



Warsaw University of Life Sciences  
Department of Hydrology, Meteorology and Water Management  
Institute of Environmental Engineering

MSc. Nelson Venegas Cordero

# **Detection of changes in river floods and flood generating mechanisms in Poland**

Wykrywanie zmian we wskaźnikach powodziowych i mechanizmach  
powodmiotwórczych w Polsce

Doctoral thesis

Praca doktorska

Doctoral thesis prepared under the supervision of  
dr hab. Mikołaj Piniewski, prof. WULS  
Department of Hydrology, Meteorology and Water Management

Warsaw, 2024

## **Abstract**

River floods in Poland are influenced by a combination of climatic and anthropogenic factors. This thesis, consisting of three interrelated scientific articles, investigates the changes in various river flood indicators based on the annual maximum flow and peak-over-threshold concepts, as well as in flood generation mechanisms in Poland using extensive observed and simulation datasets. The research hypothesis is that climate-related drivers have a stronger influence on current trends in river flood indicators in Poland than urbanization.

The thesis indicates that flood magnitude has decreasing trends in the north-eastern part of Poland and an increasing trend in the southern, mountainous part. The statistical significance of most trends in other flood indicators, such as peak-over-threshold magnitude and frequency, and flood timing, has not been established. Snowmelt has been the primary cause of floods across the country, but its importance has decreased in recent decades, particularly in the northern part of the country, in favour of the soil moisture excess. Extreme precipitation has been identified as the primary mechanism only in the southern, mountainous region. The thesis also examines the impact of urbanization on flood dynamics using the paired catchment approach. The analysis of changes in imperviousness based on high-resolution GIS products showed a consistent upward trend in urbanization in selected catchments. The evidence for the effect of urbanization on floods has been assessed as moderate.

This thesis highlights the importance of understanding river flood dynamics in Poland by integrating climatic and anthropogenic factors. It demonstrates methodological advancements by integrating process-based model outputs into statistical analyses of floods and their changes. It contributes to the broader understanding of floods in Poland and emphasizes the importance of considering both natural variability and human intervention in the development of effective flood risk management strategies.

## Streszczenie

Na powódzie rzeczne w Polsce wpływa kombinacja czynników klimatycznych i antropogenicznych. W niniejszej rozprawie, składającej się z trzech powiązanych ze sobą artykułów naukowych, badane są zmiany w różnych wskaźnikach powodzi rzecznych opartych na przepływach maksymalnych oraz metodzie przewyższeń (ang. POT – *peak over threshold*), jak i zmiany czynników powodziotwórczych w Polsce przy użyciu obszernych zbiorów danych obserwacyjnych i symulacyjnych. Hipoteza badawcza mówi, że wpływ czynników klimatycznych na obserwowane zmiany wskaźników powodziowych w Polsce jest silniejszy niż wpływ urbanizacji.

W rozprawie wykazano, że wskaźnik wielkości powodzi wykazuje tendencję spadkową w północno-wschodniej części Polski i tendencję wzrostową w południowej, górzystej części kraju. W przypadku większości trendów w innych wskaźnikach, takich jak wielkość i częstotliwość powodzi wyznaczone metodą POT oraz czas występowania powodzi, nie stwierdzono statystycznej istotności zmian. Topnienie śniegu było główną przyczyną występowania powodzi w większości kraju, ale jego znaczenie zmniejszyło się w ostatnich dziesięcioleciach, szczególnie w północnej części kraju, na korzyść wskaźnika nadmiaru wilgoci w glebie (ang. *soil moisture excess*). Ekstremalne opady zostały zidentyfikowane jako główny mechanizm tylko w południowej, górzystej części Polski. W pracy przeanalizowano również wpływ urbanizacji na dynamikę powodzi przy użyciu tzw. metody par zlewni (ang. *paired-catchment approach*). Analiza zmian nieprzepuszczalności terenu w oparciu o produkty GIS o wysokiej rozdzielczości wykazała stały trend wzrostowy urbanizacji w wybranych zlewniach. W drodze analiz statystycznych ustalono, że dowody na wpływ urbanizacji na występowanie powodzi w wybranych zlewniach były umiarkowane.

Niniejsza rozprawa podkreśla znaczenie zrozumienia dynamiki powodzi rzecznych w Polsce poprzez integrację czynników klimatycznych i antropogenicznych. Demonstruje postępowanie metodologiczne poprzez włączenie wyników symulacji pochodzących z modeli opartych na procesach z analizami statystycznymi powodzi i ich zmian. Przyczynia się to do szerszego zrozumienia powodzi w Polsce i podkreśla znaczenie uwzględnienia zarówno naturalnej zmienności klimatycznej, jak i interwencji człowieka w opracowywaniu skutecznych strategii zarządzania ryzykiem powodziowym.