

Analiza: Monitoring „Białych Plam” Powietrza



EUROPEJSKIE
CENTRUM
CZYSTEGO
POWIERZA

Warszawa, lipiec 2026 r.

Spis treści

1. Cel.....	3
2. Podsumowanie wyników	3
3. Dane i metodyka.....	4
3.1. Źródła danych	4
3.2. Procedury obliczeniowe	5
3.3. Analizowane jednostki terytorialne	7
4. Omówienie wyników.....	9
5. Wnioski	15
Spis rysunków i tabel	17

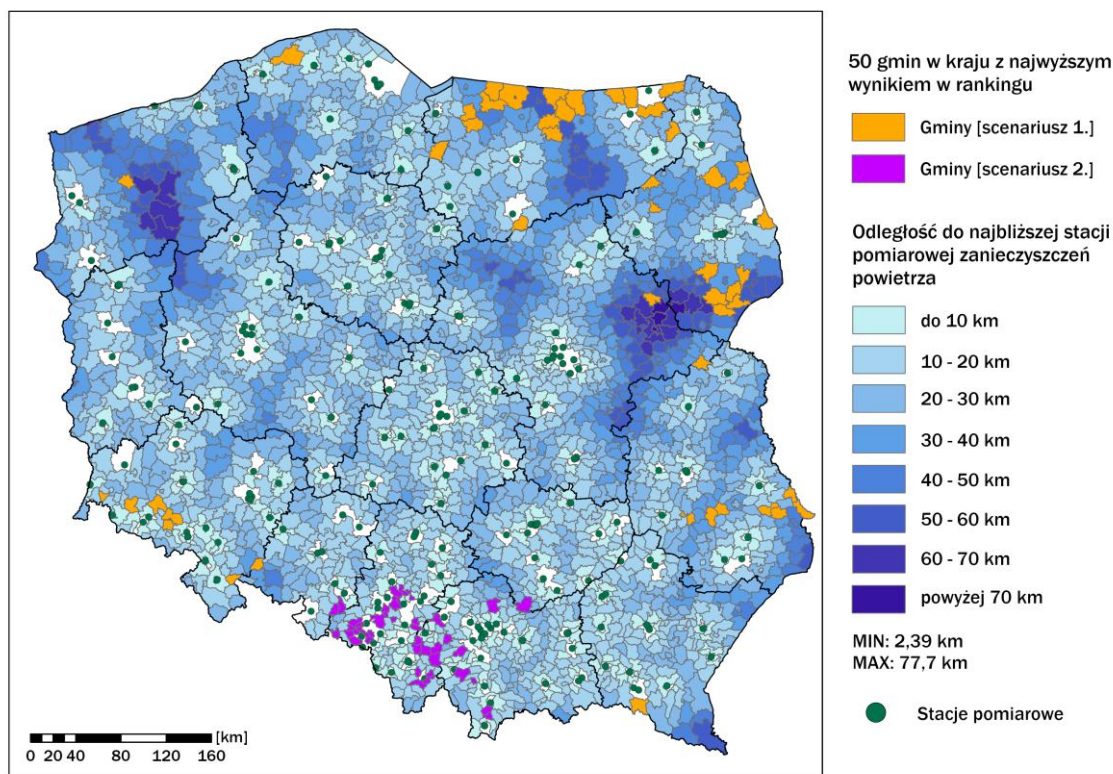
1. Cel

Celem niniejszej analizy jest identyfikacja tzw. białych plam powietrza, czyli obszarów nie posiadających stacji pomiarowej jakości powietrza, a cechujących się potencjalnie wysokim ryzykiem generowania ponadnormatywnych, niebezpiecznych dla zdrowia, stężeń zanieczyszczeń związanych z niską emisją (zwanym dalej ryzykiem aerosanitarnym). Analiza ta ma służyć jako **wsparcie dla podmiotów odpowiedzialnych za ochronę środowiska w podejmowaniu decyzji** odnośnie działań mających na celu poprawę jakości powietrza, szczególnie na obszarach o słabszym rozpoznaniu, w tym m. in. **przy wyborze lokalizacji nowych stacji pomiarowych jakości powietrza**.

Do osiągnięcia wyznaczonego celu zaproponowano dwa podejścia – jedno, bazujące wyłącznie na wskaźnikach socjoekonomicznych, pomijające modelowane średnie roczne stężenia PM_{2.5}; drugie, w którym modelowane stężenia PM_{2.5} stanowią kluczowy czynnik, a wskaźniki socjoekonomiczne odgrywają rolę cennego uzupełnienia analizy.

2. Podsumowanie wyników

Analiza wykazała odmienne przestrzenne wzorce identyfikacji obszarów podwyższonego ryzyka aerosanitarnego w zależności od zastosowanego scenariusza. Scenariusz pierwszy (kolor pomarańczowy) wskazuje potencjalne obszary słabiej rozpoznane przez system monitoringu, podczas gdy scenariusz drugi (kolor fioletowy) koncentruje się na regionach, gdzie ryzyko znajduje odzwierciedlenie w modelowanych stężeniach PM_{2.5}. Rozkład pierwszych 50 gmin w krajowym rankingu według obu scenariuszy przedstawiono na poniższej mapie.



Rysunek 1. Rozkład przestrzenny pierwszych 50 gmin w krajowym rankingu wg obu scenariuszy. Kolorem pomarańczowym oznaczono gminy wytypowane w scenariuszu 1., zaś fioletowym w scenariuszu 2.

3. Dane i metodyka

3.1. Źródła danych

Niniejszą analizę oparto na zestawie danych dla jednostek terytorialnych na poziomie gminy, również z rozróżnieniem na obszary wiejskie i miejskie, tam gdzie taki podział istnieje. Zestaw ten obejmuje:

- **Emisję zanieczyszczeń PM_{2.5} oraz B(a)P:** wyrażoną w kilogramach (kg), pochodzącą z budynków mieszkalnych. Dane pozyskane z KOBIZE.
- **Zapotrzebowanie ciepłe w budynkach mieszkalnych:** wyrażone w gigadżulach (GJ) z podziałem na rodzaj źródła: węgiel, drewno, gaz ziemny, olej, bezemisyjne, sieć ciepłownicza, zmodernizowane. Dane pozyskane z KOBIZE i IOŚ.
- **Liczbę „kopciuchów” w budynkach mieszkalnych:** liczba pozaklasowych kotłów i pieców na paliwo stałe, nie spełniających żadnych norm emisyjnych, obliczona przy użyciu narzędzia IMPAQ¹. Dane pozyskane z CEEB.
- **Liczbę i powierzchnię użytkową budynków mieszkalnych z podziałem na wiek:** przyjęto podział na wybudowane w latach: do 1918, 1918-1944, 1945-1970, 1971-1978, 1979-1988, 1989-2002, 2003-2011, 2012-2016, 2017-2021. Dane pozyskane z GUS.
- **Powierzchnię budynków mieszkalnych brutto:** wyrażona w m². Dane pozyskane z BDOT10k².
- **Demografię:** całkowitą liczbę mieszkańców oraz liczbę osób należących do grup szczególnie narażonych tj. dzieci: 0-4 lata oraz osoby starsze: 65 lat i więcej. Dane pozyskane z GUS, przedstawiające stan na 2024 rok.
- **Stężenia średnie roczne PM_{2.5}:** stężenia dla lat 2022-2024 uzyskane z danych pomiarowych GIOŚ oraz w wyniku modelowania wykonanego przez IOŚ.
- **Przestrzenny rozkład liczby budynków:** regularna siatka 1km x 1km, pokrywająca obszar całego kraju, z przypisaną do każdej komórki liczbą budynków.
- **Powierzchnię jednostek terytorialnych na poziomie gminy:** wyrażoną w km². Dane pozyskane z PRG, przedstawiające stan na 2022.

¹ Narzędzie opracowane przez Fundację Europejskie Centrum Czystego Powietrza.

² Baza Danych Obiektów Topograficznych - dostawca: Główny Urząd Geodezji i Kartografii.

3.2. Procedury obliczeniowe

Produktem analizy jest ranking jednostek terytorialnych na poziomie gminy, wykonany w dwóch scenariuszach (załączniki 1. i 2.), w których o zajmowanym miejscu decyduje pojedynczy końcowy wskaźnik liczbowy, obliczony na podstawie składowych – parametrów.

W celu przygotowania obu scenariuszy rankingu gmin, przedstawionych w rozdziale 4., wykonano następujące kroki:

Łączenie danych: dane pochodzące z poszczególnych baz danych zostały do siebie dopasowane na podstawie unikalnego dla każdej jednostki terytorialnej identyfikatora TERYT, w środowisku Python przy użyciu biblioteki pandas.

Wybór i obliczanie parametrów: na podstawie zintegrowanych danych przygotowano w środowisku Python oraz oprogramowaniu Arc Gis Pro następujące parametry:

- **emisję PM_{2.5} na 100 m² powierzchni brutto;**
- **emisję B(a)P na 100 m² powierzchni brutto;**
- **udział zapotrzebowania cieplnego pochodzącego z węgla i drewna w całkowitym zapotrzebowaniu cieplnym;**
- **udział budynków mieszkalnych posiadających „kopciucha” w ogólnej liczbie budynków mieszkalnych;**
- **udział budynków mieszkalnych słabo izolowanych termicznie w ogólnej liczbie budynków mieszkalnych** – obliczony na podstawie wieku, przyjmując budynki wybudowane do 1978 roku jako te o słabszej termoizolacji;
- **udział grupy szczególnie narażonej – dzieci w wieku 0-4 lat w ogólnej liczbie ludności;**
- **udział grupy szczególnie narażonej – osoby starsze w wieku 65 lat i więcej w ogólnej liczbie ludności;**
- **wskaźnik skupienia zabudowy** – obliczony na podstawie warstwy z regularną siatką 1 km x 1km oraz mapy Polski z granicami jednostek terytorialnych na poziomie gminy w następujący sposób:
 1. przeprowadzono analizę sąsiadów, przypisując każdej komórce średnią liczbę budynków z 8 otaczających komórek, tworzącą razem kwadrat o boku 3 km;
 2. na podstawie tych wartości obliczono 85. centyl w skali kraju (wynoszący 34.125 budynku), który przyjęto jako poziom, powyżej którego struktura przestrzenna zabudowy jest relatywnie znacząca w kontekście generowania ponadnormatywnych stężeń zanieczyszczeń powietrza;
 3. zidentyfikowano komórki z wartością powyżej 85. centyla i scalono je w klastry za pomocą metody *queen*, czyli takiej, w której komórka jest łączona z inną komórką, gdy zachodzi pomiędzy nimi warunek stykania się granic całym bokiem lub tylko rogiem;
 4. przycięto uzyskane klastry do granic gmin;

5. zidentyfikowano największy klaster w każdej gminie;
6. podzielono powierzchnię największego klastra w gminie przez powierzchnię całkowitą gminy, w rezultacie otrzymując finałowy wskaźnik.

Normalizacja danych: wartości powyższych parametrów znormalizowano za pomocą wzoru:

$$x_{norm} = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}$$

dzięki któremu wartości bezwzględne przeliczono na wartości z zakresu od 0 do 1, gdzie zeru przypisano wartość minimalną występującą w zbiorze danego parametru, a jedynie wartość maksymalną, zachowując przy tym relacje pomiędzy wartościami.

Wyznaczanie wag dla każdego parametru: wagi sumujące się do 100, zdefiniowane metodą konsensusu osiągniętego w wyniku przeprowadzonej dyskusji ekspertów (dopisać jakich); ustalone dla dwóch odrębnych scenariuszy: (1) pomijający średnie roczne stężenie PM2.5 dla wielolecia 2022-2024 i (2) uwzględniający ten parametr (tab. 1.).

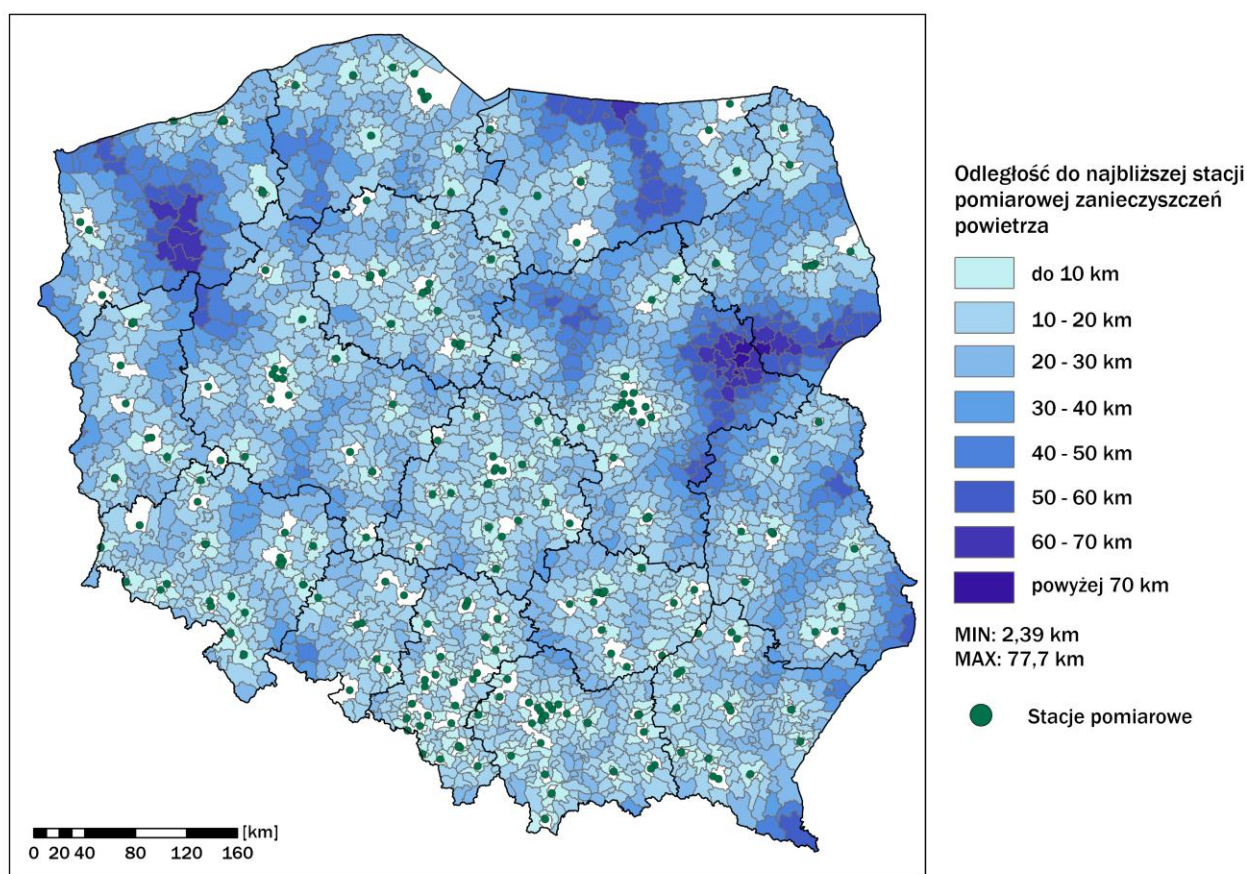
Tabela 1. Wartości wag przypisanych poszczególnym parametrom dla obu scenariuszy.

Lp.	Parametr	Waga - scenariusz 1.	Waga - scenariusz 2.
1	średnie roczne stężenie PM2.5 dla wielolecia 2022-2024	0	50
2	emisja PM2.5 na 100m2 powierzchni brutto	14	7
3	emisja BaP na 100m2 powierzchni brutto	14	7
4	% udział zapotrzebowania energetycznego na węgiel i drewno w zapotrzebowaniu energetycznym ogółem	16	8
5	% udział budynków posiadających 'kopciucha' w ogólnej liczbie budynków	20	10
6	% udział budynków słabo izolowanych w ogólnej liczbie budynków (na podstawie wieku budynku, przyjęto wybudowane do roku 1978)	6	3
7	% udział grupy szczególnie narażonej: najmłodsi (0-4 lata) w ogólnej liczbie mieszkańców	10	5
8	% udział grupy szczególnie narażonej: najstarsi (65+) w ogólnej liczbie mieszkańców	10	5
9	wskaźnik skupienia zabudowy	10	5

Obliczanie rankingu: pomnożono wartości każdego parametru przez wartość przypisaną do niego wagi, a następnie zsumowano wszystkie otrzymane składowe, uzyskując w ten sposób jeden porównywalny wskaźnik syntetyczny. Wskaźnik ten może przybierać wartości od 0 do 100; im jest on wyższy, tym dana gmina cechuje się większym ryzykiem aerosanitarnym.

3.3. Analizowane jednostki terytorialne

Niniejszy raport uwzględnia tylko jednostki terytorialne na poziomie gminy – gminy miejskie, wiejskie, miejsko-wiejskie, obszary miejskie w gminie miejsko-wiejskiej, obszary wiejskie w gminie miejsko-wiejskiej, które nie posiadają na swoim obszarze stacjonarnej stacji pomiarowej jakości powietrza (mobilne nie są brane pod uwagę z istoty celów analizy, jakim jest m. in. doradztwo w wyborze lokalizacji nowych stacjonarnych stacji pomiarowych jakości powietrza). Na podstawie udostępnionych publicznie danych przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska (GIOŚ), stacje te zlokalizowane są na obszarach każdego województwa, łącznie w 243 jednostkach terytorialnych spośród 3105 wszystkich branych pod uwagę w analizie (ryc. 2). W procesie sprawdzania kompletności danych, braki uniemożliwiające przeprowadzenie analizy wykryto w 7 gminach (załącznik 3.). W wyniku tego, analizą objęto 2855 jednostek terytorialnych (tab. 2. i 3.)



Rysunek 2. Rozmieszczenie stacji pomiarowych jakości powietrza GIOŚ oraz rozkład przestrzenny gmin wg odległości do najbliższej stacji, obliczony na podstawie wyznaczonych centroidów gmin.

Tabela 2. Statystyki liczbowe jednostek terytorialnych biorących udział w analizie.

Wszystkie gminy i obszary - gminy miejskie (1), gminy wiejskie (2), gminy miejsko-wiejskie (3), obszary miejskie (4), obszary wiejskie (5), dzielnice Warszawy (8);	3105
Braki danych	7
Gminy i obszary z pełnym zestawem danych	3098
Gminy i obszary ze stacją pomiarową	243
Gminy i obszary bez stacji pomiarowej i pełnym zestawem danych	2855

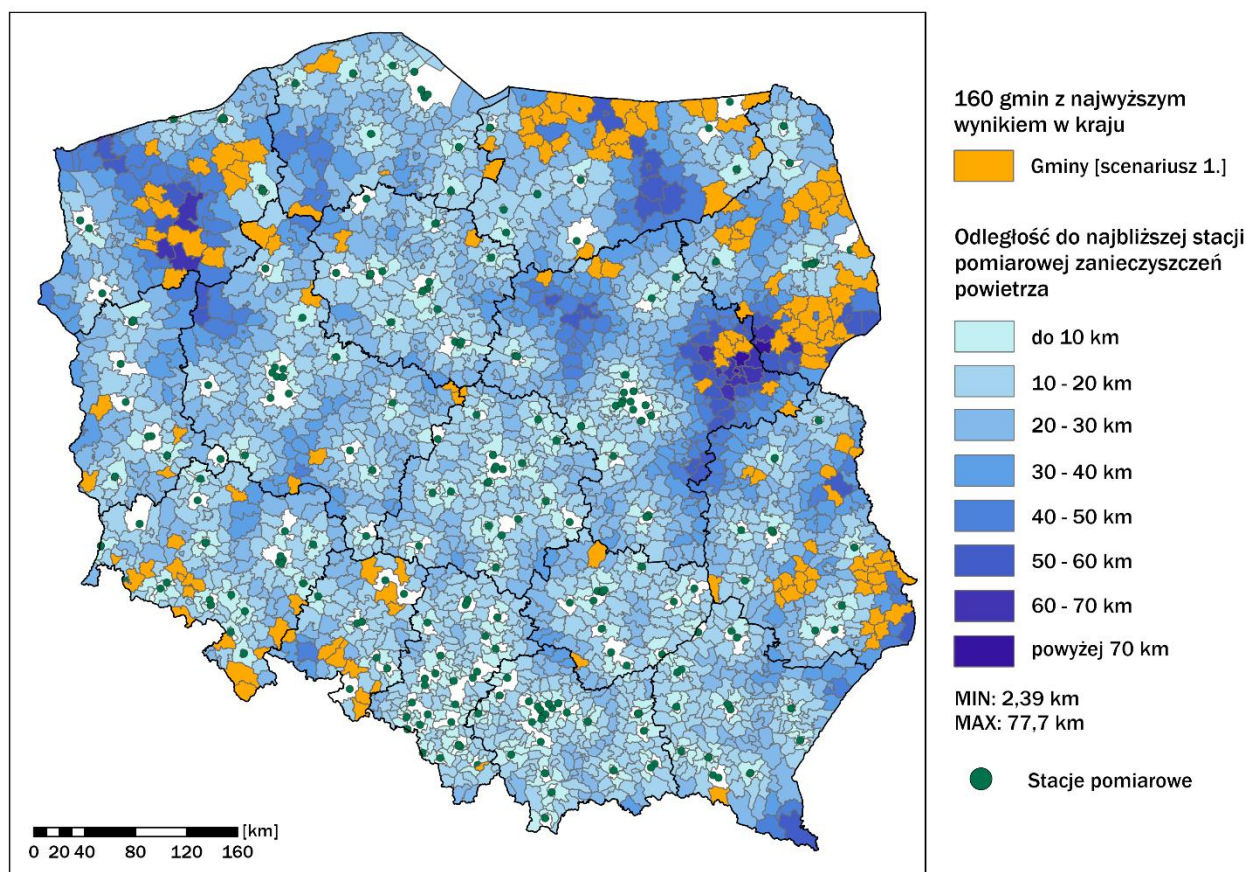
Tabela 3. Podział jednostek terytorialnych wg rodzaju oraz występowania stacji pomiarowej jakości powietrza na ich obszarze.

Rodzaj jednostki terytorialnej	Posiada stację	Nie posiada stacji
gminy miejskie (1)	124	178
gminy wiejskie (2)	17	1533
gminy miejsko-wiejskie (3)	0	4
obszary miejskie (4)	42	571
obszary wiejskie (5)	42	569
dzielnice Warszawy (8)*	18	
SUMA	243	2855

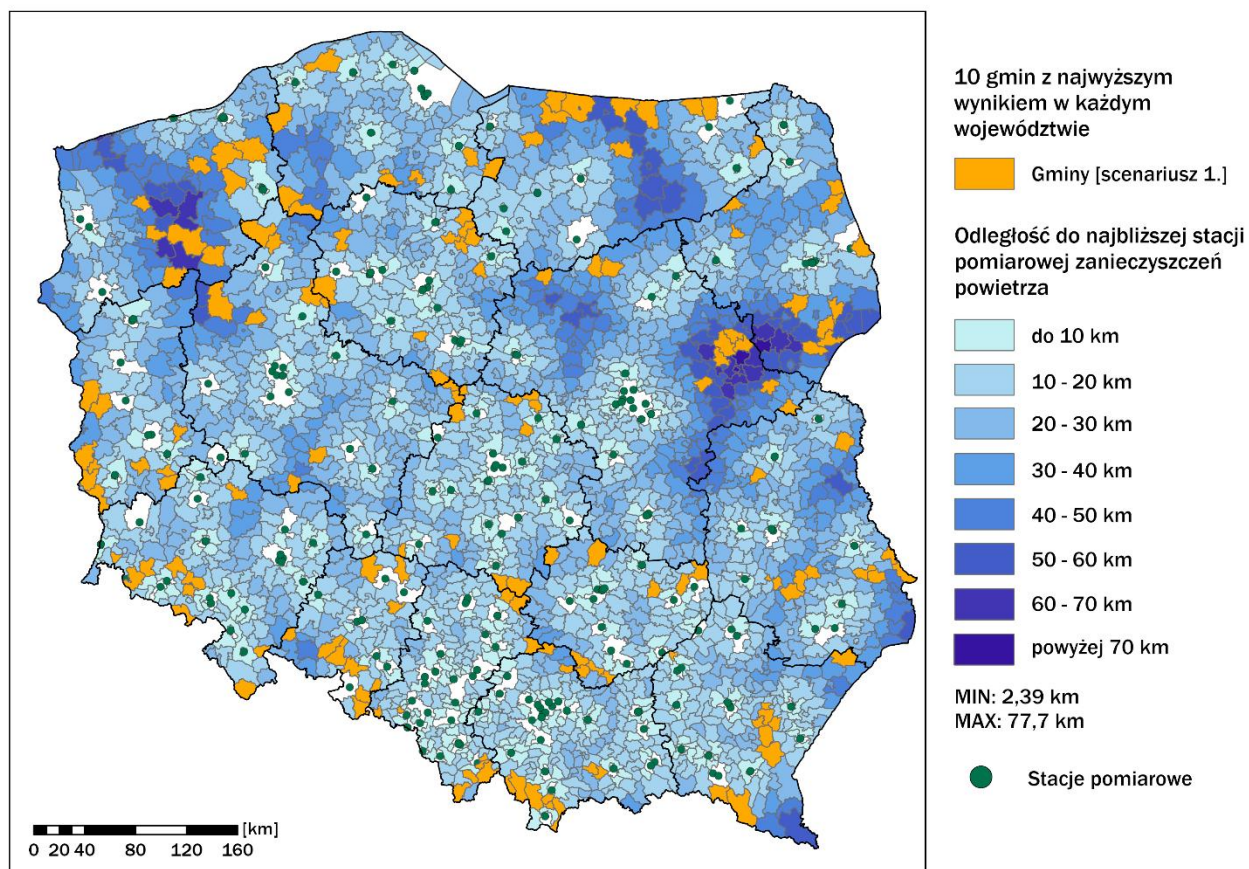
**wszystkim dzielnicom Warszawy przypisano posiadanie stacji ze względu na istnienie dobrze rozwiniętej sieci na obszarze miasta*

4. Omówienie wyników

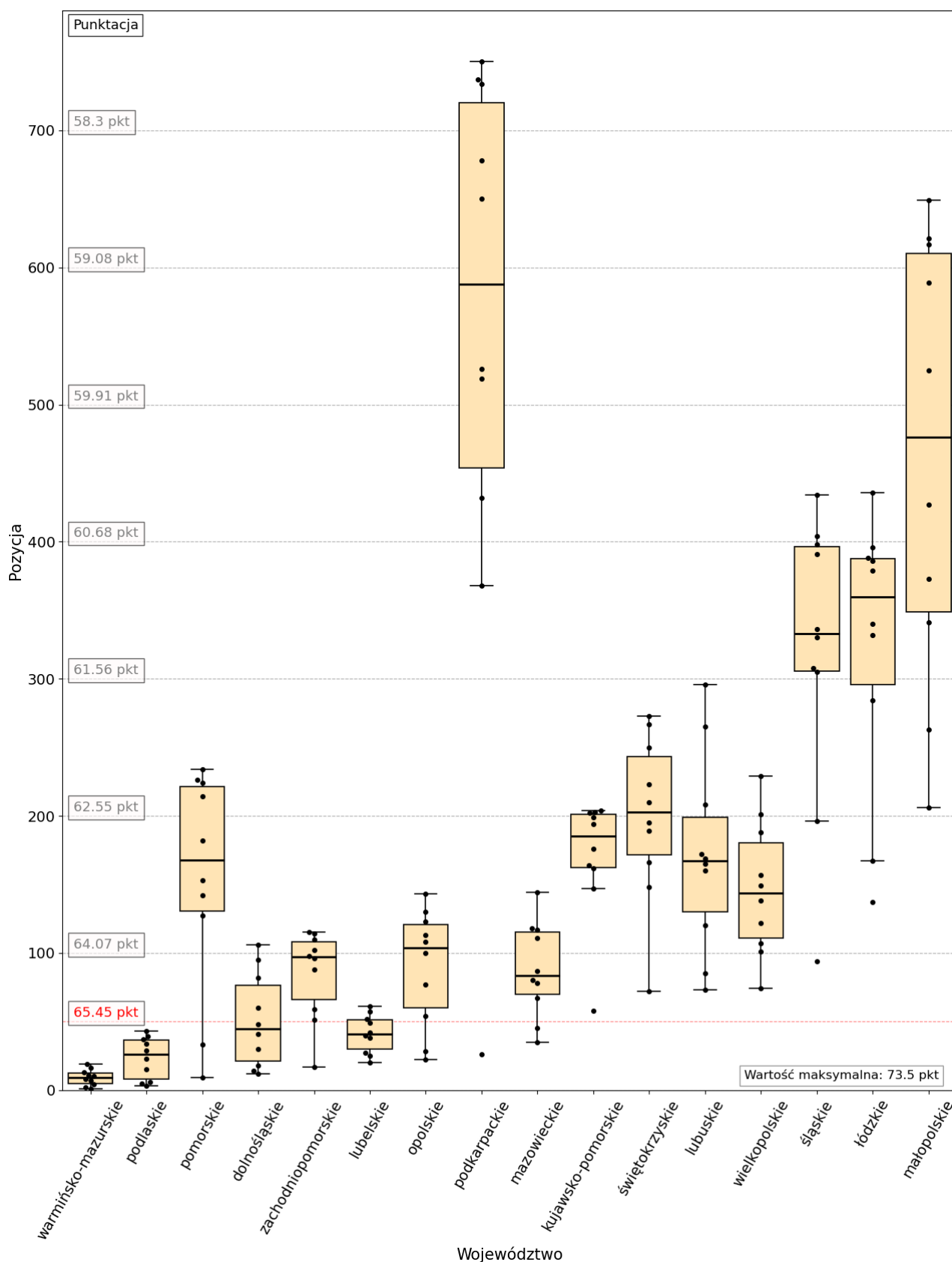
W rankingu gmin wg scenariusza 1. pierwsze miejsce zajmuje gmina wiejska Lelkowo, położona w województwie warmińsko-mazurskim, z wynikiem 73.5/100 pkt. Oprócz niej, gminy wiejskie na trzech kolejnych miejscach: Budry (warmińsko-mazurskie), Czyże (podlaskie), Banie Mazurskie (warmińsko-mazurskie) również przekroczyły poziom 70 pkt, osiągając kolejno: 71.39, 71.35, 71.12. W pierwszej dziesiątce, cechującej się wynikiem powyżej 68.21, znajdują się również 3 inne obszary z województwa warmińsko-mazurskiego, 2 z podlaskiego i 1 z pomorskiego. Na miejscach do 160., o zakresie punktów od 63.07 do 73.5, uplasowało się ogółem: 32 z podlaskiego, 30 z lubelskiego, 23 z warmińsko-mazurskiego, 16 z dolnośląskiego, 15 z zachodniopomorskiego, 11 z opolskiego i 10 z mazowieckiego, reszta obszarów z pozostałych województw, oprócz małopolskiego – żadna gmina lub obszar z tego województwa nie zaklasyfikowały się do pierwszych 160 miejsc (ryc. 3.). Z kolei dziesięć najwyższych umiejscowionych w rankingu gmin i obszarów ze wspomnianych pozostałych województw, których pierwsze dziesiątki nie usytuowały się w całości do 160. pozycji, uplasowały się następująco na miejscach w przedziale: 9.-234. z pomorskiego, 26.-750. z podkarpackiego, 58.-204. z kujawsko-pomorskiego, 72.-273. z świętokrzyskiego, 73.-296. z lubuskiego, 74.-229. z wielkopolskiego, 94.-434. z śląskiego, 137.- 436. z łódzkiego oraz 206.-649. z małopolskiego (ryc. 4. i 5.).



Rysunek 3. Rozkład przestrzenny pierwszych 160 gmin w Polsce w rankingu wg scenariusza 1., pomijającego stężenia PM2.5.

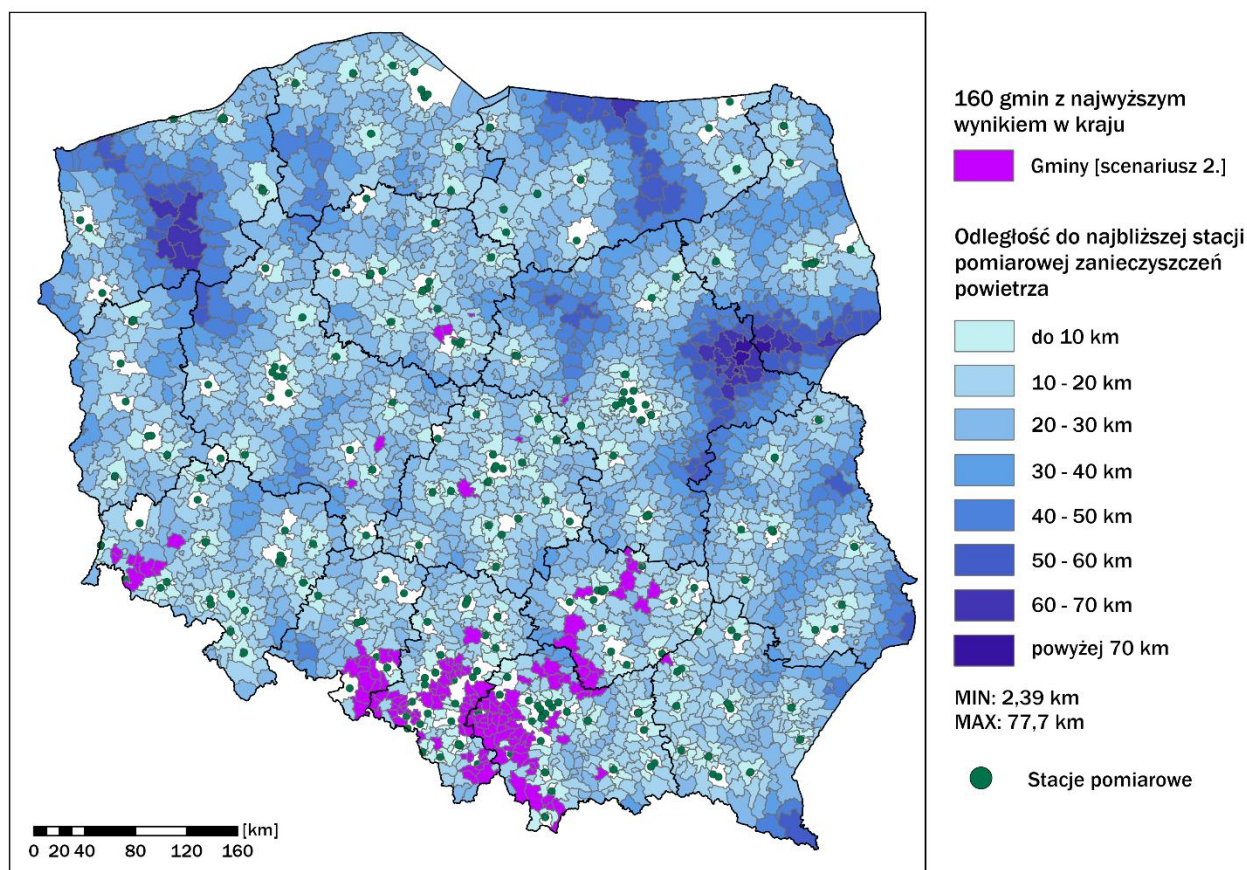


Rysunek 4. Rozkład przestrzenny najwyższej uplasowanych 10 gmin w każdym województwie w rankingu wg scenariusza 1., pomijającego stężenia PM2.5.

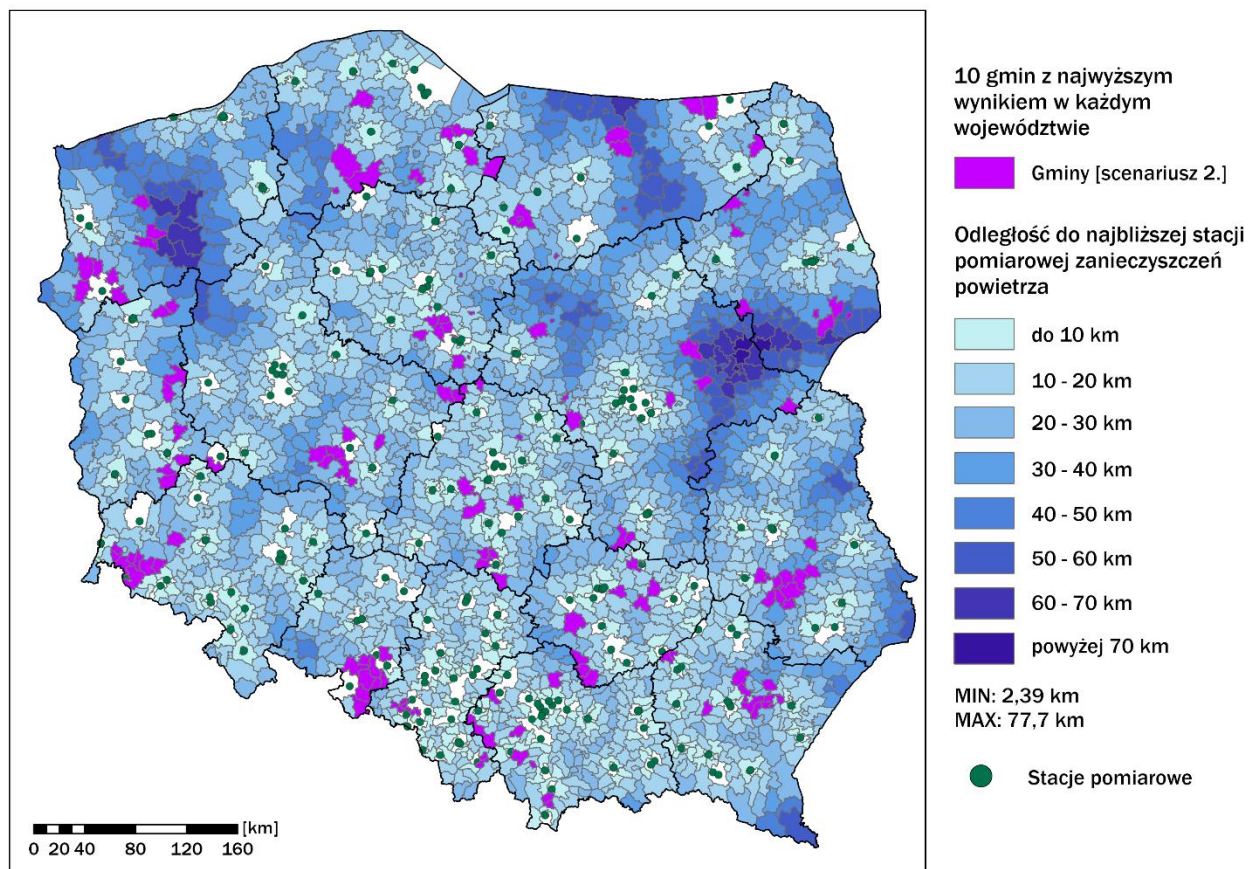


Rysunek 5. Rozkład zajmowanych miejsc w rankingu wg scenariusza 1. dla 10 gmin z najwyższym uzyskanym wynikiem w każdym województwie; kropkami oznaczono pozycje konkretnych jednostek terytorialnych.

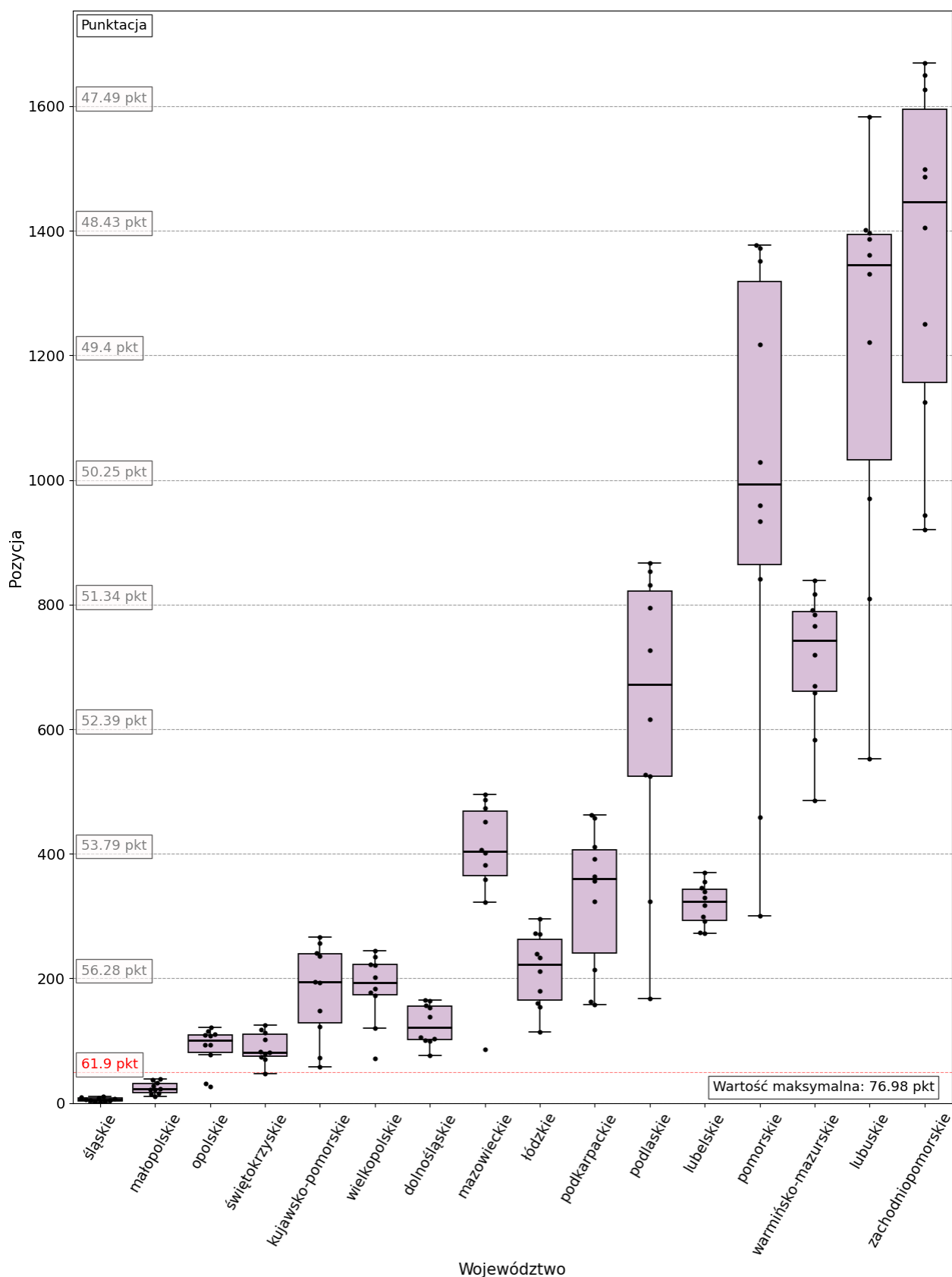
W rankingu przeprowadzonym dla scenariusza 2. pierwszą pozycję zajęła gmina miejska Pszów, położona w województwie śląskim, osiągając końcowy wynik 76.98/100 pkt. Sześć kolejnych gmin: Rydułtowy (śląskie), Radlin (śląskie), Gaszowice (śląskie), Jejkowice (śląskie), Marklowice (śląskie), Gilowice (śląskie) także przekroczyły poziom 70 pkt, osiągając kolejno: 75.81, 74.51, 74.49, 74.12, 70.84, 70.49. W pierwszej dziesiątce, przekraczającej poziom 68.33 pkt, wystąpiło ogółem 9 gmin z województwa śląskiego i 1 z małopolskiego. Rozpatrując wszystkie pozycje do 160., o zakresie punktów od 57.02 do 76.98, zaobserwowano, że wśród nich znajduje się aż po 57 gmin lub obszarów z województw śląskiego i małopolskiego, 16 ze świętokrzyskiego, 12 z opolskiego, 8 z dolnośląskiego, a pozostałe 10 należy do województw: kujawsko-pomorskiego (4), wielkopolskiego (2), łódzkiego (2), mazowieckiego (1) i podkarpackiego (1). Żadna gmina lub obszar z województw: podlaskiego, lubelskiego, pomorskiego, warmińsko-mazurskiego, lubuskiego i zachodniopomorskiego nie uplasowała się w pierwszych 160 miejscach (ryc. 6.). Natomiast, dziesięć gmin lub obszarów o największym ryzyku aerosanitarnym z grupy województw, których pierwsze dziesiątki nie usytuowały się w całości w pierwszej 160-tce, zanotowały miejsca w następujących przedziałach: 58.-266. z kujawsko-pomorskiego, 71.-245. z wielkopolskiego, 76.-165. z dolnośląskiego, 86.-495. z mazowieckiego, 114.-295. z łódzkiego, 158.-463. z podkarpackiego, 168.-867. z podlaskiego, 273.-370. z lubelskiego, 301. - 1377. z pomorskiego, 486.-839. z warmińsko-mazurskiego, 552.-1583. z lubuskiego i 920.-1670. z zachodniopomorskiego (ryc. 7. i 8.).



Rysunek 6. Rozkład przestrzenny pierwszych 160 gmin w Polsce w rankingu wg scenariusza 2., uwzględniającego stężenia PM2.5.



Rysunek 7. Rozkład przestrzenny najwyżej uplasowanych 10 gmin w każdym województwie w rankingu wg scenariusza 2., uwzględniającego stężenia PM2.5.



Rysunek 8. Rozkład zajmowanych miejsc w rankingu wg scenariusza 2. dla 10 gmin z najwyższym uzyskanym wynikiem w każdym województwie; kropkami oznaczono pozycje konkretnych jednostek terytorialnych.

5. Wnioski

Prezentowane wyniki analizy wskazują na wyraźne zróżnicowanie przestrzenne w identyfikacji obszarów problemowych przez oba badane scenariusze.

Scenariusz pierwszy (bez uwzględnienia stężeń zanieczyszczeń) lokalizuje najwyższe ryzyko aerosanitarne przede wszystkim w północno-wschodniej części kraju, obejmując województwa warmińsko-mazurskie i podlaskie, a także w Polsce wschodniej (lubelskie i część mazowieckiego), północno-zachodniej (zachodniopomorskie) oraz południowo-zachodniej (dolnośląskie i opolskie).

Z kolei scenariusz drugi koncentruje się na południu Polski, wskazując na szczególnie trudną sytuację w województwach śląskim i małopolskim, a w mniejszym stopniu również w świętokrzyskim, opolskim i dolnośląskim.

W rozkładzie przestrzennym pierwszych 160 gmin wytypowanych w obu podejściach widoczne jest wyraźne zjawisko klastrowania, czyli przestrzennego grupowania się jednostek o najwyższych wartościach wskaźnika. Największe skupiska o wysokim stopniu ryzyka formują się odpowiednio w województwach warmińsko-mazurskim, podlaskim, lubelskim i zachodniopomorskim dla scenariusza pierwszego, natomiast dla scenariusza drugiego – w małopolskim, śląskim, opolskim, świętokrzyskim oraz dolnośląskim.

Niezwykle istotnym aspektem interpretacyjnym jest korelacja uzyskanych wyników z istniejącą infrastrukturą monitoringu powietrza oraz lokalnymi uwarunkowaniami prawno-instytucjonalnymi. Scenariusz pierwszy w znacznym stopniu identyfikuje zagrożenia na obszarach, gdzie sieć stacji pomiarowych cechuje się niską gęstością, podczas gdy scenariusz drugi operuje głównie na obszarze dokładniej zbadanym i lepiej oprzyrządowanym. Zbieżne wnioski płyną z analizy zbiorów złożonych z 10 gmin o najwyższym wyniku w każdym województwie. W przypadku pierwszego scenariusza widoczna jest wyraźna tendencja do wskazywania jednostek terytorialnych położonych w większej odległości od stacji pomiarowych niż ma to miejsce w scenariuszu drugim. Co więcej, scenariusz pierwszy zwraca szczególną uwagę na województwa warmińsko-mazurskie i podlaskie, które według stanu na lipiec 2026 roku pozostają jedynymi regionami w kraju bez obowiązujących uchwał antysmogowych. Taki rozkład wyników ujawnia wyraźną asymetrię i nierówność w dotychczasowym stopniu rozpoznania poszczególnych regionów Polski pod kątem zagrożeń niską emisją, co stanowi silny argument za koniecznością wdrożenia pogłębionej analizy obszarów wytypowanych przez scenariusz pierwszy.

Wymiar metodologiczny badania zmusza również do analizy specyfiki przestrzennej i potencjalnych ograniczeń zastosowanego aparatu modelowania. Interesujący jest fakt, że scenariusz pierwszy – w przeciwieństwie do drugiego – wskazuje na regiony charakteryzujące się bardzo niskim wskaźnikiem skupienia zabudowy, a więc warunkami, które teoretycznie nie sprzyjają kumulacji wysokich stężeń zanieczyszczeń. Rozbieżność tę można tłumaczyć fizyczną charakterystyką danych wejściowych oraz skalą analizy. Ze względu na uśrednianie danych modelowych dotyczących stężeń PM_{2.5} do poziomu całych jednostek terytorialnych oraz wybitnie lokalny charakter emisji ze źródeł indywidualnego ogrzewania, model może nie wychwytywać punktowych anomalii o mniejszej skali przestrzennej. Istnieje zatem prawdopodobieństwo, że na obszarze gmin wytypowanych przez scenariusz pierwszy mogą występować niewielkie obszary skupiające starszą zabudowę mieszkaniową o wysokiej emisji zanieczyszczeń powietrza i słabej termoizolacji, którym model przypisuje względnie niskie

stężenia PM2.5 wskutek uśrednienia danych do poziomu całej jednostki terytorialnej. Na obecnym etapie pozostaje to jednak hipotezą wymagającą dalszej weryfikacji.

Spis rysunków i tabel

Rysunek 1. Rozkład przestrzenny pierwszych 50 gmin w krajowym rankingu wg obu scenariuszy. Kolorem pomarańczowym oznaczono gminy wytypowane w scenariuszu 1., zaś fioletowym w scenariuszu 2.	3
Rysunek 2. Rozmieszczenie stacji pomiarowych jakości powietrza GIOŚ oraz rozkład przestrzenny gmin wg odległości do najbliższej stacji, obliczony na podstawie wyznaczonych centroidów gmin.	7
Rysunek 3. Rozkład przestrzenny pierwszych 160 gmin w Polsce w rankingu wg scenariusza 1., pomijającego stężenia PM2.5.	9
Rysunek 4. Rozkład przestrzenny najwyżej uplasowanych 10 gmin w każdym województwie w rankingu wg scenariusza 1., pomijającego stężenia PM2.5.	10
Rysunek 5. Rozkład zajmowanych miejsc w rankingu wg scenariusza 1. dla 10 gmin z najwyższym uzyskanym wynikiem w każdym województwie; kropkami oznaczono pozycje konkretnych jednostek terytorialnych.	11
Rysunek 6. Rozkład przestrzenny pierwszych 160 gmin w Polsce w rankingu wg scenariusza 2., uwzględniającego stężenia PM2.5.	12
Rysunek 7. Rozkład przestrzenny najwyżej uplasowanych 10 gmin w każdym województwie w rankingu wg scenariusza 2., uwzględniającego stężenia PM2.5.	13
Rysunek 8. Rozkład zajmowanych miejsc w rankingu wg scenariusza 2. dla 10 gmin z najwyższym uzyskanym wynikiem w każdym województwie; kropkami oznaczono pozycje konkretnych jednostek terytorialnych.	14
Tabela 1. Wartości wag przypisanych poszczególnym parametrom dla obu scenariuszy.	6
Tabela 2. Statystyki liczbowe jednostek terytorialnych biorących udział w analizie.	7
Tabela 3. Podział jednostek terytorialnych wg rodzaju oraz występowania stacji pomiarowej jakości powietrza na ich obszarze.	8

