

Dr hab. Bogusław Pawłowski, prof. UMK
Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
bogus@umk.pl, tel. 600644166

Toruń, 11 września 2023

Recenzja rozprawy doktorskiej

Pana mgra Adama Edmunda Perza

**„Kopule w badaniach relacji zmiennych hydro-meteorologicznych oraz
zagrożenia i ryzyka powodziowego w zlewni górnej Nysy Kłodzkiej”**

wykonanej na Wydziale Nauk Geograficznych i Geologicznych Uniwersytetu im. Adama
Mickiewicza w Poznaniu
pod kierunkiem naukowym dr hab. Dariusza Wrzesińskiego, prof. UAM

*Recenzja została opracowana na mocy ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o
szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U.2018 poz. 1668 ze zm.)*

Na wstępie należy podkreślić wagę tematyki badawczej podjętej przez Pana mgra Adama Perza. Po pierwsze, w okresie zmian klimatycznych oraz transformacji rytmu odpływu rzeczny możemy mieć do czynienia we wzrostem częstości występowania ekstremalnych zdarzeń opadowych i powodziowych, po drugie – obszar badań autora obejmuje teren o wysokim zagrożeniu powodzią. Jest to górski obszar Kotliny Kłodzkiej, a sama Nysa Kłodzka stanowi istotny element kształtowania zasobów wodnych Odry. Region ten charakteryzuje się wysoką wartością średniego odpływu jednostkowego, przekraczającą lokalnie 20 l/s/km^2 , zaś maksymalne wartości tego parametru, o prawdopodobieństwie wystąpienia 1% są nawet o dwa rzędy wielkości wyższe. Współczynnik opisujący zmienność przepływów Nysy Kłodzkiej w jej ujściowym odcinku wyrażony jako $Z=WWQ/NNQ$ wynosi prawie 403 (Michalczyk, 2017)

Rozprawę doktorską Pana mgra Adama Edmunda Perza stanowi spójny tematycznie i metodycznie cykl czterech artykułów naukowych, opublikowanych w recenzowanych czasopismach indeksowanych w międzynarodowych bazach i wymienionych w wykazie czasopism punktowanych Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego:

- I. **Perz A.**, Sobkowiak L., Wrzesiński D., 2021, Probabilistic Approach to Precipitation-Runoff Relation in a Mountain Catchment: A Case Study of the Kłodzka Valley in Poland, *Water* 13, 1229 (**IF: 3,530, 100 pkt, udział 75%**)
- II. **Perz A.**, Sobkowiak L., Wrzesiński D., 2022a, Co-occurrence probability of water balance elements in a mountain catchment on the example of the upper Nysa Kłodzka River, *Acta Geophysica* 70, 1301-1315 (**IF: 2,293, 70 pkt, udział 75%**)
- III. **Perz A.**, Wrzesiński D., Sobkowiak L., Stodolak R., 2022b, Copula-based geohazard assessment – case of flood-prone area in Poland, *Journal of Hydrology: Regional Studies* 44, 101214 (**IF: 5,437, 100 pkt, udział 80%**)
- IV. **Perz A.**, Wrzesiński D., Budner W.W., Sobkowiak L., 2023, Flood-Trigging Rainfall and Potential Losses – The Copula-Based Approach on the Example of the Upper Nysa Kłodzka River, *Water* 15, 1958 (**IF: 3,530, 100 pkt, udział 80%**)

(łącznie IF=14,79, 370 pkt)

Wspomniany zbiór tematycznych publikacji, w których udział doktoranta wynosił od 75% do 80%, został rozwinięty o opis w języku polskim. Załączone streszczenie o objętości 25 stron (zastosowano nieco mniejszą od standardowo przyjętej czcionkę, co osobom o wadach wzroku może utrudniać czytanie), zawiera, oprócz literatury obejmującej 41 pozycji cytowanych tam źródeł, następujące części (kolejno): Wprowadzenie, Koncepcja i cele rozprawy, Obszar badań i źródła danych, Metody badawcze, Zarys treści artykułów i Podsumowanie. Pod względem zarówno merytorycznym, edytorskim, jak i językowym część ta przygotowana jest profesjonalnie i trudno zamieścić do niej uwagi krytyczne – stwierdzono tu jedynie sporadycznie występujące drobne błędy stylistyczne (używanie czasu teraźniejszego, zamiast przeszłego (przykładowo, w pierwszym akapicie omówienia artykułu nr 1 w części „Zarys treści artykułów” (str. 16 części streszczenia w języku polskim, także str. 18), czy używanie liczby mnogiej zamiast przyjętej w języku naukowym liczby pojedynczej (str. 17 streszczenia w języku polskim), czy użycie na stronie 18 niniejszego streszczenia, sformułowania „...celem trzeciego badania...”, oraz na str. 20. streszczenia sformułowania, iż „celem czwartego badania jest..”

CEL PRACY

Głównym celem rozprawy było ustalenie (w ujęciu probabilistycznym) siły związków i ich zróżnicowania w czasie i przestrzeni między zmiennymi hydrologicznymi, meteorologicznymi oraz ekonomicznymi w zlewni górnej Nysy Kłodzkiej.

Rozpoznanie i ustalenie tych relacji miało znaczenie nie tylko z czysto poznawczego punktu widzenia ale także dla możliwości dalszego wykorzystania wyników tych badań w gospodarce wodnej, której jednym z podstawowych zadań (wymienianych we wszystkich jej definicjach) jest ochrona przed wodą w okresach jej nadmiaru.

Przebieg i realizacja celu pracy z rozbiciem na cele szczegółowe został podany w postaci przejrzystego schematu w polskojęzycznym streszczeniu rozprawy (ryc. 1. Schemat postępowania badawczego). Warto zwrócić też uwagę, iż analizowane w rozprawie dane obejmowały okres 40-50 lat (do 2019-2021 roku), co czyni otrzymane wyniki miarodajnymi lecz jednocześnie rodzi dodatkowe pytanie, przedstawione w końcowej części recenzji.

METODY

Jako probabilistykę określa się dział matematyki zajmujący się badaniem prawidłowości występujących w zdarzeniach losowych. Przestrzeń probabilistyczna, to struktura umożliwiająca opis procesu którego wynik jest losowy, poprzez określenie przestrzeni zdarzeń elementarnych i określenie na jej podzbiorach funkcji prawdopodobieństwa spełniającej odpowiednie aksjomaty. Kopula to dystrybuanta wielowymiarowego rozkładu prawdopodobieństwa, a jej pojęcie (ang. copula) pierwszy raz pojawiło się w pracy Sklara (1959). Wykazał on, że dla każdej pary zmiennych losowych X_1, X_2 określonych na tej samej przestrzeni probabilistycznej, o dystrybuantach F_1 i F_2 , istnieje funkcja łącznikowa.

Funkcję kopuli definiuje się jako funkcję łącznego rozkładu zmiennych. Są one narzędziami do modelowania i próbkowania danych wielowymiarowych, które są ze sobą nieliniowo powiązane. Miary zależności i zgodności oparte na kopulach (m.in. tau Kendalla, rho Spearmana, sigma Schweizera i Wolffa oraz gamma Giniego) znalazły zastosowanie między innymi przy konstrukcji narzędzi do zarządzania ryzykiem w finansach i ubezpieczeniach. Od około 20 lat kopule są stosowane są do rozwiązywania problemów i poznawania zależności w środowisku przyrodniczym i coraz częściej wykorzystywane w analizach danych hydrometeorologicznych. Nie ograniczają ich założenia, które często są istotnym mankamentem tradycyjnych metod, takie jak np. wymaganie, aby porównywane ciągi danych charakteryzowały się tzw. rozkładem normalnym.

Przyjęta przed doktoranta metodyka została wcześniej zweryfikowana m.in. analizami przeprowadzonymi na wybrzeżu Bałtyku (Perz, Plewa, 2019 - gdzie autorzy podparli wyniki synchroniczności tradycyjną metodą badania związków między danymi opisującymi środowisko przyrodnicze, czyli analizą współczynników korelacji), a także poza obszarem Polski w północnym Pakistanie (Sobkowiak i in., 2020)

OCENA MERYTORYCZNA CYKLU PUBLIKACJI I WYNIKÓW BADAŃ

Pierwszy z artykułów *Probabilistic Approach to Precipitation-Runoff Relation in a Mountain Catchment: A Case Study of the Kłodzka Valley in Poland* zawiera wyczerpującą charakterystykę analizowanego obszaru oraz prowadzonych tam badań hydrologicznych. W analizie wykorzystano dane IMGW-PIB z 11 posterunków. Dobór odpowiedniej rodziny kopuł pozwolił na wygenerowanie krzywych prawdopodobieństwa i określenie stopnia synchroniczności analizowanych parametrów, czyli wielkości udziału odpływów ze zlewni cząstkowych w całości odpływu o różnym prawdopodobieństwie wystąpienia. To bardzo ważny aspekt poznawczy tej pracy. Jako najbardziej aktywną hydrologicznie wskazano wschodnią część analizowanej zlewni co wynika zarówno z większej wysokości położenia, spadku terenu i wyższych sum opadu ale również ekspozycji stoków oraz budowy geologicznej. Ten akurat wniosek, nie stanowi w mojej opinii nic odkrywczego, gdyż informacje o wyższym odpływie z tej części kotliny znajdują się w pracach na poziomie podręczników akademickich (Michalczyk, 2017).

Kolejny artykuł, *Co-occurrence probability of water balance elements in a mountain catchment on the example of the upper Nysa Kłodzka River* stanowi kontynuację oraz rozwinięcie i uszczegółowienie problematyki podjętej w pierwszym z artykułów – w dalszym ciągu analizowane są relacje między opadem i odpływem, zróżnicowanie przestrzenne opadów oraz relacje pomiędzy odpływami z poszczególnych zlewni cząstkowych. W tym przypadku, synchroniczność parametrów badano w czterech różnych grupach. Warto zwrócić też uwagę, iż przy interpolacji opadu zastosowano algorytm oparty na metodach uczenia maszynowego (ang. machine learning, pojęcie używane od 1959 roku - metody służące do „karmienia” maszyn danymi, aby na podstawie tych danych oraz własnych błędów poznały reguły rozwiązujące dany problem, <https://tinyurl.com/5d664h8k>), jakie używane są dla interpolacji opadu od kilku lat. Obliczenie opadu obszarowego możliwe było nawet dla zlewni Bystrzycy pozbawionej posterunków opadowych, a najbardziej synchroniczne z uśrednionym opadem dla całej zlewni Nysy Kłodzkiej okazały się opady na posterunku Międzylesie.

Trzecia praca wchodząca w skład cyklu, *Copula-based geohazard assessment – case of flood-prone area in Poland* to kolejne studium uwarunkowań środowiskowych wezbrań i zagrożenia powodziowego w zlewni Nysy Kłodzkiej. W publikacji przytoczono wiele źródeł wskazujących, że ze względu na zmiany klimatyczne, ekstremalne zjawiska hydrologiczne w Europie w najbliższej przyszłości będą częstsze i niekorzystne. Jednocześnie, dokonano szczegółowego przeglądu literatury dotyczącego badań uwarunkowań zagrożenia powodzią tego terenu za ostatnie kilkanaście lat. Zwrócono uwagę, iż ekstremalne powodzie mogą

prowadzić do rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń z oczyszczalni ścieków, zakładów utylizacji odpadów, czy innych miejsc wcześniej skażonych lub czasowo zwiększać stężenie ładunku zawiesiny, co prowadzi do redukcji populacji organizmów żywych.

Zagrożenie powodziowe powiązано nie tylko z zasięgiem obszaru zalewowego i głębokością wody, ale także z czasem trwania i objętością fali powodzi.

W tym przypadku, celem badań było rozpoznanie relacji skumulowanych sum opadów deszczu w dniach poprzedzających kulminację wezbrań letnich z wielkością przepływu kulminacyjnego i objętością fali wezbrania. Zastosowanie kopuli i badania synchroniczności po raz kolejny potwierdziło wysokie znaczenie odpływu ze zlewni cząstkowej Białej Łądeckiej dla przebiegu wezbrań Nysy Kłodzkiej w Kłodzku. Sformułowano także cały szereg innych, wartościowych wniosków istotnych z punktu widzenia szczegółowego rozpoznania przestrzennego zróżnicowania kształtowania się fal wezbraniowych w analizowanej zlewni.

Ostatnia z prac niniejszego cyklu, *Flood-Triggering Rainfall and Potential Losses – The Copula-Based Approach on the Example of the Upper Nysa Kłodzka River* ma nieco inny charakter, łączy bowiem elementy geografii fizycznej i społeczno-ekonomicznej. Analizie poddano synchroniczność potencjalnych strat powodziowych w Kłodzku i skumulowanych sum opadów które wystąpiły w dniach bezpośrednio poprzedzających wezbranie wywołujące te straty. W celu określenia strat oszacowano zasięg stref zalewu, ich głębokość oraz wykorzystano szereg wskaźników wiążących wielkość tych strat z rodzajem antropopresji na zalanym obszarze.

Przyjęto, iż straty i szkody powstają po przekroczeniu poziomu SWW. Stwierdzono m.in. iż to opad wcześniejszy, a nie z ostatniej doby przed kulminacją decyduje o wielkości strat oraz że ze względu na rozmiar powodzi w 1997 roku, przepływ i stan wody dla powodzi prawdopodobnych w Kłodzku są przeszacowywane. W tym miejscu prosiłbym o komentarz, czy w obszarze Kotliny Kłodzkiej na przestrzeni badanego okresu faktycznie widoczny jest, często wspomniany w cytowanych źródłach, scenariusz częstszego obecnie notowania zdarzeń powodziowych, niż miało to miejsce dawniej, oraz jakie konkretnie przyczyny takiego stanu rzeczy można by wskazać.

We wstępie, rzetelnie przedstawiono informacje na temat powodzi, ryzyka zagrożenia powodzią, jego zróżnicowania i zmian. Wkradła się tam jednak nieścisłość, gdyż stwierdzono, iż powódzie są reakcją na zwiększone zasilanie rzeki w wyniku opadów atmosferycznych oraz topnienia śniegu i lodu.

Jako autor, od ponad 25 lat zajmujący się wezbraniem zatorowymi muszę wskazać na zupełnie inny rodzaj działania lodu jako przyczyny wezbrania rzeczno, a także na fakt, iż takiemu

wezbraniu nie musi towarzyszyć zwiększenie zasilania rzeki wodą. Przykładem tego jest ostatnie wezbranie zatorowe w górnej części zbiornika wrocławskiego w lutym 2021 roku, w czasie którego, stan alarmowy przekroczony o półtora metra utrzymywał się długo przy przepływie nie stanowiącym nawet 130% wartości średniego rocznego (Pawłowski, 2022).

Ponadto, od kilku dekad wyróżniane są także tzw. powodzie błyskawiczne (fast floods, urban floods) podczas których, do pokrycia wodą terenu (który zwykle wodą pokryty nie jest) i strat powodziowych dojść może nawet bez udziału cieków wodnych. W tym miejscu proszę o komentarz dotyczący przyczyn zarówno powodzi zatorowych i błyskawicznych oraz możliwości pojawiania się takich zdarzeń w obszarze Kotliny Kłodzkiej.

KONKLUZJA

Pomimo zamieszczonych w recenzji nielicznych i drobnych uwag krytycznych lub o charakterze dyskusyjnym, stwierdzam, że dysertacja mgr Adama Edmunda Perza pt. „Kopule w badaniach relacji zmiennych hydro-meteorologicznych oraz zagrożenia i ryzyka powodziowego w zlewni górnej Nysy Kłodzkiej” jest cennym i bardzo spójnym opracowaniem naukowym. Tworzący ją zbiór artykułów ukazuje zainteresowania badawcze i zasób wiedzy autora oraz dowodzi opanowania przez niego umiejętności zarówno samodzielnego prowadzenia badań naukowych i wykorzystywania ich wyników, jak też rozwiązywania złożonych problemów naukowych. Na szczególną uwagę w przypadku prac naukowych autorstwa magistra Adama Perza zasługuje jego umiejętność posługiwania się całym wachlarzem nowoczesnych narzędzi badawczych. Jest on z pewnością jednym z największych specjalistów aplikujących metodę kopuli w dziedzinie nauk geograficznych w Polsce. Wyniki jego badań mają także duże znaczenie praktyczne – dotyczą obszaru o szczególnie wysokim zagrożeniu powodzią i w bardzo szczegółowy sposób przedstawiają relacje pomiędzy elementami środowiska, które to zagrożenie powodują. Ponadto aplikacja metody kopuli wnosi wiele nowych wartości merytorycznych, istotnych dla omawianego tu tematu badań.

Stwierdzam, że recenzowana praca spełnia warunki wymagane ustawą z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U.2018 poz. 1668 ze zm.) i wnioskuję o jej dopuszczenie do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Dr hab. Bogusław Pawłowski, prof. UMK

B. Pawłowski

Załącznik 1. Wykaz źródeł przywołanych w recenzji

Michalczyk W., 2017. Odpływ rzeczny w Polsce, [w:] Jokieli, P., Marszelewski W., Pociask-Karteczka J. (red.), HYDROLOGIA POLSKI, PWN Warszawa, 153-160.

Pawłowski B., 2022. Zator na Wiśle w rejonie Płocka w lutym 2021 roku, Gospodarka wodna 5, 4-8.

Perz, A.; Plewa, K. Synchronous Occurrence of Mean Water Levels of Coastal Lakes and the Baltic Sea. *Bad. Fizjogr. Ser. A–Geogr. Fiz.* 2019, A70, 65–82. (In Polish) [Google Scholar]

Perz, A., Plewa, K. (2019). SYNCHRONICZNOŚĆ WYSTĘPOWANIA ŚREDNICH ROCZNYCH STANÓW WODY JEZIOR PRZYBRZEŻNYCH I MORZA BAŁTYCKIEGO. *Badania Fizjograficzne. Seria A - Geografia Fizyczna*, 10(70), 85-102.
<https://doi.org/10.14746/bfg.2019.10.5>

Sklar A., 1959. Fonction de répartition à n dimensions et leurs marges. *Publ. Inst. Stat. Univ. Paris* 1959, 8, 229–231.

Sobkowiak L., Perz A., Wrzesiński D., Faiz M. A., 2020. Estimation of the River Flow Synchronicity in the Upper Indus River Basin Using Copula Functions, *Sustainability*, MDPI, vol. 12(12), pages 1-18, June.

<https://tinyurl.com/5d664h8k>