

dr hab. Edmund Tomaszewski, prof. UŁ
Uniwersytet Łódzki
Wydział Nauk Geograficznych
Instytut Klimatologii i Hydrologii
Zakład Hydrologii i Gospodarki Wodnej

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. Adama Edmunda Perza pt. „Kopule w badaniach relacji zmiennych hydro-meteorologicznych oraz zagrożenia i ryzyka powodziowego w zlewni górnej Nysy Kłodzkiej”, wykonanej pod kierunkiem dr. hab. Dariusza Wrześcińskiego, prof. UAM oraz prof. dr. hab. Waldemara Budnera

Recenzja została sporządzona w związku z powołaniem w dniu 20 czerwca 2023 r. przez Radę naukową dyscypliny nauki o Ziemi i środowisku Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu na recenzenta rozprawy oraz zleceniem wykonania recenzji przez prof. dr. hab. Grzegorza Rachlewicza, przewodniczącego Rady naukowej dyscypliny nauki o Ziemi i środowisku UAM.

Charakterystyka formalna rozprawy

Recenzowana rozprawa doktorska składa się z czterech opublikowanych artykułów naukowych, streszczenia rozprawy oraz oświadczeń autorów o ich wkładzie w powstawanie publikacji naukowych. Materiały te zostały przekazane do recenzji w formie jednolitego tomu w wersji papierowej i elektronicznej.

Artykuły wchodzące w skład rozprawy doktorskiej zostały opublikowane w języku angielskim, w recenzowanych czasopismach naukowych o zasięgu międzynarodowym, posiadających Impact Factor od 2,93 do 5,437 (w sumie IF=14,79). Zgodnie z klasyfikacją przedstawioną na liście MEiN, artykuły te uzyskały w sumie 370 pkt.:

1. Perz, A., Sobkowiak, L., Wrzesiński, D., 2021. Probabilistic Approach to Precipitation-Run-off Relation in a Mountain Catchment: A Case Study of the Kłodzka Valley in Poland. *Water* 13, 1229. (IF: 3.530, lista MEiN: 100 pkt, deklarowany udział doktoranta: 75%)
2. 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 Geophys* 70, 1301–1315. (IF: 2.293, lista MEiN: 70 pkt, deklarowany udział doktoranta: 75%)
3. Perz, A., Wrzesiński, D., Sobkowiak, L., Stodolak, R., 2022b. Copula-based geohazard assessment – case of flood-prone area in Poland. *J Hydrology Regional Stud* 44, 101214. (IF: 5.437, lista MEiN: 100 pkt, deklarowany udział doktoranta: 80%)
4. Perz, A., Wrzesiński, D., Budner, W.W., Sobkowiak, L., 2023. Flood-Triggering Rainfall and Potential Losses—The Copula-Based Approach on the Example of the Upper Nysa Kłodzka River. *Water* 15, 1958. (IF: 3.530, lista MEiN: 100 pkt, deklarowany udział doktoranta: 80%).

We wszystkich publikacjach mgr Adam Perz był pierwszym autorem z zadeklarowanym udziałem w przedziale 75-80%. Był również w każdym przypadku autorem korespondencyjnym. Wkład merytoryczny doktoranta zostanie oceniony w dalszej części recenzji. Oświadczenia złożone przez pozostałych autorów nie budzą wątpliwości.

Dołączone streszczenie rozprawy zawiera wszystkie niezbędne elementy: koncepcję i cele badań, materiały i metody badawcze oraz najistotniejsze osiągnięcia naukowe udokumentowane w przedłożonych publikacjach. Tekst jest syntetyczny, na odpowiednim poziomie szczegółowości i nie powiela detalicznie wybranych treści z artykułów.

Problematyka badawcza, zakres i cele rozprawy

Badania nad identyfikacją cech reżimu rzecznego, adoptujące coraz to nowe procedury statystyczne i algorytmy numeryczne mają w poznańskim ośrodku hydrologicznym bardzo długą tradycję. Podejścia o charakterze poznawczym jak i aplikacyjnym zmieniały się wraz z rozwojem wiedzy i potrzebami wodnogospodarczymi, jednak doświadczenia przekazywane

kolejnym pokoleniom już od czasów, kiedy zespołami badawczymi kierowali prof. M. Żurawski, czy prof. A. Kaniecki do dziś owocują interesującymi opracowaniami. W nurt ten bardzo dobrze wpisuje się problematyka pracy doktorskiej mgr. Adama Perza. Podstawą metodyczną rozprawy jest zastosowanie kopul, umożliwiających analizy porównawcze ciągów zmiennych o różnych rozkładach statystycznych. W pewnym uproszczeniu, do wektora zmiennej dopasowuje się rozkład statystyczny, po czym dla dwóch porównywanych zmiennych konstruuje się rozkład łączny w oparciu o najlepiej dopasowane kopule, w tym przypadku jednoparametryczne, dwuwymiarowe kopule archimedesowe. W dalszym etapie, na podstawie dwóch apriorycznie przyjętych wartości progowych prawdopodobieństwa (62,5%, 37,5%), konstruowana jest 9-polowa macierz służąca ocenie stopnia synchroniczności między zmiennymi, która staje się estymatorem podobieństwa (relacji). Do zalet tego podejścia zaliczyć należy możliwość względnie jednorodnej oceny porównawczej wartości empirycznych oraz prawdopodobnych w szeregach przepływów rzecznych i opadów atmosferycznych oraz ocenę stopnia synchroniczności, będącej estymatorem podobieństwa w przebiegu procesów hydrologicznych. Kopule, które stanowią podstawę metodyczną wszystkich czterech zgłoszonych artykułów, zostały w nich opisane w sposób jasny i wyczerpujący wraz z odpowiednim przeglądem literatury. Pozostałe miary pochodne i inne procedury badawcze, służące weryfikacji szczegółowych hipotez, stawianych w poszczególnych opracowaniach również były jednoznacznie i prawidłowo definiowane oraz interpretowane, co jest bardzo pozytywną cechą recenzowanej rozprawy.

Zakres przestrzenny opracowania obejmuje zlewnię górnej Nysy Kłodzkiej po wodowskaz w Kłodzku. Podstawowy materiał hydrometryczny stanowiły wieloletnie serie pomiarowe dobowych przepływów i opadów z kilkunastu posterunków w tej zlewni, udostępnione przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej PIB. Ponadto, Doktorant korzystał z cyfrowych materiałów kartograficznych, poczynawszy od cyfrowego modelu terenu, a na szczegółowych mapach tematycznych skończywszy.

W toku rozprawy Autor postawił główny cel badawczy polegający na *ustaleniu w ujęciu probabilistycznym siły związków i ich zróżnicowania w czasie i przestrzeni między zmiennymi*

hydrologicznymi, meteorologicznymi oraz ekonomicznymi w zlewni górnej Nysy Kłodzkiej. Do jego osiągnięcia zdefiniował cztery zadania badawcze:

- 1. Ustalenie relacji opadów atmosferycznych i odpływu rzeczno-odpornego oraz rozpoznanie ich przestrzennego zróżnicowania.*
- 2. Ustalenie i zastosowanie obszarowych sum opadów atmosferycznych w badaniu relacji typu opad-odpływ.*
- 3. Identyfikacja letnich fal wezbraniowych i wezbraniogennych opadów atmosferycznych oraz określenie przestrzennego zróżnicowania siły związku opadów poprzedzających wezbranie z parametrami fal wezbraniowych: przepływem kulminacyjnym i objętością fali wezbraniowej.*
- 4. Określenie siły relacji opadów atmosferycznych poprzedzających kulminacje fal powodziowych z wysokością potencjalnych strat powodziowych w Kłodzku.*

Przedstawione zadania badawcze realizowane były chronologicznie w kolejnych artykułach. Warto podkreślić, że zakres kolejnych zadań wynikał częściowo z doświadczeń uzyskanych z analiz wcześniejszych etapów, a kolejne artykuły rozszerzały lub ukierunkowywały badania w relacji do poprzednich. W mojej ocenie układ zadań badawczych posiada logiczny ciąg, główny cel rozprawy został zrealizowany i udokumentowany, a temat rozprawy odpowiada jej treści.

Ocena wyników

W początkowym etapie badań rozpoznane zostały zjawiska przestrzennego rozkładu opadów i odpływu o określonym prawdopodobieństwie w analizowanej zlewni (artykuł 1). Badanie podobieństwa opadu i odpływu przeprowadzono w oparciu o analizę synchroniczności dla zlewni cząstkowych oraz w zlewni całkowitej. Na uwagę zasługuje tu poprawna interpretacja środowiskowa tempa i przestrzennego zróżnicowania obserwowanych zjawisk i procesów. W podsumowaniu wskazano wschodnią część zlewni (Masyw Śnieżnika), jako tę bardziej dynamiczną z punktu widzenia obiegu wody w relacji opad-odpływ. W kolejnym opracowaniu rozszerzony został istotnie zakres podmiotowy i merytoryczny w analizach synchroniczności (artykuł 2). W efekcie dokonano oceny podobieństwa zmian opadów atmosferycznych

na poszczególnych posterunkach oraz odpływów ze zlewni cząstkowych względem analogicznych charakterystyk, uśrednionych dla całego obszaru badań. Pozwoliło to na bardzo ciekawą waloryzację stopnia reprezentatywności dynamiki zjawisk hydrometeorologicznych, obserwowanych na posterunkach pomiarowych. Ponadto zbadano synchroniczność średnich obszarowych wartości opadu i odpływu. Wyniki tych badań w mojej ocenie są bardzo ciekawe, gdyż dają podstawy do szacowania wybranych składowych cyklu hydrologicznego w zlewniach niekontrolowanych w ujęciu symulacyjnym.

Kolejne prace zostały ukierunkowane podmiotowo na ekstremalne zjawiska hydrologiczne, jakimi są wezbrania i powodzie rzeczne. Warto podkreślić, iż Doktorant bardzo umiejętnie operuje tu pojęciami wezbrania i powodzi oraz zagrożenia i ryzyka powodziowego, co skutkuje jasną i jednoznaczną interpretacją uzyskanych wyników badań. W opracowaniu dotyczącym kształtu i dynamiki fal wezbraniowych (artykuł 3), w oparciu o analizę synchroniczności wykazano m.in w jakim tempie mogą się przemieszczać fale wezbraniowe w różnych częściach zlewni oraz jaki horyzont czasowy kumulacji opadów takie fale generuje. Ponadto wykazano wpływ rozwoju dolin i przyrostu dorzecza na relacje między parametrami fal wezbraniowych w zakresie ich przepływu kulminacyjnego i objętości. W ostatnim opracowaniu zastosowano kopule do oceny strat powodziowych w Kłodzku, wywoływanych przez opady zidentyfikowane jako generujące wezbrania powodziowe (artykuł 4). Bardzo pracowitą częścią opracowania było zidentyfikowanie terenów zalewowych przy kolejnych stanach przekraczających wodę brzegową w Kłodzku oraz oszacowanie potencjalnych strat powodziowych, które odpowiadają określonym strefom zalewów. W oparciu o ocenę synchroniczności między opadami na wybranych posterunkach w zlewni i wielkością odpowiadających im strat w Kłodzku, przeprowadzono symulacje w przedziałach kumulacji opadu od 1 do 5 dni poprzedzających kulminację wezbrania. Wyniki wykazały jednak wysoką asynchroniczność tych zmiennych, malejącą nieco przy wydłużaniu czasu kumulacji opadu. W podsumowaniu słusznie stwierdzono, że precyzję modelu może poprawić uwzględnienie dodatkowych parametrów powodzi, jak np. czas trwania zalewu. W mojej opinii należałoby rozważyć uwzględnienie

parametru jakim jest przepływ, jako ilości wody generującej jej konkretny stan, co byłoby bardziej porównywalne z ilością wody opadowej oraz pozwoliło uniknąć wpływu indywidualnych parametrów przekrojów poprzecznych koryta rzeczno, obciążających istotnie zmienność stanów wody (zmiany krzywej natężenia przepływu).

Wyniki przedstawione w rozprawie posiadają dużą wartość metodyczną, poznawczą i aplikacyjną. Zastosowana metodyka może być w zasadzie aplikowana w innych zlewniach o odmiennym reżimie hydrologicznym. Przeprowadzone analizy wskazały na wiele nowych cech obiegu wody i reżimu rzeczno w zlewniach Kotliny Łódzkiej. Przedstawione wyniki posiadają także walor aplikacyjny, gdyż w przyszłości mogą wzbogacić strategie i systemy gospodarki wodnej o możliwość symulacji oraz przenoszenia informacji hydrologicznej przy różnym prawdopodobieństwie realizacji zjawisk i procesów hydrologicznych. Warto również podkreślić, że w przedstawionych artykułach wszystkie tezy, definicje i opinie interpretacyjne były szczegółowo dokumentowane i wyjaśniane, co bardzo ułatwiało odbiór i prowadzenie potencjalnej dyskusji.

Uwagi krytyczne

Streszczenie rozprawy zostało napisane w sposób właściwy i nie zawiera poważniejszych potknięć. Mam jednak kilka pomniejszych uwag. Na ryc. 1 przedstawiony został schemat postępowania badawczego. Jest w nim etap przygotowawczy, etap analizy, brakuje jednak etapu wnioskowania, co przy obecnym standardzie prezentacji prac naukowych jest chyba niezbędne. W syntetycznym zestawieniu zawartości artykułów (ryc. 2), w artykule 1 występują roczne opady, a w artykule 2 – roczne sumy opadów; na czym polegają różnice? Podobna uwaga dotyczy również odpływów. W prezentowanym streszczeniu przydałby się wykaz skrótów, gdyż autor przypisuje tym samym oznaczeniom inne zmienne w kolejnych etapach pracy. Np. opad oznaczany jest standardowo jako „P”, ale odpływ już nie jako „H”, tylko jako R (zakładam, że runoff), ale w dalszej części „R” znów oznacza opad (rainfall). To oczywiście nie jest błąd i może wynikać ze specyfiki kolejnych artykułów, ale taki przewodnik dla czytających bar-

dzo by się przydał. Chciałbym również zwrócić uwagę, że zdanie pojawiające się w początkowej części streszczenia: „Rozprawa ze względu na problematykę badawczą i zastosowane podejście metodyczne ma walory interdyscyplinarnej i oryginalnej pracy naukowej o istotnym potencjale aplikacyjnym w gospodarce wodnej obszaru badań” (s. 6), powinno pojawić się dopiero pod koniec, po odpowiednim udokumentowaniu.

W przedstawionych artykułach używane jest określenie zlewni *bardziej aktywnej hydrologicznie (greater hydrological activity)*, gdzie owa aktywność definiowana jest jako *udział opadów w kształtowaniu się odpływu ze zlewni, wyrażony wartością synchroniczności opadów z odpływem z całego obszaru*. Moim zdaniem bardziej pasowałoby tu określenie „o większej dynamice obiegu wody / odnawiania zasobów”, gdyż aktywność hydrologiczna mierzona jest bardzo dużą grupą zmiennych, a w rozprawie analizowanych jest tylko kilka z nich.

Zróżnicowanie synchroniczności opadów i odpływu (artykuł 1, s.11) wyjaśniane jest m.in. różnicami w budowie geologicznej. Nie zwrócono jednak uwagi na warunki hydrogeologiczne, a w szczególności na strefy intensywnego zasilania podziemnego rzek występujące w zachodnich zlewniach badanego obszaru (zlewnia Bystrzycy Dusznickiej). Występowanie zasobnych zbiorników wód podziemnych w utworach kredowych charakteryzuje reżim powolnego szczyptywania i odnawiania zasobów, który jest zupełnie odmienny w tempie i cykliczności w porównaniu ze zlewniami o mniejszych zasobach wód podziemnych, w których zasilanie opadowe ma znacznie większe znaczenie w bezpośrednim oraz krótkotranzytowym zasilaniu rzek i potoków. W dalszej części akapitu Autor słusznie wskazuje potencjalne uwarunkowania przestrzennego zróżnicowania stopnia tej synchroniczności. Warto byłoby jednak ułożyć je w ciąg przyczynowo-skutkowy, który lepiej zobrazowałby mechanizm analizowanego zjawiska: suma opadów – elewacja – spadki cieków – tempo zasilania – czas reakcji na opad – warunki hydrogeologiczne strefy aktywnej wymiany – odległość od wodowskazu.

W streszczeniu na ryc. 4A oraz w niektórych artykułach pojawia się mapa, na której zaprezentowano m. in. procentowy udział opadów na danym posterunku w średnim opadzie dla całej zlewni. Odpowiednim barwom odpowiadają przedziały zmienności. Brakuje jednak

przedziału 80-90% oraz 100-110%, a jednocześnie skrajne przedziały są półotwarte. Utrudnia to znacznie interpretacje wyników.

Mam również zastrzeżenia w związku z ekstrapolowaniem parametrów zjawisk ekstremalnych w przestrzeni (artykuł 3, Fig. 7 i 9). Zjawiska te bowiem z natury nieciągłe i bardzo często uzależnione od epizodycznych czynników lokalnych. O ile transformacja parametrów fal wezbraniowych i ich pochodnych wzdłuż analizowanych koryt rzecznych jest zasadna, o tyle ekstrapolacja wyników na inne części zlewni wydaje się nieuprawniona.

Nie zgadzam się z tezą postawioną przez Doktoranta, że stany i przepływy dla powodzi prawdopodobnych w Kłodzku są przeszacowane z powodu uwzględnienia danych z tzw. „powodzi tysiąclecia” z 1997 r. (streszczenie s. 20, artykuł 4 s. 12). Należy zauważyć, że określenie „tysiąclecie” bierze się z faktu, iż przepływy na wybranych wodowskazach dorzecza Odry i górnej Wisły przekroczyły w 1997 r. rzędne o prawdopodobieństwie 0,1%. Zważywszy, że do estymacji rozkładów bierze się maksima roczne, to w uproszczeniu „medialnym” zaczęto mówić o wodzie tysiącletniej, co ze statystycznego punktu widzenia nie ma żadnego uzasadnienia, a jedynie przybliża nieco skalę zjawiska osobom nie posiadającym wiedzy hydrologiczno-statystycznej. Teraz już wiadomo, że tej rangi powódź „tysiącletnia” może pojawić się nawet za tydzień lub za miesiąc. Trzydzieści lat później powódź o podobnej skali nawiedziła dorzecze Wisły, gdzie na wielu wodowskazach, choć nie na wszystkich, przekroczone zostały absolutne maksima przepływu. Straty i szkody powodziowe były mniejsze, ponieważ system ochrony przeciwpowodziowej został znacznie udoskonalony, m.in. w oparciu o bolesne doświadczenia z 1997. Uważam, że wszelkie obserwacje stanów ekstremalnych są niezwykle cenne, zwłaszcza jeśli mają podłoże instrumentalne i należy je uwzględniać we wszystkich analizach. Zupełnie inną kwestią jest, na jaki poziom potencjalnych strat powodziowych godzimy się w danej zlewni planując systemy wodnogospodarcze, a tu mamy do dyspozycji całą skalę prawdopodobieństwa, zarówno w szeregu wartości teoretycznych, jak i empirycznych.

W artykułach dotyczących fal wezbraniowych i powodziowych (artykuł 3 i 4) dość wyraźnie manifestuje się wzrost synchroniczności parametrów fal wraz z wydłużaniem czasu kumulacji opadu wstecz. Jest to m.in. oczywistą konsekwencją przyjętych, progowych kryteriów

identyfikacyjnych dla wezbrań; generalnie analizie podlegają wezbrania duże. Chciałbym poprosić o ustosunkowanie się Doktoranta podczas obrony do następującej kwestii: czy można określić, na ile (w jakim stopniu) uzyskane wyniki synchroniczności uwzględniające parametry fal wezbraniowych i powodziowych są uzależnione od kryteriów ich identyfikacji?

Wniosek końcowy

Przedstawiona rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Zawiera wiele nowych treści i rozwiązań pod względem metodycznym, interpretacyjnym i aplikacyjnym. Pan mgr Adam Perz wykazał się szeroką wiedzą w zakresie dyscypliny nauki o Ziemi i środowisku oraz opanował warsztat badawczy pozwalający na prowadzenie samodzielnych badań naukowych. Pracę tę, mimo uwag krytycznych, oceniam bardzo wysoko i stwierdzam, że **spełnia ona wymogi stawiane pracom doktorskim** zgodnie z artykułami 186 i 187 Ustawy z dn. 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1668 z późn. zm.). W związku z tym wnioskuję do Rady dyscypliny nauki o Ziemi i środowisku Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu o dopuszczenie mgr. Adama Perza do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora.

