

SN. 410.2.2024

dr hab. Artur Magnuszewski, prof. ucz.
Zakład Hydrologii
Wydział Geografii i Studiów Regionalnych
Uniwersytet Warszawski

SEKRETARIAT NAUKOWY INSTYTUT GEOFIZYKI PAN	
WPIYNEŁO	
Data: 12.09.2024r.	
Nr cz.	Zat.
Ref.	

Recenzja rozprawy doktorskiej

Tesfaye B. Senbeta

***„The role of human footprint in shaping drought dynamics
Hydrological modelling approachese”***

Ocena doboru tematu i celu pracy

Zmiany klimatyczne są jednym z największych wyzwań jakie stoją przed współczesną cywilizacją. Ocieplenie klimatu wpłynie nie tylko na warunki termiczne ale także przez oddziaływanie na opad i parowanie na zasoby wodne. Do tego obrazu dochodzi oddziaływanie człowieka, które zmienia warunki formowania się odpływu, a także prowadzi do nadmiernej eksploatacji zasobów wodnych.

Zjawisko suszy, które w wielu regionach świata nabiera wymiaru katastrofalnego, staje się jednym z ważniejszych obszarów badawczych współczesnej hydrologii. Powstaje pytanie jak badać to zjawisko? Klasykne metody opisu niżówek opierały się na analizie długich szeregów czasowych odpływu rzecznoego. Analizowano głębokość niżówek, ich czas trwania, powtarzalność. Doktorant Tesfaye B. Senbeta podjął się określenia i modelowania jaką rolę w oddziaływaniu na procesy hydrologiczne i dynamikę suszy odgrywają przekształcenia w zlewni związane z działalnością człowieka. W celu znalezienia odpowiedzi na to pytanie sformułowane zostały następujące zadania badawcze:

- poszerzenie aktualnej wiedzy na temat modelowania bilansu z wykorzystaniem modelu opartego na równaniu Budyki (Budyko-based model - BB) w warunkach nieustalonych poprzez wprowadzenie nowego parametru opadu efektywnego;

- ilościowe określenie roli czynników klimatycznych i ludzkich w zmianie odpływu oraz identyfikacja działań człowieka przyczyniających się do tej zmiany poprzez analizę zmian pokrycia terenu;
- ocena wykorzystania różnych modeli hydrologicznych opad-odpływ do ilościowego określenia wpływu działalności człowieka na rozwój suszy hydrologicznej;
- analiza wpływu działalności człowieka na dynamikę i rozprzestrzenianie się suszy, ze szczególnym uwzględnieniem roli Jeziora Sulejowskiego.

Biorąc pod uwagę aktualność problemu modyfikacji procesu obiegu wody w środowisku w wyniku działalności człowieka, uważam temat oraz cel pracy za wartościowe naukowo i przydatne w praktyce. Są to problemy warte podjęcia badań w formie rozprawy doktorskiej.

Ocena użytych metod i uzyskanych wyników

Rozprawa składa się ze spójnego cyklu czterech powiązanych ze sobą tematycznie publikacji. Artykuły te to:

- 1) Senbeta TB, Karamuz E, Kochanek K, Napiórkowski JJ, Romanowicz RJ. 2023. Budyko-based approach for modelling water balance dynamics considering environmental change drivers in the Vistula River basin, Poland. *Hydrological Sciences Journal* 68 (5): 655–669 DOI: 10.1080/02626667.2023.2187297
- 2) Senbeta TB, Romanowicz RJ. 2021. The role of climate change and human interventions in affecting watershed runoff responses. *Hydrological Processes* 35 (12): e14448 DOI: 10.1002/hyp.14448
- 3) Senbeta TB, Kochanek K, Karamuz E, Napiorkowski JJ. 2024. Modelling human impacts on surface and subsurface hydrological drought. *Proc. IAHS* 385: 155-162 DOI: 10.5194/piahs-385-155-2024

4) Senbeta, TB, Napiorkowski, JJ, Karamuz E, Kochanek K, Woyessa YE. 2024. Impacts of water regulation through a reservoir on drought dynamics and propagation in the Pilica River watershed. *Journal of Hydrology: Regional Studies* 53: 101812 DOI: 10.1016/J.EJRH.2024.101812

Miejsca publikacji to renomowane czasopisma: *Hydrological Sciences Journal* [Taylor & Francis Publisher], *Hydrological Processes* [Wiley], *Proceedings of IAHS* [Copernicus Publications], w *Journal of Hydrology: Regional Studies* [Elsevier]. Na uwagę zwraca bardzo wysoki autorski udział doktoranta, układający się na poziomie 80-90 %.

Publikacja Nr . 1 dotyczy modelowania bilansu wodnego według równania BB (ang. *Budyko based model*) w warunkach nieustalonych z modyfikacją zakładającą otwarty bilans wodny. W równaniu bilansu wodnego Budyki przyjęto założenie o istnieniu jednoznacznie zdefiniowanego układu zlewni rzecznej, zasilanego wyłącznie opadem atmosferycznym. Okazuje się jednak, że w równaniu istotną rolę pełni retencja zlewni w postaci wód podziemnych, które utrzymują przepływ bazowy. Pojawi się także problem rozbieżności między działem wód podziemnych i powierzchniowych, w wielu zlewniach dochodzi także do przerzutów wody w wyniku działalności człowieka. Dlatego w pracy wprowadzono element efektywnego opadu i oceniono jego zastosowanie na przykładzie dziewięciu zlewni: na Wiśle profile Jagodniki, Sandomierz, Warszawa Tczew oraz dopływy San, Wieprz, Narew, Drwęca, Pilica. Dane z zasobów Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej pochodziły z lat 1951–2019. Wprowadzenie elementu efektywnego opadu (faktycznie dostępnej wody po stronie zasilania, uwzględniającego przepływy poziome) znacząco poprawiło działanie modelu BB w analizowanych zlewniach. Zgodnie z metodyką Budyki równanie bilansu uzupełniono wielkością parowania obliczoną jako funkcja indeksu parowania (Ψ) i indeksu suchości index (ϕ). Przyjęto trzy różne modele obliczania indeksu parowania (Ψ).

Wynik badań wskazuje na duże znaczenie poziomych strumieni wody w bilansie zlewni. Okazało się, że dopływy Wisły wykazywały większe cechy niestabilności bilansu wodnego niż główna rzeka.

W podsumowaniu pracy pojawia się stwierdzenie, że od początku lat 80. zaszły zmiany w bilansie wodnym w profilu Jagodniki na Wiśle i na Pilicy zaznaczające się spadkiem przepływu i wzrostem parowania. Ta prawidłowość nie została wyjaśniona, recenzent chętnie usłyszałby wyjaśnienie Doktoranta co było przyczyną takiej zmiany.

Publikacja Nr 2. Została poświęcona sprawdzeniu na przykładzie zlewni Kamiennej jak zmienia się reakcja zlewni na opad w wyniku działalności człowieka i zmian klimatu. Jako metodę badań wybrano modelowanie hydrologiczne za pomocą modelu SWAT i metodę wskaźnika

elastyczności. Do identyfikacji przestrzennych i czasowych zmian działalności człowieka na badanym obszarze wykorzystano dane o pokryciu terenu z lat: 1982, 1990, 2006, 2018. Dane pochodziły z bazy danych CORINE, a dla roku 1982 z United States Geological Survey (USGS). Wyznaczenie punktu gwałtownej zmiany odpływu w szeregu czasowym wykonano za pomocą testu Pettitta, który wskazał jako okres początku obniżonych wartości rok 1982. Ciąg wartości przepływu podzielono na dwa podzbiory, okres referencyjny 1971–1982 i okres objęty zmianami zakłócającymi 1983–2018. Dalsza analiza i wyniki symulacji za pomocą modelu hydrologicznego i metody indeksowej wykazały spadek odpływu w latach 1983-2018 o 41,3 mm (- 25%). Jest to przesłanką do uznania, że wpływ człowieka na odpływ rzeki Kamiennej mieści się w zakresie od 60% do 64%. Doktorant uznał za przyczyną jest wzrost powierzchni sztucznych, leśnych i zbiorników wodnych oraz spadek obszarów rolniczych w zlewni. Ciekawi mnie czy zmiany w gospodarce wodnej po roku 1982 r., a zwłaszcza po transformacji ekonomicznej w 1989 r. znalazły swoje odzwierciedlenie w bilansie wodnym zlewni.

Publikacja Nr. 3 poświęcona została określeniu przydatności modelowania hydrologicznego w procesie oceny oddziaływania człowieka na rozwój suszy hydrologicznej. W badaniach wykorzystano dwa modele hydrologiczne, model HBV (konceptualny o parametrach skupionych) i model SWAT (oparty na równaniach procesów fizycznych, o parametrach rozłożonych). W celu analizy suszy wód podziemnych i suszy hydrologicznej analizowano odpływ bazowy i odpływ całkowity. Przedmiotem badań jest zlewnia Kamiennej zamknięta przekrojem Czekarzewice, dane o przepływie z lat 1971–1976 oraz 1977–1982 wykorzystano do kalibracji modeli i walidacji, a dane z okresu 1971–2018, wykorzystano do obliczeń w modelowaniu hydrologicznym. Okresy suszy wyznaczono za pomocą Streamflow Drought Index (SDI) oraz Standardized Baseflow Index (SBFI).

Wnioski płynące z przeprowadzonych badań wskazują, że udowodnienie wpływu człowieka na przepływy niskie za pomocą modelowania hydrologicznego daje rozbieżne wyniki, zależnie od zastosowanego modelu. Doktorant nie zapomniał także o znaczeniu dużego sztucznego zbiornika wodnego Wióry, który doprowadził do wzrostu wskaźnika baseflow index (BFI) i zwiększył udział retencji w zlewni.

Publikacja Nr. 4. dotyczy zjawiska propagacji suszy w zlewni Pilicy, oraz oddziaływania Jeziora Sulejowskiego na odpływ, z zastosowaniem modelu SWAT jako narzędzia analizy. Do opisu intensywności zjawiska suszy wykorzystano Standardized Precipitation Index (SPI), Standardized Soil Moisture Index (SSMI) oraz Standardized Runoff Index (SRI).

W pracy pojawia się informacja o poborze wody ze zbiornika Jezioro Sulejowskie dla zaopatrzenia miasta Łodzi. Takie było przeznaczenie zbiornika ale ze względu na jakość wody

(zakwity sinic) ujęcie wody powierzchniowej zostało zamknięte. Chciałbym przedyskutować ten fakt z Doktorantem i zapytać czy zaniechanie poboru wody dla wodociągów łódzkich może mieć wpływ na wyniki przeprowadzonych analiz.

Zaskakujące jest też stwierdzenie, że zbiornik wpłynął na zwiększenie oddziaływania suszy (czas trwania i głębokość niżówki). Podaję cytat: „Overall, the results indicate a slight worsening of hydrological drought during the post-dam period. A further analysis dividing the post-reservoir period into two periods (1973–2004 and 2005–2019) shows a difference with a mean of +12.8% (duration) and 9.0% (severity) for the first and +1.3% (duration) and 5.5% (severity) for the second period.”

To zagadnienie chciałbym przedyskutować z Doktorantem, aby dowiedzieć się jaka jest tego przyczyna. Zaniechany pobór wody dla wodociągów z tak dużego zbiornika jak Jezioro Sulejowskie może nie być wystarczającym wytłumaczeniem.

Konkluzja

Podsumowując moje uwagi chciałbym stwierdzić, że Doktorant Tesfaye B. Senbeta wykazał się umiejętnością formułowania tezy badawczej i rozwiązania problemu metodami naukowymi. Dowiódł znajomości literatury i opanowania metod z zakresu hydrologii i modelowania matematycznego.

Uważam, że przedłożona mi praca spełnia wszystkie wymogi stawiane przez Ustawę „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” z dnia 20 lipca 2018 r. z późniejszymi zmianami, określone w art. 187 Ustawy (Dz.U.2018; poz. 1668). Wnioskuje o dopuszczenie Tesfaye B. Senbeta do publicznej obrony pracy. Ze względu na jakość opublikowanych prac i ich praktyczną użyteczność, wnioskuje o wyróżnienie pracy.

Warszawa 30 VIII 2024

