

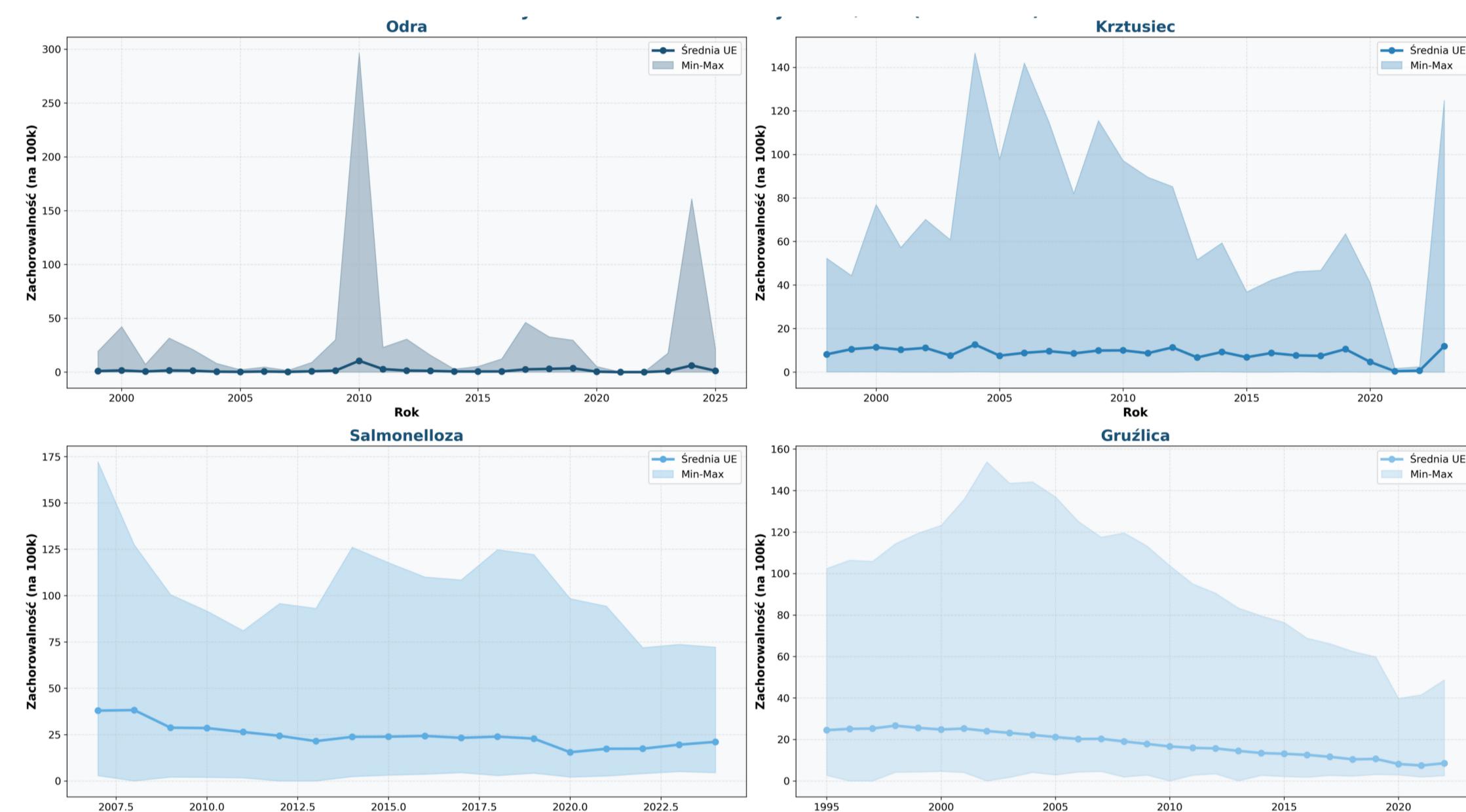
ANALIZA I MODELOWANIE DYNAMIKI CHORÓB ZAKAŹNYCH

Autorzy : Kacper Kortas, Bartosz Wolny, Sebastian Kaca, Paweł Kamiński

Wprowadzenie

W ostatnich latach obserwujemy powrót chorób zakaźnych w Europie. Epidemie odry w 2017-2019 i 2023-2024 pokazały, że spadek wyszczepialności poniżej 95% prowadzi do gwałtownych wzrostów zachorowań. Rumunia stała się epicentrum europejskich epidemii z wyszczepialością poniżej 90%.

Cel pracy: Analiza dynamiki 4 chorób zakaźnych (odra, krztusiec, salmonelloza, gruźlica) w 31 krajach UE/EOG w latach 1995-2024 oraz budowa modeli predykcyjnych zachorowalności.

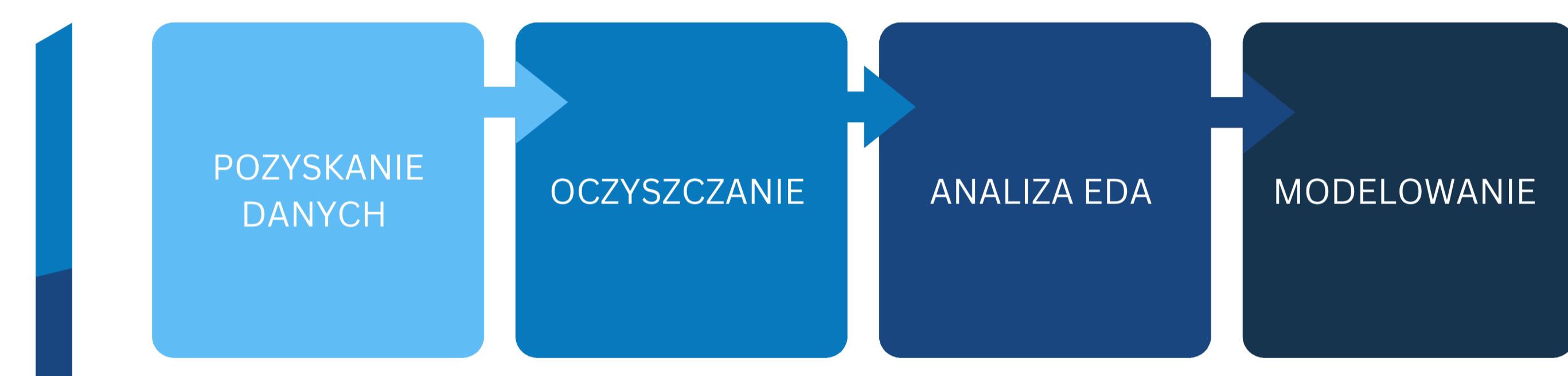


Metodyka

Dane epidemiologiczne pobrano z ECDC Surveillance Atlas of Infectious Diseases. Uwzględniono 4 choroby zakaźne: odrę, krztusiec, salmonellozę i gruźlicę. Zakres czasowy obejmował lata 1995-2024, a geograficzny - 31 krajów UE/EOG. Główne zmienne to liczba przypadków (Cases) oraz współczynnik zachorowalności (Incidence na 100 000 mieszkańców).

Z Eurostatu pozyskano dane kontekstowe: poziom wyszczepialności przeciw odrze (%) oraz strukturę wieku populacji. Po oczyszczaniu danych i usunięciu braków finalny zbiór zawierał 3043 obserwacje.

Do modelowania utworzono dodatkowe zmienne: zachorowalność z poprzedniego roku (Lag1), sprzed dwóch lat (Lag2) oraz średnią kroczącą 3-letnią. Dane podzielono czasowo - lata 1995-2022 do trenowania, 2023-2024 do testowania modeli. Badanie przebiegało w 4 etapach:



Wyniki

Najlepsze wyniki uzyskano dla salmonellozy ($R^2=0.94$) i gruźlicy ($R^2=0.88$) - choroby te mają stabilne, przewidywalne trendy. Odra ($R^2=0.19$) i krztusiec ($R^2 \approx 0$) są trudno przewidywalne ze względu na nagłe epidemie i naturalne cykle.

Dla salmonellozy najlepsza okazała się prosta regresja liniowa, co wskazuje na regularny charakter danych. Dla gruźlicy i odry lepiej sprawdzi się las losowy.

Prognoza ARIMA na kolejne lata wskazuje na: wzrost zachorowań na odrę (efekt zaległości szczepień po COVID-19), kontynuację cyklu krztusca, stabilizację salmonellozy oraz dalszy spadek gruźlicy.

Wnioski

Przeanalizowaliśmy dane o 4 chorobach zakaźnych z 31 krajów Europy z lat 1995-2024. Oto co odkryliśmy:

Salmonelloza i gruźlica są przewidywalne - modele trafnie przewidują ile będzie zachorowań (R^2 powyżej 0.85). Te choroby mają stabilne, regularne trendy. Gruźlica systematycznie spada od lat 90., salmonelloza utrzymuje się na stałym poziomie.

Odra i krztusiec są nieprzewidywalne - żaden model nie działa dobrze (R^2 poniżej 0.2). Dlaczego? Bo epidemie odry wybuchają nagle gdy spada wyszczepialność, a krztusiec ma naturalne cykle co 3-5 lat.

Najważniejsze odkrycie: jeśli w danym roku jest dużo zachorowań, to w następnym też będzie dużo. Epidemie nie kończą się po roku - trwają 2-3 lata. Dlatego szybka reakcja na pierwsze sygnały wzrostu jest kluczowa.

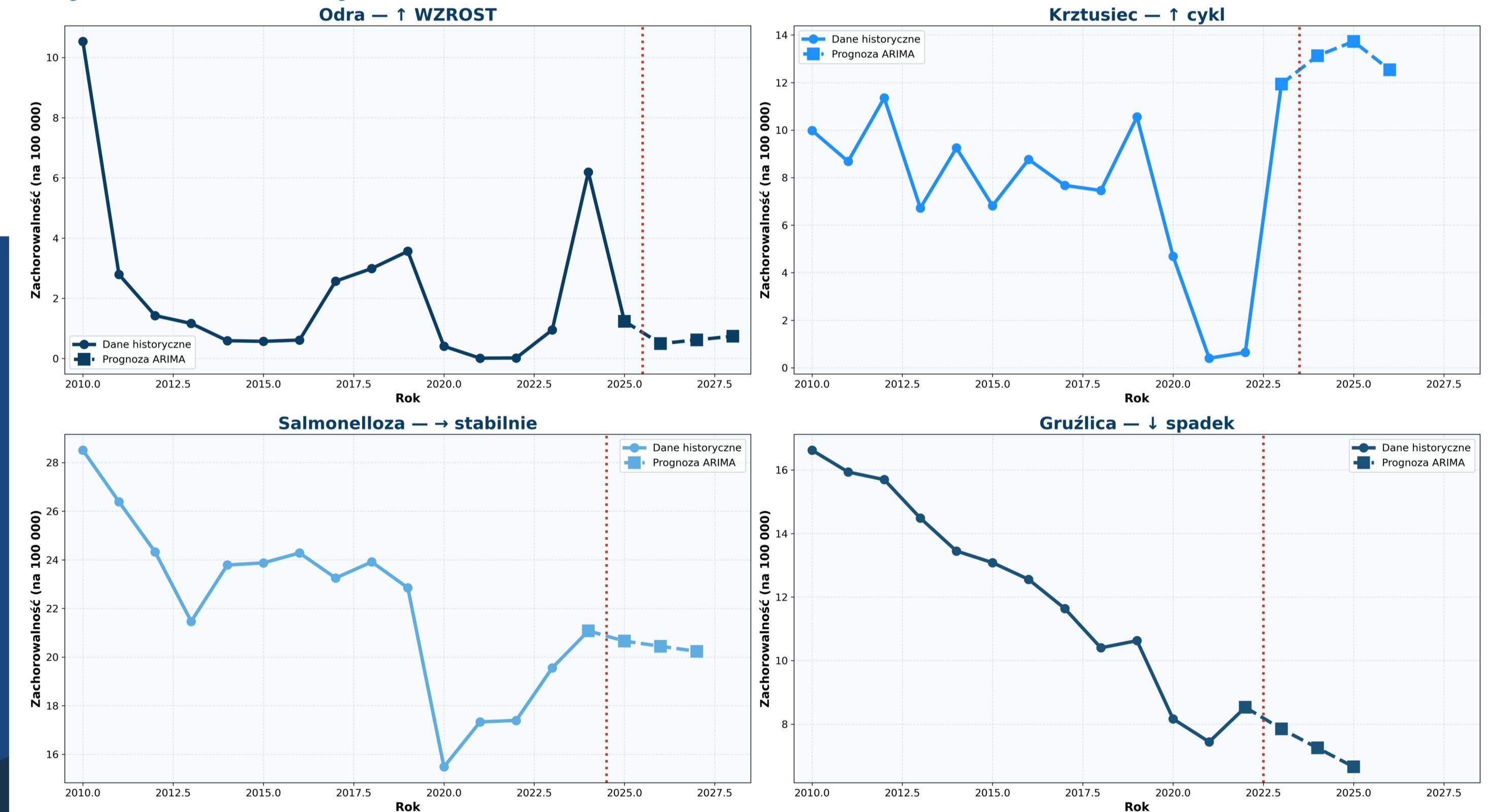
Prognoza na przyszłość: spodziewamy się wzrostu zachorowań na odrę w latach 2025-2028. Powodem są zaległości w szczepieniach z okresu COVID-19 - wiele dzieci nie zostało zaszczepionych na czas.

Co trzeba zrobić: utrzymać wyszczepialność powyżej 95% w całej Europie. Szczególnie pilne działania potrzebne są w Rumunii i Bułgarii, gdzie wyszczepialność spadła poniżej 90% i regularnie wybuchały epidemie odry.

Tab. 1. Porównanie skuteczności modeli predykcyjnych

Choroba	Model	R^2
Salmonelloza	Regresja liniowa	0.94
Gruźlica	Las losowy	0.88
Odra	Las losowy	0.19
Krztusiec	Gradient Boosting	~0

Ryc. 2. Predykcja zachorowalności na lata 2025-2028



Bibliografia

- [1] ECDC. Surveillance Atlas of Infectious Diseases. 2024. <https://atlas.ecdc.europa.eu>
- [2] Eurostat. Population Statistics Database. 2024. <https://ec.europa.eu/eurostat>
- [3] WHO. Measles and Rubella Strategic Framework 2021-2030. Geneva, 2020.
- [4] Breiman L. Random Forests. Machine Learning. 2001;45:5-32.