw



Rys. 13. Przykład agregacji wskaźnika WK do poziomu kraju.

#### 4. Definicja zjawiska wykluczenia komunikacyjnego (WK) - wykluczenia z transportu zbiorowego (WTZ)

W wyniku przeprowadzonych testów spójności (por. rozdz. 3) przyjętej metodyki wyznaczania wskaźnika wykluczenia komunikacyjnego WK z dokładnością do PA przyjęto ostateczną definicję WK. Oprócz jej zasadniczego brzmienia, zgodnego z założeniami przedstawionymi w raporcie Zad. 1, przyjęto również zbiór parametrów określających wartości progowe parametrów, które pozwalają na stwierdzenie występowania zjawiska WK (WTZ) w każdym z analizowanych wymiarów. Przyjęta definicja przyjmuje postać jak poniżej.

**Wykluczenie komunikacyjne (WK), a precyzyjnie wykluczenie z transportu zbiorowego (WTZ), to *zjawisko ograniczenia możliwości uczestniczenia mieszkańców danego obszaru 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 (PTZ), które rozumiane jest jako sytuacja, gdy w odniesieniu do mieszkańców tego obszaru spełniony jest co najmniej jeden z następujących warunków:***

- 1) czas podróży –  $T$  środkami PTZ do dowolnego miasta powiatowego przekracza 70 min, a do dowolnej siedziby gminy przekracza 45 min, przy czym liczba przesiadek przekracza 3,
- 2) dostępność piesza –  $A$  z miejsca zamieszkania do najbliższego przystanku PTZ oraz odległości pokonywane w ramach przesiadek i dojścia do punktu docelowego są większe niż 1500 metrów dla gmin wiejskich i miejsko-wiejskich lub 900 metrów dla gmin miejskich,
- 3) łączna dzienna liczba kursów –  $F$  wszystkich połączeń PTZ do dowolnego miasta powiatowego oraz dowolnej siedziby gminy, obsługujących przystanki zlokalizowane w promieniu dostępności pieszej w dniu roboczym jest mniejsza niż 4 w godzinach 5:00-14:00 oraz mniejsza niż 4 w godzinach 14:00-23:00;

- 4) niezawodność czasu przejazdu –  $R$  (odwrotność ryzyka opóźnienia), mierzona ulokowaniem przystanku na trasie (linii) w stosunku do przystanku początkowego jest większa niż 0,8;
- 5) koszt miesięcznego korzystania z usług PTZ –  $C$  jest dla mieszkańca większy niż 15% przeciętnego miesięcznego dochodu rozporządzalnego w województwie, skorygowanego dla danej gminy według wskaźnika mediany miesięcznego wynagrodzenia brutto;
- 6) oferta PTZ jest niedostosowana do potrzeb osób z niepełnosprawnościami, tj.: *i*) dojazd do dowolnego miasta powiatowego lub dowolnej siedziby gminy wymaga więcej niż jednej przesiadki, lub *ii*) dostępność z miejsca zamieszkania do najbliższego przystanku obsługiwanego przez PTZ jest większa niż 500 metrów dla gmin wiejskich i miejsko-wiejskich lub 300 metrów dla gmin miejskich, *iii*) przy założeniu, że dopuszczalny koszt podróży dotyczy biletu ulgowego (dla osób z niepełnosprawnościami) oraz pozostałych warunków identycznych jak dla osób pełnosprawnych.

## 5. Podsumowanie

### 5.1. Rekomendacje

W ramach Zad. 11 przetestowano dwa algorytmy integracji składowych WK do punktu adresowego - dyskretny oraz ciągły. Analiza wyników spowodowała, że zaproponowano przekształcenie algorytmu integracji ciągłej do tzw. algorytmu hybrydowego. Jakkolwiek oba podejścia są możliwe do zastosowania, zespół autor rekomenduje stosowanie podejścia dyskretnego przez wzgląd na czytelniejszą prezentację wyników oraz krótszy czas obliczeń.

W drugiej części zadania przetestowano dwa podejścia do agregacji wyników do poziomów JST. Ponieważ podejścia te są powiązane z podejściami do integracji składowych, zespół autorski zarekomendował do dalszych etapów stosowanie agregacji przez wyznaczanie udziału punktów adresowych posiadających status wykluczonych do całkowitej liczby punktów adresowych na analizowanym obszarze.

### 5.2. Osiągnięcie kamieni milowych zadania

W ramach realizacji zadania wyznaczono dwa kamienie milowe, tj.:

- przeprowadzenie testu porównawczego możliwości zastosowania definicji wykluczenia komunikacyjnego na poziomie punktu adresowego.
- przeprowadzenie testu porównawczego możliwości zastosowania definicji zagregowanego wykluczenia komunikacyjnego na poziomie jednostki samorządu terytorialnego.

W efekcie prowadzonych prac przetestowano po dwa algorytmy integracyjne i agregujące oraz zarekomendowano wykorzystanie do dalszych prac po jednym w obu kategoriach. Same testy prowadzone były na obszarze 18 gmin aglomeracji poznańskiej z uwzględnieniem wszystkich ich typów (gmina: miejska, wiejska, miejsko-wiejska). W efekcie wykonanych testów zaproponowano ostateczną postać definicji zjawiska wykluczenia komunikacyjnego (WK), a precyzyjniej, wykluczenia z transportu zbiorowego (WTZ), która jest spójna z zaproponowaną metodyką wyznaczania wskaźnika WK z dokładnością do

punktu adresowego. Na podstawie tych przesłanek można uznać, że zakładane **kamienie milowe projektu zostały osiągnięte**.

Efekty prowadzonych prac zostały uwzględnione przy realizacji Zad. 12 oraz pozwoliły na przystąpienie do realizacji Zad. 13.