



**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE**

**Wydział Zarządzania**

**Ekonometria Przestrzenna**

Projekt 5

Jakub Le Van, Mateusz Mulka

## Spis treści

1. Wstęp.....	3
2. Metodologia.....	3
1.    Wczytanie i przetwarzanie danych: .....	3
2.    Obliczenie centroidów powiatów:.....	4
3.    Budowa macierzy odległości:.....	4
4.    Model potencjału:.....	5
3. Wyniki analizy.....	6
3.1 Mapa potencjału dla roku 2023 .....	6
3.2 Mapa potencjału dla roku 2003 .....	8
3.3 Porównanie wyników .....	10
3.4    Ludność w powiatach .....	10
3.5    Stosunek potencjału odpadów i ludności .....	13
4. Podsumowanie .....	15

# 1. Wstęp

Celem projektu było przeprowadzenie analizy różnicowania przestrzennego cechy "odpady komunalne" na poziomie powiatów w Polsce z wykorzystaniem modelu potencjału geograficznego. W badaniu uwzględniono dane dla dwóch okresów: 2003 i 2023 roku, co pozwala na badanie zmian w czasie. Wartość potencjału obliczono w oparciu o masę odpadów komunalnych generowanych w poszczególnych powiatach oraz odległości między ich centroidami. Model potencjału uwzględnia interakcje przestrzenne, gdzie siła oddziaływania między jednostkami przestrzennymi zależy od ich "masy" (w naszym przypadku masy odpadów) oraz odległości między nimi. Projekt ma na celu opisanie przestrzennego rozmieszczenia potencjałów odpadów oraz zbadanie zależności między potencjałem odpadów, a potencjałem ludności. Analiza opiera się na danych GUS oraz wizualizacjach z użyciem map, co poprawia interpretację wyników.

## 2. Metodologia

### 1. Wczytanie i przetwarzanie danych:

Dane geograficzne zostały wczytane z pliku SHP (zawierającego granice powiatów), natomiast dane atrybutowe o odpadach komunalnych w tonach dla lat 2003 i 2023, liczby ludności z plików CSV pobranych z Głównego Urzędu Statystycznego. W ramach przygotowania danych przeprowadzono normalizację nazw powiatów oraz ich połączenie w jedną strukturę danych.

## 2. Obliczenie centroidów powiatów:

Dla każdego powiatu wyznaczono centroid geometryczny, który służył jako punkt odniesienia do obliczeń odległości.

## 3. Budowa macierzy odległości:

Odległości między centroidami powiatów obliczono za pomocą funkcji Haversine, uwzględniającej krzywiznę Ziemi.

$$\alpha = \sin^2\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right) + \cos(\phi_1) \cdot \cos(\phi_2) \cdot \sin^2\left(\frac{\Delta\lambda}{2}\right)$$

#### 4. Model potencjału:

Wartość potencjału dla powiatu obliczone zgodnie ze wzorem

$$V_i = k \cdot \sum_{j \neq i} \frac{M_j}{d_{ij}^\beta}$$

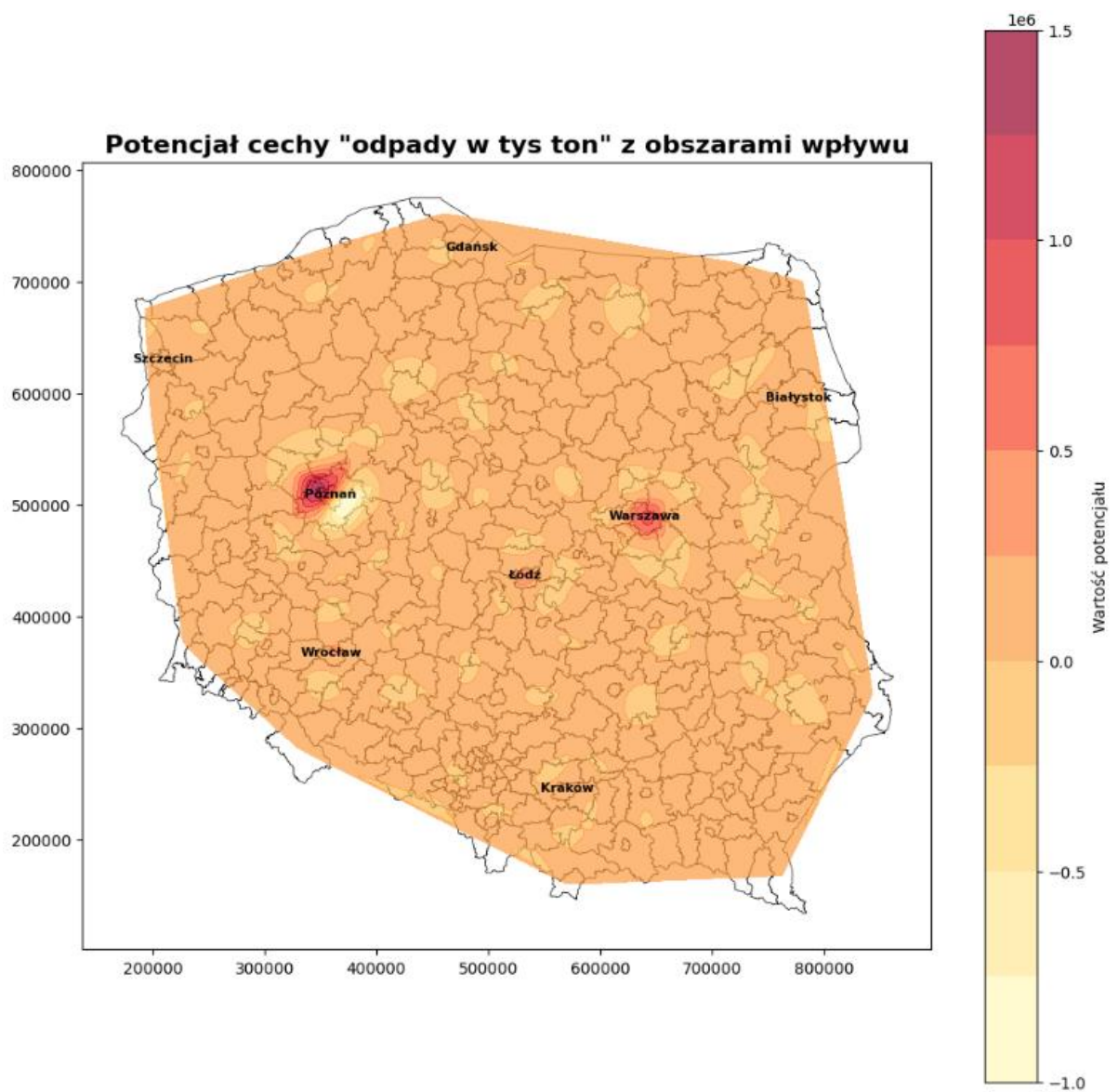
- $V_i$  - wartość potencjału dla danego powiatu
- $k$  - współczynnik skalujący
- $M_j$  - masa powiatu  $j$ , czyli potencjał jego oddziaływania (masa odpadów)
- $d_{ij}$  - odległość między powiatami  $i$  i  $j$
- $\beta$  - współczynnik oporu odległości. Oznacza, jak mocno odległość wpływa na wartość potencjału. Jeśli  $\beta$  jest duże to odległości bardziej ograniczają wpływ  $j$  na  $i$ . Przy  $\beta = 0$ , odległość nie ma znaczenia a wpływ  $j$  na  $i$  zależy od  $M_j$

### 3. Wyniki analizy

#### 3.1 Mapa potencjału dla roku 2023



Na mapie dla 2023 roku widoczne jest skoncentrowanie wysokiego potencjału w centralnych i miejskich obszarach Polski, takich jak Warszawa, Łódź, Poznań, Wrocław i Kraków.



Obszary wiejskie oraz peryferyjne, takie jak wschód Polski, wykazują znacznie niższy potencjał, co wynika z mniejszej masy odpadów oraz słabszych interakcji przestrzennych.

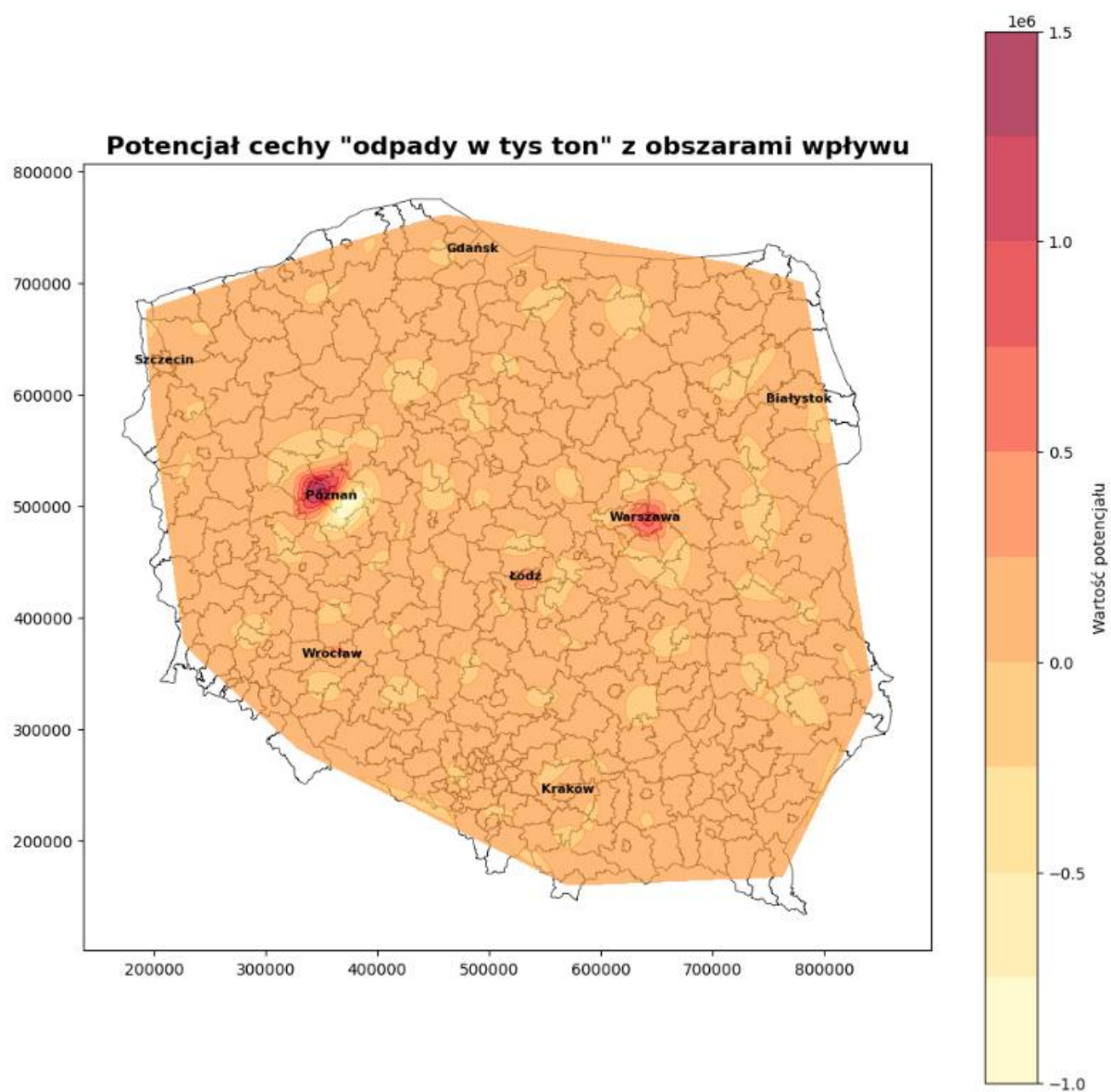
### 3.2 Mapa potencjału dla roku 2003



Na mapach dla 2003 roku potencjał jest bardziej zdywersyfikowany. Widać mniejszą dominację głównych ośrodków miejskich, co sugeruje, że w 2003 roku odpady były bardziej równomiernie rozproszone między regionami.



W



Miasta takie jak Warszawa i Poznań nadal stanowiły centra o wysokim potencjale, ale ich wpływ przestrzenny był mniejszy w porównaniu z rokiem 2023.

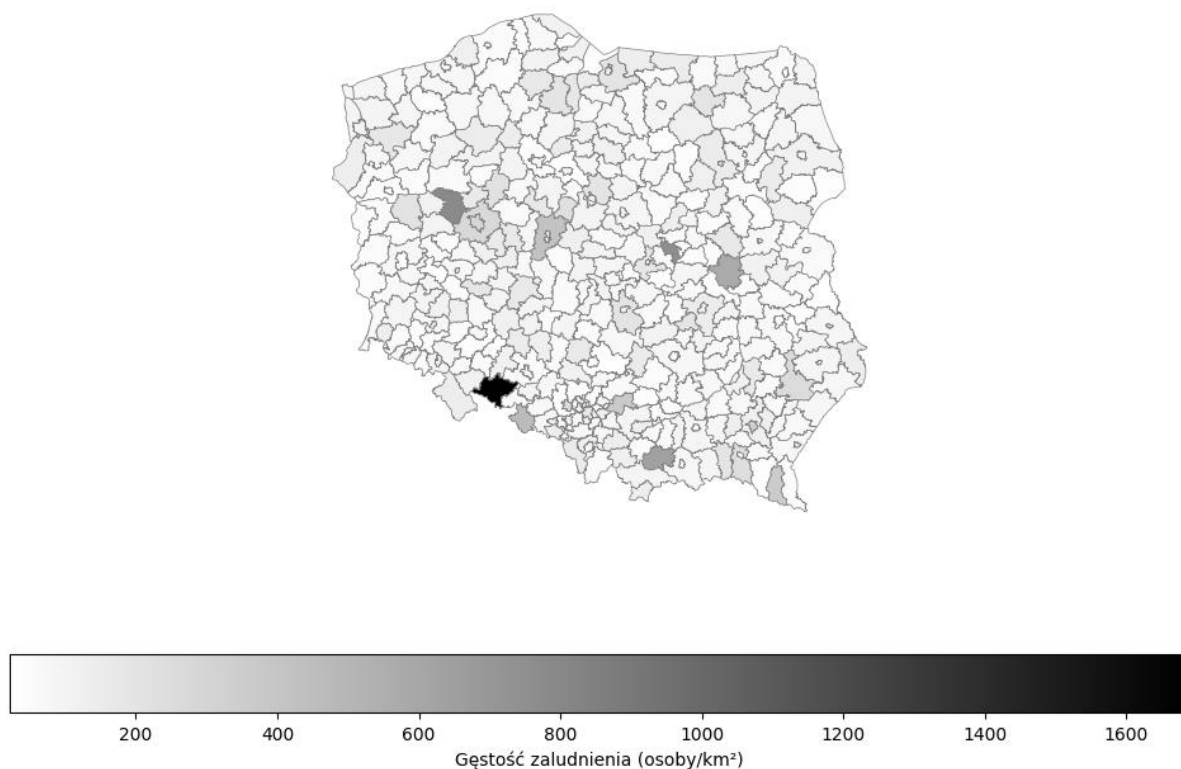
### 3.3 Porównanie wyników

- W okresie 2003–2023 nastąpił wzrost potencjału w miastach wojewódzkich, co można powiązać ze wzrostem gęstości zaludnienia oraz zmianami w gospodarce odpadami.
- Obszary wiejskie zanotowały spadek względnego potencjału, co wynika z centralizacji procesów zarządzania odpadami w dużych aglomeracjach.
- Wyniki są zgodne z teoriami migracji i interakcji przestrzennych (np. Carey, 1859), które podkreślają znaczenie masy i odległości w oddziaływaniach przestrzennych.

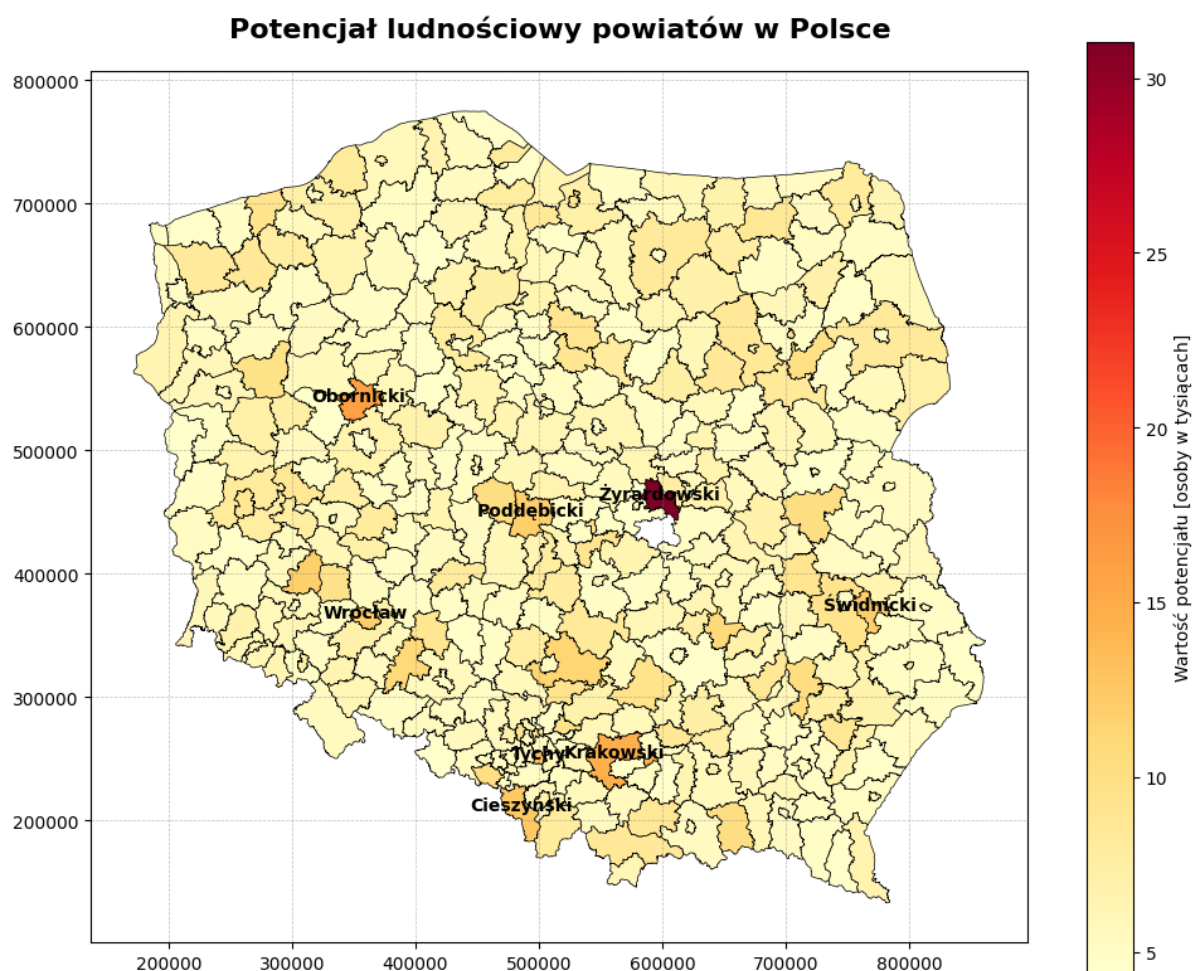
### 3.4 Ludność w powiatach

Na podstawie danych zawierających informacje o gęstości zaludnienia w powiatach zobrazowaliśmy rozkład tych danych, a także obliczyliśmy potencjał przestrzenny dla każdego powiatu. Wartość potencjału zależy przede wszystkim od liczby ludności w danym powiecie oraz wszystkich pozostałych powiatach, uwzględniając przy tym odległości pomiędzy ich centroidami. Oznacza to, że im bliżej siebie są powiaty, tym większy wpływ mają na siebie jednostki.

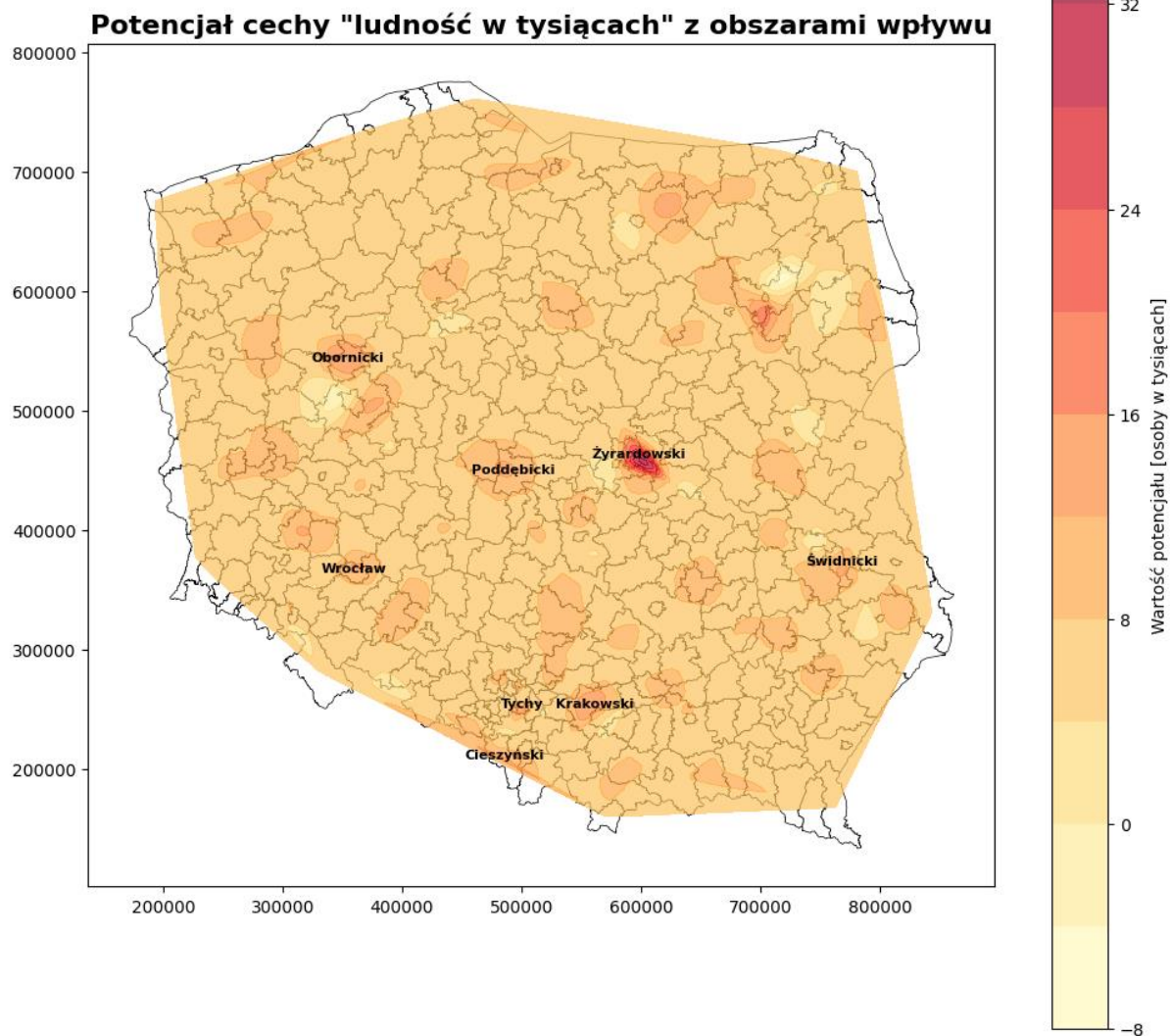
Rozkład gęstości zaludnienia w powiatach



Jesteśmy w stanie zauważyć wyraźne różnice w gęstości zaludnienia między powiatami. Niektóre obszary wyróżniają się bardzo wysoką gęstością jednak w większości Polski wartość ta jest stosunkowo mała. W przypadku obliczania potencjału możliwe, że wyniki będą znacznie różne od rozmieszczenia gęstości zaludnienia, może to wynikać z różnych odległości między centroidami powiatów. Na powyższej mapie można też zauważyć, że powiaty o wysokiej gęstości zaludnienia często są otoczone powiatami o znacznie niższych wartościach. Zazwyczaj najwyższe wartości gęstości zaludnienia skoncentrowane są w obszarach miejskich.



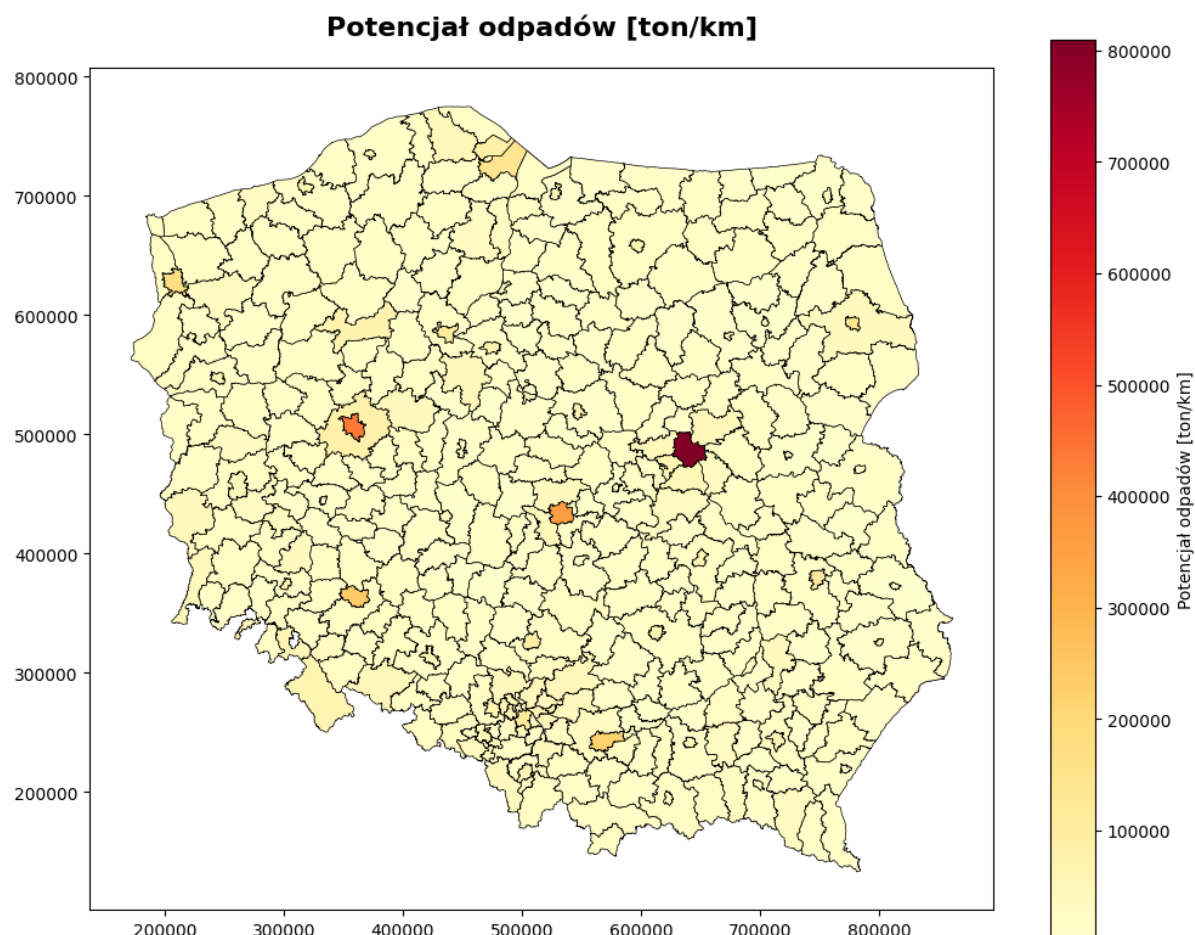
Na podstawie powyższej mapy, możemy zauważyć iż obszary o wyższych wartościach potencjału ludności to z reguły regiony miejskie jednak nie zawsze tak jest, ponieważ część z nich jest w bliskim sąsiedztwie z wieloma powiatami. Możemy jednak zauważyć iż prawie zawsze obszary o niższym potencjale to regiony wiejskie.



Interpolacja potencjału ludnościowego przedstawia wpływ demograficzny w przestrzeni. Obszary silnie czerwone, takie jak okolice Żyrardowa, Wrocławia czy Krakowa, wskazują na wyraźny wpływ populacji w ich bezpośrednim sąsiedztwie. Regiony peryferyjne, zaznaczone jaśniejszym kolorem, cechują się mniejszym wpływem ze względu na niską gęstość zaludnienia i znaczne odległości od większych ośrodków miejskich.

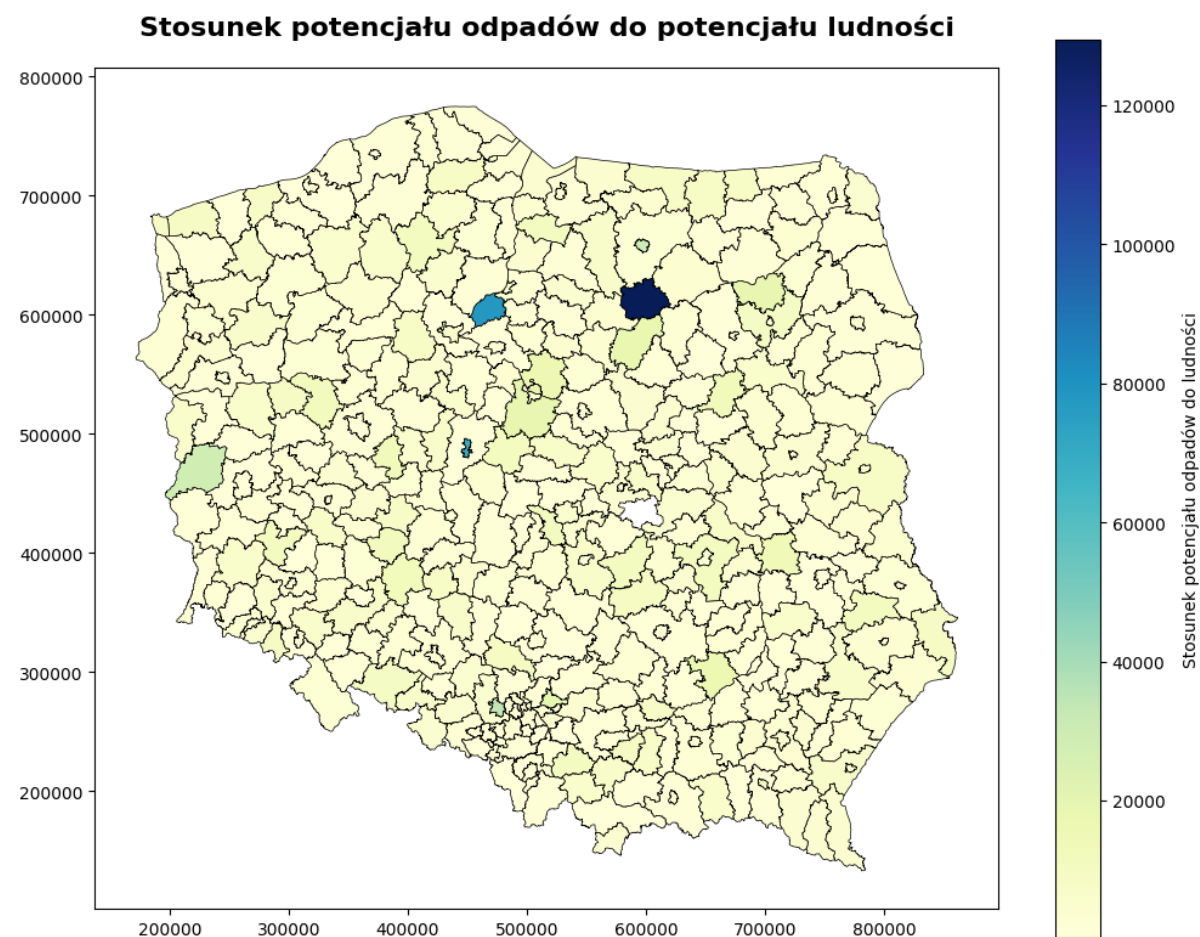
### 3.5 Stosunek potencjału odpadów i ludności

W celu wyciągnięcia sensownych wniosków z powyższych danych przygotowane zostały dwie mapy. Pierwsza z nich przedstawia przestrzenne rozmieszczenie potencjału odpadów w przeliczeniu na jednostkę powierzchni dla powiatów. Wysokie wartości odpadów wskazują na regiony generujące największą masę odpadów w stosunku do ich powierzchni.



Druga mapa przedstawia wartość tego potencjału odpadów w stosunku do potencjału ludności.





Mapa przedstawia stosunek potencjału odpadów do gęstości zaludnienia, co pokazuje jak intensywna jest produkcja odpadów w relacji do przestrzennego rozmieszczenia ludności. Jak łatwo można zauważyć wyniki są skrajnie różne od tych wcześniej zaobserwowanych. Najprawdopodobniej regiony z wysokim wskaźnikiem charakteryzują się małym zaludnieniem lecz wysoką produkcją odpadów na przykład przez zakłady przemysłowe, niewątpliwie dogłębna analiza tego problemu jest istotna w planowaniu gospodarki odpadami na poziomie nie tylko powiatu ale też województwa.

## 4. Podsumowanie

Na podstawie tego projektu oraz przedstawionych w nim map i wniosków, łatwo można zauważyć, że zależności przestrzenne analizowane pojedynczo dają zupełnie wyniki niż gdy analizujemy ich wzajemne oddziaływanie między sobą. Odpady produkowane są przede wszystkim w dużych miastach. Analizując zmianę potencjału odpadów można zaobserwować jego wzrost w obszarach miejskich między latami 2003, a 2023, co odzwierciedla rozwój gospodarczy tych rejonów, a także wzrost gęstości zaludnienia. Z kolei tereny wiejskie charakteryzują się spadkiem tego potencjału na przestrzeni lat. Jest to zgodne z trendem w którym coraz więcej osób przeprowadza się z terenów wiejskich do miejskich. Analiza porównawcza w której patrzyliśmy na stosunek potencjału odpadów i gęstości zaludnienia wskazała tereny, gdzie produkowane jest bardzo dużo śmieci per capita, co może być przydatne na przykład podczas planowania gospodarki odpadami. Model potencjału wykazał, że odległości między powiatami oraz ich masa (populacja i ilość odpadów) są kluczowymi czynnikami kształtującymi relacje przestrzenne. Bliskość powiatów sprzyja ich wzajemnym interakcją zwiększając tym samym potencjał przestrzenny. Wyniki analizy mogą wspierać efektywne zarządzanie odpadami, szczególnie we wspomnianych wcześniej regionach o wysokim stosunku potencjału odpadów do gęstości zaludnienia, które mogą wymagać bardziej intensywnych działań w zakresie recyklingu i logistyki odpadów, wymagałoby to jednak przeprowadzenia bardziej dogłębnej i specjalistycznej analizy.