

Dr hab. inż. Andrzej Wałęga, prof. UR
Katedra Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej
Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
30-059 Kraków, Al. Mickiewicza 24/28
Tel. (012) 662-40-29, e-mail: andrzej.walega@urk.edu.pl

Wpłynęło
Prof. dr hab. inż.
A. Amielak

Kraków 23.11.2020 r.

ZARZĄD O PROWADZENIE
PRAC
DZIEKAN

Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki
Politechniki Krakowskiej

dr hab. inż. Stanisław M. Rybicki, prof. PK

ADMINISTRACJA
Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki

Wpłynęło dnia..... 23.11.2020

Nr..... 1576 szt.....

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Katarzyny Baran-Gurgul

pt.:

„Niżówki maksymalne w prawobrzeżnej części zlewni Górnej Wisły”

1. Podstawa opracowania recenzji

Recenzję opracowano na podstawie zlecenia Dziekana Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Krakowskiej im. Tadeusza Kościuszki, dra hab. inż. Stanisława M. Rybickiego, prof. PK z dnia 16 października 2020 roku (pismo Ś0-520-1357/20.SMR). Podstawę formalno-prawną opracowania recenzji rozprawy doktorskiej mgr inż. Katarzyny Baran-Gurgul na temat: „Niżówki maksymalne w prawobrzeżnej części zlewni Górnej Wisły” stanowi Uchwała Rady Naukowej Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Krakowskiej im. Tadeusza Kościuszki z dnia 30 września 2020 roku.

2. Ogólna charakterystyka i ocena formalna rozprawy doktorskiej

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska została napisana w Katedrze Inżynierii i Gospodarki Wodnej przez mgr inż. Katarzynę Baran-Gurgul pod opieką naukową promotora Prof. dr hab. Stanisława Węglarczyka.

Praca liczy łącznie 267 stron wraz z załącznikami i podzielona jest na 6 rozdziałów głównych wraz z podrozdziałami. Do egzemplarza pracy dołączono załączniki w postaci tabel i rycin. Praca zawiera 37 tabel (plus 23 tabele w załączniku) oraz 142 ryciny (plus 8 zawartych w załącznikach), obszerny spis wykorzystanej literatury zawierający wykaz 221 publikacji naukowych, książek, raportów, i aktów prawnych. Z pośród wspomnianych 221 pozycji literatury, 110 stanowią opracowania w języku polskim, a pozostałe obcojęzyczne, głównie w języku angielskim. Opracowanie przez Doktorantki tak ogromnej ilości źródeł informacji wymagało dużego nakładu pracy. Zatem dobór literatury i jej opracowanie oceniam bardzo pozytywnie. Do pracy dołączono streszczenie w języku polskim i angielskim.

Na początku pracy znajduje się zestawienie podstawowych oznaczeń i skrótów, co uważam za bardzo pozytywny element dysertacji, gdyż znacznie ułatwia czytelnikowi poruszanie się po całej pracy. Praca nie ma typowego układu dla dysertacji naukowych, lecz każdy z prezentowanych rozdziałów zawiera na wstępie rozpoznanie aktualnego stanu wiedzy w temacie niżówek i susz oraz metod ich analizy. Uważam, że przedstawiony układ pracy jest czytelny a praca ma logiczny układ. Pierwszy z rozdziałów zatytułowany „Wprowadzenie”, zawiera informacje wprowadzające w tematykę związaną z charakterystyką zasobów wodnych Polski. W sposób bardzo szczegółowy opisano w nim klimatyczno-glebowe uwarunkowania formowania się niżówek i susz, zwłaszcza na obszarze Górnej Wisły, czyli badanego obszaru. W rozdziale tym zdefiniowano pojęcie suszy atmosferycznej, rolniczej, hydrologicznej i społeczno-ekonomicznej. Opisano także kryteria definiowania niżówek poprzez bardzo przejrzysty i klarowny opis metod wyznaczania przepływu granicznego niżówki i jej parametrów jak: czas trwania T , początek t_p i koniec t_k niżówki i jej objętość V a także głębokość D . Bardzo szczegółowo opisano i porównano sposób wyznaczenia niżówek wg metody POT (Peak Over Threshold), MA (Moving Average) i SPA (Sequent Peak Algorithm). Zdefiniowano także niżówkę maksymalną rozumianą, jako: 1) niżówkę o najdłuższym w roku czasie trwania T_{max} oraz 2) niżówkę o największej w roku objętości V_{max} . Tak zdefiniowana niżówka maksymalna była podstawą dalszych analiz opisanych w niniejszej pracy. Przeprowadzone rozpoznanie tematyki powstawania i formowania się niżówek pozwoliło na uzasadnienie tematyki pracy związanej z badaniami nad przestrzenną zmiennością charakterystyk niżówki maksymalnej oraz ryzyka jej wystąpienia w prawobrzeżnej części zlewni Górnej Wisły. W końcowym fragmencie tego rozdziału sformułowano cel badawczy i przedstawiono zakres pracy. Sformułowano także 6 pytań badawczych, na które Autorka starała się udzielić odpowiedzi w trakcie prowadzonych badań. W rozdziale 2 scharakteryzowano obszar badań obejmujący prawobrzeżną część zlewni Górnej Wisły oraz dokonano szczegółowej charakterystyki danych źródłowych stanowiących szeregi czasowych przepływów średnich dobowych dla 78 przekroi wodowskazowych z wielolecia 1984-2013. Dane te pozyskano z zasobów Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej Państwowego Instytutu Badawczego. Rozdział ten został zakończony krótką informacją na temat zbiorników retencyjnych zlokalizowanych na badanym obszarze. Rozdział 3 opisuje wyniki badań tzw. niżówek surowych rozumianych jako nieprzerwany okres czasu w przepływie poniżej Q_g (metoda POT) lub okres czasu trwający od momentu przejścia przepływu poniżej Q_g do momentu, gdy suma przepływów powyżej Q_g zrówna się z taką sumą niedoborów przepływu (metoda SPA). Przeanalizowano wartości czasów trwania i objętości niżówek wyznaczonych metodą POT i SPA dla przepływów granicznych $Q_{70\%}$, $Q_{80\%}$ i $Q_{90\%}$ na tle wysokości rzędnej zera wodowskazu,

występowaniu lat z niżówkami i nienieżówkowymi, obliczono i przeanalizowano w ujęciu przestrzennym liczbę niżówek, średni czas trwania i objętość w analizowanym okresie oraz związek czasu trwania niżówki i objętość za pomocą współczynnika korelacji. Ważnym uzupełnieniem analizy w tym rozdziale jest analiza zmienności parametrów niżówki na długości rzek poddanych presji związanej z obecnością zbiorników retencyjnych oraz sezonowości liczby dni niżówkowych oraz początku i końca niżówki. W rozdziale 4 „Niżówki maksymalne roczne na badanym obszarze” dokonano podobnej analizy jak w rozdziale 3, ale skupiono się na analizie niżówek maksymalnych w roku. Za kluczowy uznaję rozdział gdzie dokonano analizy stacjonarności czasów trwania i objętości niżówek maksymalnych z wykorzystaniem testu Manna-Kendalla, przeanalizowano rozkłady prawdopodobieństwa okresu powtarzalności czasu trwania i objętości 10- i 50- letniej niżówki maksymalnej także w ujęciu przestrzennym. Również dokonano próby zastosowanie funkcji kopuła (ang. copula) w celu zbudowania łącznego rozkładu prawdopodobieństwa czasu trwania i objętości niżówki maksymalnej. Wszystkie te analizy zostały zaprezentowane przestrzennie na tle badanych zlewni i regionów fizyczno-geograficznych. W rozdziale 6 zatytułowanym „Podsumowanie i wnioski końcowe, sugestie przyszłych badań” Doktorantka w sposób syntetyczny przedstawiła zakres wykonanych prac oraz wnioski z przeprowadzonych badań. Rozdział ten kończy szereg propozycji dalszych badań nad analizą niżówek SPA w podziale na półrocza letnie i zimowe, określeniu warunkowego, łącznego okresu powtarzalności czasu trwania i objętości niżówki oraz rozszerzeniu badań na obszar całej Polski. Pracę kończy wykaz literatury wykorzystanej w pracy oraz załączniki. Zgodnie z wymogami art. 13 ust. 6 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, rozprawa została opatrzona streszczeniem w języku angielskim.

Praca zawiera wszystkie wymagane elementy rozprawy doktorskiej, ma charakter naukowo-badawczy, a także aplikacyjny.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

3.1. Ocena istotności tematyki oraz celów, materiałów i metod

Ekstremalne zjawiska meteorologiczne i hydrologiczne, do których można zaliczyć powodzie i susze są występującą od zawsze cechą klimatu Polski. Z punktu widzenia działalności gospodarczej, a precyzyjniej możliwości pokrycia potrzeb wodnych użytkowników i konsumentów wody szczególnego znaczenia nabiera zjawisko suszy, zwłaszcza hydrologicznej, w czasie której może pojawić się ryzyko ograniczenia gwarancji pokrycia wspomnianych potrzeb. Negatywne konsekwencje występowania susz

hydrologicznych dotyczą zarówno utrudnień w zaopatrzeniu w wodę, jak i szeroko rozumianej przyrody, dla której woda jest czynnikiem kształtującym siedlisko, a jej niedobór prowadzi do jej degradacji. W czasie suszy następuje długotrwałe obniżenie się stanów wód powierzchniowych, powodując tym samym obniżenie poziomu zwierciadła wód gruntowych. Zagrożenia związane z występowaniem susz hydrologicznych dotyczą również koryta rzeki, gdzie w trakcie trwania przepływów niżówkowych pogarszają się warunki życia organizmów wodnych. W ostatnich latach częstość występowania suszy na obszarze Polski wyraźnie się nasila. W latach 2010 – 2019 susze miały miejsce dwukrotnie częściej niż w ubiegłych dekadach. Biorąc pod uwagę zmiany klimatu musimy się liczyć z częstszym występowaniem suszy meteorologicznej, hydrologicznej i rolniczej. Podając za Projektem Planu Przeciwdziałania Skutkom Suszy, w czasie suszy hydrologicznej średni odpływ jednostkowy z obszaru Polski stanowi 35,2% średniego rocznego odpływu jednostkowego. W skrajnych przypadkach wartości odpływu jednostkowego w czasie suszy hydrologicznej nie przekraczają 1% średniego rocznego odpływu jednostkowego. Taka sytuacja nie zapewnia gwarancji pokrycia potrzeb wody dla człowieka i środowiska.

Przeciwdziałanie skutkom suszy zarówno w Polsce, jak i w Europie stanowi coraz poważniejszy problem. Znajduje to swoje odzwierciedlenie w licznych uregulowaniach prawnych m.in. w zakresie gospodarowania zasobami wodnymi oraz zarządzania kryzysowego. Jednak zanim zostaną podjęte działania związane z ograniczeniem ryzyka występowania suszy, należy prawidłowo rozpoznać skalę zagrożenia. Jednym z aspektów takiego rozpoznania jest prawidłowe zdefiniowanie zjawiska suszy i przyjęcie kryteriów, na podstawie których będą prowadzone analizy tego zjawiska. Ponadto zarządzający gospodarką wodną w Polsce oczekują od specjalistów zajmujących się hydrologią podania wskaźników liczbowych, które mogą być wykorzystane do analizy i prognozy rozwoju zjawiska suszy. Ze względu na mnogość różnych wskaźników opisujących susze, które są opisane w wielu publikacjach np. *World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP), 2016: Handbook of Drought Indicators and Indices* (M. Svoboda and B.A. Fuchs). *Integrated Drought Management Programme (IDMP), Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series 2. Geneva* lub *Mishra A.K., Singh V.P. 2010 A review of drought concepts. J of Hydrology 391, 202-216*, ważnym jest wybór takich, które będą z wystarczającą dokładnością charakteryzować dany typ suszy, a także będą stosunkowo proste w zastosowaniu i interpretacji. W przypadku suszy hydrologicznej takim wskaźnikiem jest niżówka opisana wieloma parametrami za pomocą modelu probabilistycznego.

W tym kontekście uważam za słuszne podjęcie przez Doktorantkę badań nad charakterystyką niżówek, jako wskaźnika suszy hydrologicznej oraz opracowanie modelu

probabilistycznego do analizy ryzyka związanego z zagrożeniem tym zjawiskiem. Doktorantka postawiła następujący cel pracy, którym jest: „....uzyskanie kompleksowej informacji na temat niżówki maksymalnej rocznej w prawobrzeżnej części zlewni Górnej Wisły, a w szczególności określenie przestrzennej zmienności badanych charakterystyk tej niżówki oraz ryzyka wystąpienia na badanym obszarze niżówki maksymalnej o czasie trwania i objętości przekraczającej zadaną wartość.” Uważam, że cel pracy został poprawnie sformułowany. Autorka postawiła szereg pytań badawczych, na które szukano odpowiedzi w trakcie realizowanych badań. Generalnie pytania dotyczą zmienności parametrów niżówek w czasie i przestrzeni dla różnych wartości przepływu granicznego, stacjonarności parametrów niżówek maksymalnych i ich rozkładu probabilistycznego uwzględniając zmienność przestrzenną tego zjawiska oraz możliwości wydzielenia homogenicznych obszarów o podobnym zagrożeniu niżówką maksymalną. Uważam, że postawione pytania badawcze są właściwe i wynikają z rozeznania przez Doktorantkę aktualnego stanu wiedzy dotyczącego zjawiska suszy hydrologicznej i samych niżówek. Badania przeprowadzone na prawostronnych dopływach zlewni Górnej Wisły bazując na danych dotyczących średnich przepływów dobowych z 78 przekroi wodowskazowych z wielolecia 1984-2013. Rozmieszczenie przekroi wodowskazowych wykorzystanych w analizie uznaję za prawidłowe, gdyż zamykają zlewnie zlokalizowane w różnych regionach fizyczno-geograficznych i klimatycznych, które charakteryzują się zróżnicowaną topografią, przepuszczalnością podłoża, geologią i warunkami klimatycznymi. Dodatkowo w analizie uwzględniono także oddziaływanie zbiorników retencyjnych na kształtowanie się niżówek. To nasuwa się pewna wątpliwość co do uwzględnienia w analizie przekroi wodowskazowych będących poniżej zbiorników. Wiadomo bowiem, że reżim hydrologiczny w tych przekrojach będzie uzależniony od prowadzonej gospodarki wodnej na zbiorniku. Zatem wykorzystanie tych przekroi w analizie może zaburzać ogólne prawidłowości, jakie zachodzą w całym badanym obszarze związane z kształtowaniem się niżówek. W dalszej części rozprawy Doktorantka wyjaśnia powody uwzględnienia niektórych przekroi poniżej zbiorników argumentując to tym, że w okresach po oddaniu zbiorników trendy parametrów niżówek nie są statystycznie istotne a także, że można przyjąć z dużym prawdopodobieństwem, że większość zlewni „naturalnych” i tak jest pod wpływem presji człowieka. Przyjmuję te argumenty, gdyż rzeczywiście jest już bardzo mało zlewni, które nie byłyby pod wpływem większej lub mniejszej presji człowieka, a w przypadku analizy przepływów niskich szczególnie widoczny jest wpływ człowieka. Do analiz wybrano niżówki określone metodą POT i SPA dla trzech różnych przepływów granicznych: $Q_{70\%}$, $Q_{80\%}$ i $Q_{90\%}$. Przepływy te wybrano na podstawie przeanalizowanej zarówno literatury krajowej jak i światowej. Autorka słusznie do analiz wybrała niżówki zdefiniowane w najprostszy możliwy sposób cyt „....jako

nieprzerwany okres czasu w przepływie poniżej Q_g (metoda POT) lub okres czasu trwający od momentu przejścia przepływu poniżej Q_g do momentu, gdy suma przepływów powyżej Q_g zrówna się z taką sumą niedoborów przepływu (metoda SPA).” Takie podejście pozwoliło na uniknięcie komplikacji przy formułowaniu dodatkowych warunków wyboru niżówek, a konkretnie łączeniu kilku niżówek w jedną. W rozdziale 2 „Obszar badań oraz dane źródłowe” dokonano wstępnej charakterystyki hydrologicznej badanych zlewni obliczając jednostkowe przepływy prawdopodobne oraz średnie z wielolecia średnie i minimalne miesięczne przepływy jednostkowe. Wykazano, że najczęściej największy przepływ SS_{qm} w poszczególnych przekrojach wodowskazowych na badanym obszarze występuje w kwietniu, a najmniejszy – w październiku, Średnie przepływy jednostkowe SS_q wahają się na badanym obszarze od $5 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{km}^2$ do $50 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{km}^2$ a charakterystyka ta wykazuje zmienność na badanym obszarze i wraz ze wzrostem wzniesienia zera wodowskazu nad poziomem morza. W rozdziale 3 scharakteryzowano niżówki występujące na badanym obszarze argumentując na przykładach przyjętą definicję niżówki podaną powyżej. Na podkreślenie zasługują bardzo czytelne uzasadnienie wyboru definicji niżówki podparte konkretnymi przykładami, co umożliwia czytelnikowi zrozumienie powodów takiego postępowania ale i pokazuje dużą wiedzę Doktorantki oraz umiejętność wyciągania wniosków na podstawie analizy zgromadzonych danych. W trakcie analizy opisanej w tym rozdziale wykazano, że charakterystyki niżówki takie jak średni czas trwania czy objętość układają się coraz niżej wraz ze zmniejszaniem się Q_g , oraz średnia liczba niżówek obliczona metodą POT jest większa niż uzyskana z metody SPA co jest spowodowane odmiennym sposobem określania czasu końca niżówki. Te prawidłowości wpływają na późniejsze wyniki analiz. Obliczono także średnią liczbę lat z niżówkami i beznieżówkowymi w zależności od zastosowanej metody wyznaczania niżówek, a także na tle zmian wysokości zera wodowskazu. Wykazano ponadto, że średni czas trwania niżówki wyznaczonej metodą POT praktycznie nie zależy od wartości przepływu granicznego; w przypadku niżówek SPA widać wyraźnie zmniejszanie się tych wartości ze zmniejszaniem się Q_g . Na podstawie obliczonego współczynnika korelacji wykazano, że zarówno czasy trwania niżówek jak i objętości wyznaczone metodą POT i SPA są ze sobą istotnie statystycznie skorelowane. Ciekawym zagadnieniem poruszonym w niniejszej rozprawie jest analiza zmienności charakterystyk niżówek wzdłuż rzeki. Badanie przeprowadzono na bazie średnich rocznych charakterystyk czasu trwania i objętości niżówek we wszystkich przekrojach wodowskazowych na czterech dopływach Górnej Wisły: Skawie, Dunajcu, Wistoce i Sanie. Analiza wykazała, że zbiorniki retencyjne zmniejszają czas trwania i objętości niżówek na Dunajcu między przekrojami Nowy Sącz i Czchów oraz na Sanie między Zatwarnicą a Dynowem. Za pomocą testu Welcha wykazano, że kaskada Czorsztyn-Niedzica-Sromowce Wyżne istotnie wpływa

na obniżenie czasu trwania i objętości niżówek w przekroju Krościenko (pierwszy analizowany przekrój poniżej kaskady zbiorników). Ponadto wykazano, że niezależnie od sposobu definiowania niżówki, najmniej dni niżówkowych zaobserwowano w kwietniu a najwięcej pod koniec lata i jesienią. Najwięcej dni niżówkowych zanotowano na najwyższym położonym wodowskazie Łysa Polana na Białce. Biorąc pod uwagę sezonowość występowania niżówek to Doktorantka wykazała, że na większości badanego obszaru dominują niżówki rozpoczynające się zwykle na przełomie wiosny i lata, a kończące się w lecie. Analiza niżówek maksymalnych rocznych była przedmiotem rozważań w rozdziale 4 i 5. W rozdziale 4 dokonano analizy lokalizacji czasowej niżówek maksymalnych określonych metodą POT i SPA dla trzech wartości przepływów granicznych, obliczono średnie czasy trwania i objętości niżówki maksymalnej. W zależności od wartości przepływu granicznego, Doktorantka obliczyła, że niżówka maksymalna trwała średnio na badanym obszarze w wieloleciu: od 31,9 do 71,0 doby dla metody SPA w zależności od przepływu granicznego i że czasy te były o ponad 30% dłuższe niż dla niżówek POT. Objętości niżówki SPA wyniosły od 1,5 do 8,1 doby dla metody SPA w zależności od przepływu granicznego i były one ponad 23% większe niż dla niżówek POT. Analiza przestrzenna wykazała, że najdłuższe i o największej objętości niżówki maksymalne występowały na obszarze Tatr i Podhala oraz na Podkarpaciu. Doktorantka dokonała także analizy sezonowości początku i końca występowania niżówki maksymalnej. Analiza wykazała, że na większości badanego obszaru niżówki maksymalne zaczynają się w hydrologicznym półroczu letnim, a w zlewni Dunajca, przede wszystkim w Tatrach i na Podhalu – w półroczu zimowym i kończą się często hydrologiczną zimą. Analiza korelacji wykazała, że czas trwania oraz objętość niżówki maksymalnej rocznej są ze sobą wysoko skorelowane, przy czym wyższa korelacja była dla niżówek SPA. Za kluczowy uważam rozdział 5 gdzie dokładnie opisano probabilistyczne właściwości charakterystyk niżówek maksymalnych – czasu trwania i objętości. W tym celu w pierwszym etapie dokonano analizy stacjonarności szeregów czasowych wspomnianych charakterystyk za pomocą testu Manna-Kendalla na trend. Analiza wykazała, że w przeważającej liczbie przypadków nie było, na poziomie istotności 5%, podstaw do odrzucenia hipotezy o braku trendu szeregów czasowych charakterystyk niżówek. Istotnie statystycznie trendy malejące czasów trwania i objętości niżówek stwierdzono na rzekach poniżej kaskad zbiorników na Ropie (przekrój Klęczany) oraz na Dunajcu (przekroje Krościenko, Gołkowice i Nowy Sącz). W przekrojach, gdzie zaobserwowano największą liczbę istotnych trendów szeregów czasowych niżówek maksymalnych, Autorka zestawiała w tab. 5-3 przypuszczalne powody braku stacjonarności, do których zaliczyła: wpływ zbiorników retencyjnych, zrzuty ścieków z oczyszczalni czy przeżuty wody. W przypadku przekroji na Dunajcu i Ropie przeprowadzono dodatkową analizę trend dla szeregu

czasowego niżówek z okresu po oddaniu kaskady zbiorników do eksploatacji. Powtórzona analiza stacjonarności szeregów charakterystyk niżówek wykazała we wszystkich analizowanych przypadkach brak podstaw do odrzucenia hipotezy o braku trendu czasu i trwania i objętości niżówek maksymalnych. Z dalszej analizy usunięto 4 przekroje wodowskazowe: Czechowice-Bestwina na Białej, Czechowice-Dziedzice na Łownicy, Zapałów na Lubaczówce i Oświęcim na Sole. Ostatecznie probabilistyczne modele niżówek maksymalnych wykonano dla 74 przekroi wodowskazowych. Analiza została przeprowadzona w dwóch wariantach: 1) dobierano optymalny rozkład i estymowano jego parametry metodą momentów liniowych oddzielnie dla czasu trwania i objętości niżówek oraz 2) badano łączny rozkład prawdopodobieństwa czasu trwania i objętości niżówki maksymalnej zbudowanego na jednej z analizowanych kopul. W przypadku wariantu 1) jako optymalny dla całego obszaru badań wybrano rozkład Weibull i wykazano, że obszarami o najliczniejszych skupieniach największych zagrożeń niżówkami maksymalnymi POT i SPA o 10- i 50-letnim czasie trwania lub o 10- i 50-letniej objętości są Tatry i Podhale oraz Podkarpacie (dolny San i dolny Dunajec). W przypadku wariantu 2) za najlepszy łączny rozkład prawdopodobieństwa czasu trwania i objętości niżówki maksymalnej uznano rozkład zbudowany z użyciem kopuli Gumbela-Hougaard z rozkładami brzegowymi Weibulla.

Przeprowadzone analizy wykazały, że najwięcej przekrojów, w których prawdopodobieństwo pojawienia się niżówki 10- i 50 letniej jest najniższe, występuje przede wszystkim w zlewniach: Małej Wisły, Wisłoki, Skawy, środkowego i dolnego Sanu. Najkrótsze średnie regionalne okresy powtarzalności niżówek występują w zlewni Raby oraz w bieszczadzkiej części zlewni Sanu (w przypadku pozostałych niżówek). Wykazano przy tym istotny wpływ zbiorników retencyjnych na prawdopodobieństwo wystąpienia niżówki. Uważam, że zastosowanie łącznego rozkładu prawdopodobieństwa czasu trwania i objętości niżówki maksymalnej jest celowe w sytuacji, gdy obie zmienne: czas trwania i objętości są skorelowane oraz, co jak zauważa Autorka na str. 188, daje wynik bardziej precyzyjny w stosunku do modelu opartego na rozdzielnych rozkładach każdej zmiennej. Ostatni, 6 rozdział stanowi podsumowanie pracy, najważniejsze wnioski oraz sugestie przyszłych badań. Rozdział ten podzielono na najważniejsze wnioski wynikające z analizy niżówek surowych, maksymalnych rocznych, stacjonarności szeregów czasowych charakterystyk niżówek maksymalnych, rozkładu przestrzennego czasu trwania i objętości niżówki 10-i 50-letniej oraz rozkładu przestrzennego częstości występowania niżówki określonej za pomocą łącznego rozkładu prawdopodobieństwa. W moim odczuciu wnioski odpowiadają na cel postawiony w pracy oraz na postawione pytania badawcze. Przedstawienie także sugestii przyszłych badań dowodzi, że Doktorantka widzi jeszcze obszary, które można rozwijać w trakcie badań nad tym tematem, co świadczy o Jej bardzo dobrym przygotowaniu

merytorycznym do prowadzenia badań w tym temacie, umiejętności krytycznej analizy, oraz określeniu celów i planów dalszych badań, co może tylko owocować w przyszłości bardzo dobrymi publikacjami i świadczy o dużym potencjale naukowym Doktorantki.

Biorąc powyższe pod uwagę uważam, że podjęta przez Autorkę pracy tematyka dotycząca analizy czasoprzestrzennego kształtowania się niżówek maksymalnych jest bardzo aktualna i potrzebna zarówno z naukowego, jaki i praktycznego punktu widzenia. Cel pracy i pytania badawcze są jasno sformułowane. Metody przyjęte w pracy są prawidłowe, uzyskane wyniki są dobrze udokumentowane. Podczas studiowania pracy nasuwają się pewne uwagi natury dyskusyjnej, które zamieszczono w punkcie 4 niniejszej recenzji.

3.2. Ocena wartości naukowej i aplikacyjnej pracy

Analizując przedstawione w rozprawie doktorskiej zagadnienia za oryginalne i najważniejsze osiągnięcia naukowe i aplikacyjne uznaję:

1. Wnikliwe przeanalizowanie rozkładu czasoprzestrzennego charakterystyk niżówek surowych i maksymalnych – czasu trwania, czasu początku i końca oraz objętości na obszarze prawostronnej części zlewni Górnej Wisły.
2. Zbadanie stacjonarności charakterystyk niżówek maksymalnych rocznych wraz z określeniem roli zbiorników retencyjnych w zmianie rozkładu tych parametrów wzdłuż rzeki.
3. Analiza probabilistyczna niżówki maksymalnej i określenie zagrożenia ryzykiem wystąpienia 10- i 50 letniej niżówki w podziale na zlewnie i regiony fizyczno-geograficzne.
4. Opracowanie modelu probabilistycznego opartego na łącznym prawdopodobieństwie czasu trwania i objętości niżówki maksymalnej za pomocą dwuwymiarowego rozkładu prawdopodobieństwa opartego na funkcji kopuła Gumbela-Hougaard z rozkładami brzegowymi Weibulla.
5. Określenie przestrzennej zmienności okresu powtarzalności występowania niżówki maksymalnej w podziale na zlewnie i regiony fizyczno-geograficzne..

4. Uwagi krytyczne

4.1. Uwagi ogólne

Podczas studiowania dysertacji dostrzeżono kilka nieścisłości, które z obowiązku recenzenta chciałbym przekazać Autorce:

1. Str. 13, Tytuł rozdziału 1.1 „Klimatyczno-glebowe uwarunkowania niskich przepływów” nie w pełni w moim przekonaniu odzwierciedla treść jaka jest w nim

- opisana. Zbyt mało jest informacji nt gleb i ich wpływu na rozwój niżówki. Być może tytuł „Przegląd badań nt zmienności czasowej i obszarowej niżówek i susz w Polsce” byłby bardziej adekwatny do treści.
2. Str. 66-67, rys. 3-7 i 3-9. Z przedstawionych rycin można zauważyć tendencję do zwiększania liczby lat beźniżówkowych wraz ze zmniejszaniem wzniesienia zera wodowskazu. W treści brakuje krótkiego uzasadnienia tego faktu. Czym Doktorantka może wyjaśnić ten fakt?
 3. Str. 75 w_d – 76 w 2^g – czym Doktorantka wyjaśni większą zmienność i niższe wartości współczynnika korelacji pomiędzy czasem trwania a objętością niżówki POT/SPA dla przepływu granicznego Q90% w stosunku do pozostałych przepływów granicznych?
 4. Str. 119 w 7-5_d Stwierdzenie: „...że zarówno niżówki, jak i niżówki maksymalne zazwyczaj w Tatrach i na Podhalu kończą się w kwietniu, a najrzadziej w marcu.” jest niespójne z informacjami podanymi na rys. 4-15, gdzie jest odwrotnie: najczęściej kończą się w marcu a najrzadziej w maju.
 5. Str. 135, w 6-7_d – w tym fragmencie jest mowa o przebiegu w wieloletnim czasie trwania niżówki maksymalnej POT-90% w przekroju Gołkowice i odniesienie do rys 5-2 (str. 136), przy czym w tytule wspomnianego rysunku jest podany przekrój Oświęcim na Sole.
 6. Str. 138, rys. 5-4. Z rysunku widać, że wiele niżówek ma objętość $V_{\max} = 0$ doby. Czy zatem można wtedy mówić o niżówce?
 7. Str. 141, tab. 5-3. Przedstawiono przypuszczalne powody niestacjonarności szeregów niżówek maksymalnych. Nasuwa się wątpliwość czy zrzut z oczyszczalni w Wapienicy (wynoszący średnio 0,057 m³/s wg pozwolenia wodnoprawnego z 2019 r.) oraz w Lubaczowie (wynoszący średnio 0,031 m³/s wg pozwolenia wodnoprawnego z 2005) jest na tyle duży, że może wpłynąć na charakterystyki niżówek w rzece? W przypadku rzeki Iłownicy wielkość średniego dobowego zrzutu z oczyszczalni w Wapienicy stanowi około 10% przepływu SNQ w przekroju Czechowice-Dziedzice a w przypadku oczyszczalni w Lubaczowie około 2,5% w stosunku do SNQ w przekroju Zapałów. Ponadto zaobserwowano rosnący trend czasów trwania i objętości niżówek w przekroju Czechowice Bestwina na Białej, co przypuszczalnie może być spowodowane zrzutem ścieków z oczyszczalni w Komorowicach. Wg pozwolenia wodnoprawnego z 2013 średni dobowy odpływ ścieków z tej oczyszczalni to 1,04 m³/s, co stanowi 81% przepływu SNQ w przekroju Czechowice Bestwina na Białej. Czy tak znaczny zrzut ścieków z oczyszczalni w Komorowicach nie powinien uzupełniać deficytów wody w Białej i stąd zmniejszać trend rosnący charakterystyk niżówek?

8. W rozdziale 5.3.4 dokonano charakterystyki rozkładu przestrzennego czasu trwania i objętości niżówki maksymalnej 10- i 50- letniej. W wielu miejscach Autorka stwierdza, że wraz z obniżaniem przepływu granicznego zagrożenie niżówką wzrasta, np. w zlewni Soły, Dunajca czy Sanu. Podobne spostrzeżenie dotyczy rozdziału 5.4.5, gdzie w niektórych zlewniach, np. w Sole rośnie zagrożenie niżówką wraz ze zmniejszaniem się przepływu granicznego. Jak Autorka tłumaczy te wyniki? Czy w przypadku obniżania przepływu granicznego nie identyfikujemy najbardziej „ekstremalnych niżówek”, które ze względu na poziom odcięcia będą miały krótsze czasy trwania i objętości niż dla pozostałych przepływów granicznych?
9. Generalnie, jeżeli chodzi o całą pracę to uważam, że część analityczna została wykonana bardzo profesjonalnie i rzetelnie przeprowadzono analizę wyników, jednak w pracy naukowej, a taką jest praca doktorska, powinna być dyskusja wyników, czego tutaj w kilku miejscach zabrakło. Stąd niektóre uwagi w tym punkcie recenzji dotyczą wyjaśnienia pewnych prawidłowości. Uważam, że za mało Doktorantka skupiła się na analizie przyczyn uzyskanych wyników. Ponadto po przeczytaniu Podsumowania i wniosków nasuwają się dwa pytania: Czy Doktorantka jest w stanie na podstawie własnych badań oraz rozpoznania literaturowego zasugerować najbardziej rekomendowaną wartość przepływu granicznego do analizy niżówek? Wiadomo, że ten parametr bardzo wyraźnie wpływa na dalsze wnioskowanie. Czy może należałoby rekomendować różne wartości Q_{gr} w zależności od celu prowadzenia analiz? Ponadto proszę by Doktorantka przedstawiła swoją opinię nt znaczenia uzyskanych wyników dla praktyki i zarządzania gospodarką wodną. W jaki sposób projektanci hydrologicy i administratorzy wodą mogą skorzystać z tych wyników?

4.2. Uwagi szczegółowe

W pracy zauważono kilka nieprawidłowości redakcyjnych, z których najważniejsze to:

Str. 22, w 8_d: brak pozycji van Lanen i in (2016) w spisie literatury

Str. 28, w 5_d: sugeruję: „... i ponad 200 niżówek wód ...”

Str. 30, w 7_d: brak pozycji Stachy i in. (1987) w spisie literatury

Str. 31, tab. 1-2, str. 36 w 6_d, str. 37 w 1_d: Jakubowski (2011) a czy b?

Str. 35, w 9^g: powinien być rys. 1-7

Str. 40 w 4^g: powinno być „... i $Q_{90\%}$, ...”

Str. 58, w 4_d: brak pozycji Tomaszewski (2014) w spisie literatury

Str. 73, w 4_d: powinien być rys. 3-19

Str. 75, brak numeracji wzoru

Str. 77, w 1^g: powinno być : „...rysunki 3-25 i 3-27 ...”

Str. 133, w 13^g i 3_d: jest Hameda i Rao (1997), natomiast w spisie literatury podano rok 1998.

Str. 135, w 15_d: powinien być rys. 5-3

Str. 168, w 6^g: powinien być rys. 5-22

Str. 177, w 9_d: powinno być wg (5-22)

Str. 178, w 4^g: powinno być : „... T_{\max}^w i V_{\max}^w polegała ...”

Str. 197, w 9_d: powinien być rys. 5-39

Bibliografia: brak w treści powołania się na pozycje: 3, 6, 28, 34, 45, 65, 88, 113, 122, 124, 125, 141, 142, 150, 152, 154, 198

Proszę, aby Autorka pracy w trakcie obrony nie ustosunkowywała się do uwag szczegółowych. Omówione niedociągnięcia, drobne potknięcia edycyjne oraz uwagi dyskusyjne nie umniejszają jednak merytorycznej wartości pracy, którą oceniam bardzo wysoko. Uwzględnienie przez Doktorantkę wymienionych w niniejszej recenzji uwag pozwoli na udoskonalenie warsztatu pisarskiego oraz pozwoli na uniknięcie różnych uchybień i niedociągnięć na etapie przygotowania publikacji, bądź referatów konferencyjnych.

Pomimo wymienionych uwag, uzyskane wyniki badań, ich opracowanie analityczne oraz wnioskowanie pozwalają na stwierdzenie, że Autorka zrealizowała postawiony w rozprawie cel naukowy, a użyta metodologia była właściwa i odpowiadała aktualnemu stanowi wiedzy naukowej i technicznej. Uzyskane w pracy rezultaty są bardzo ważne dla praktyki. Przedstawione w zakończeniu rozprawy wnioski dają odpowiedź na postawioną tezę badawczą oraz cel pracy. Oceniana praca posiada duże walory naukowe.

5. Ocena końcowa

Recenzowana rozprawa doktorska dotyczy analizy niżówek maksymalnych w ujęciu czasowym i przestrzennym w prawostronnej części dorzecza Górnej Wisły. Na podkreślenie zasługuje opracowanie modeli probabilistycznych niżówek maksymalnych i ocena ryzyka zagrożenia wystąpienia tej niżówki w podziale na zlewnie i regiony fizyczno-geograficzne. Jest ona oryginalnym opracowaniem i cechuje ją potencjalnie duży stopień przydatności dla

praktycznego wykorzystania. Mgr inż. Katarzyna Baran-Gurgul wykazała się odpowiednią wiedzą teoretyczną i praktyczną w dyscyplinie inżynieria środowiska oraz wysokimi umiejętnościami samodzielnego planowania oraz realizacji badań naukowych.

Biorąc pod uwagę walory naukowe, poznawcze oraz aplikacyjne recenzowanej rozprawy doktorskiej pt. „Niżówki maksymalne w prawobrzeżnej części zlewni Górnej Wisły” stwierdzam, że spełnia ona wszystkie wymagania określone w art. 13, ust. 1 stawiane rozprawom doktorskim zawarte w Ustawie z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach i tytułach naukowych oraz o stopniach i tytułach w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 r. poz. 1789), art. 179 Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. *Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz.U. poz. 1669) oraz wnoszę o dopuszczenie mgr inż. Katarzyny Baran-Gurgul do publicznej obrony przed Radą Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Krakowskiej im. Tadeusza Kościuszki.

Kraków, 23 listopada 2020 r.


.....
Dr hab. inż. Andrzej Wałęga, prof. UR

