

Rzeszów, 07.09.2023r.

prof. dr hab. inż. Barbara Tchórzewska-Cieślak  
Katedra Zaopatrzenia w Wodę i Odprowadzania Ścieków  
Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury  
Politechnika Rzeszowska  
al. Powstańców Warszawy 6  
35-959 Rzeszów

## RECENZJA

**Rozprawy doktorskiej mgr Jarosława Pacieja**  
**pt. „Wykorzystanie narzędzi informatycznych DSS do budowy elementów systemu**  
**bezpieczeństwa zdrowotnego wody”**

### **1. Przedmiot recenzji oraz podstawa formalna jej opracowania**

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr Jarosława Pacieja. Promotorem rozprawy doktorskiej jest prof. dr hab. inż. Izabela Zimoch.

Formalną podstawą przygotowania recenzji jest pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej Pana prof. dr hab. inż. Andrzeja Rusina z dnia 3.07.2023r. oraz umowa o dzieło nr UMC/2119/2023.

### **2. Charakterystyka rozprawy**

#### **2.1. Problem naukowy rozprawy, cel oraz uzasadnienie podjęcia tematu rozprawy**

Głównym celem ocenianej rozprawy doktorskiej było opracowanie wieloparametrowego modelu przestrzennej analizy ryzyka (WiMPAR), z wykorzystaniem narzędzi informatycznych do analizy baz danych oraz oprogramowania GIS. Celem opracowanego modelu było wytypowanie obszarów wrażliwych na utratę bezpieczeństwa dostawy wody do konsumentów. Realizację celu głównego wykonano w oparciu cztery zdefiniowane cele szczegółowe obejmujące wytypowanie zmiennych wejściowych do modelu, określenie warunków progowych, oraz weryfikację opracowanego modelu. Aplikację opracowanego algorytmu wykorzystano w analizie funkcjonowania systemu zbiorowego zaopatrzenia w wodę dla miasta Jaworzna.

Podjęty problem badawczy jest aktualny i wynika z konieczności zapewnienia konsumentom wody bezpiecznej do spożycia. Światowe trendy jak

i regulacje prawne w tym wytyczne WHO oraz nowelizacja Dyrektywy Wodnej, jasno wskazują na konieczność wdrażania procedur zapewniających jak najwyższą jakość usług wodociągowych, a priorytetem jest dostęp do bezpiecznej wody przeznaczonej do spożycia. Miarą utraty bezpieczeństwa systemów technicznych jest funkcja ryzyka, a jej wykorzystanie w ocenie bezpieczeństwa systemów stało się paradygmatem. Zarządzanie ryzykiem powinno być obecnie podstawą eksploatacji systemów wodociągowych od ujęcia do kranu konsumenta. Takie podejście wychodzi naprzeciw standardom wynikającym z nowelizacji aktów prawnych w celu zapewnienia bezpieczeństwa zdrowotnego konsumentom wody. Systemy wodociągowe należące do infrastruktury krytycznej podlegają specjalnej ochronie prawnej oraz technicznej. Są to systemy pracujące w systemie ciągłym i obciążone zmiennymi warunkami pracy. Zmieniające się warunki zewnętrzne jak i wewnętrzne powodują, że systemy te narażone są na liczne zagrożenia, które mogą spowodować niekorzystne zmiany ilościowe jak i jakościowe wody wodociągowej. Zarządzanie ryzykiem z tym związanym umożliwia optymalizację kosztów produkcji wody z jednoczesnym zapewnieniem wymaganego poziomu bezpieczeństwa zdrowotnego.

W swojej dysertacji Pan mgr Jarosław Paciej na podstawie rzetelnego przeglądu literatury w badanym obszarze zdefiniował aktualny i bardzo istotny problem badawczy. Cel naukowy pracy został prawidłowo sformułowany. Cele szczegółowe wskazują na zakres prowadzonych badań. Pomimo, że podjęty problem jest obecnie rozwijany w licznych ośrodkach naukowych, to opracowany przez Doktoranta model oraz uzyskane wyniki uzupełniają istniejącą wiedzę w tym zakresie. Uważam, że Doktorant podjął się ważnego tematu badawczego, a opracowany autorski model jest oryginalny z punktu widzenia naukowego jak i praktyki eksploatacyjnej w systemach zbiorowego zaopatrzenia w wodę (SZZW).

## **2.2.Układ pracy i omówienie poszczególnych rozdziałów**

Przedstawiona do recenzji praca liczy w podstawowej formie 156 stron wraz z załącznikami, wykazem literatury, tabel, rysunków oraz streszczeniem pracy w języku polskim i angielskim. Bibliografię stanowi 214 pozycji.

Oceniana rozprawa posiada klasyczny układ. W pracy można wyróżnić trzy główne części tj.: część teoretyczną zawierającą przegląd stanu wiedzy w badanym obszarze, część badawczą, w której zawarto podstawy opracowanego modelu oraz wyniki badań własnych. Część trzecia rozprawy zawiera dyskusję wyników, podsumowanie oraz kierunków dalszych badań.

Praca składa się z 15 podstawowych rozdziałów. Układ pracy, następstwo i kompletność rozdziałów uważam za prawidłowy.

Zasadnicza część pracy rozpoczyna się od wprowadzenia, w którym Doktorant odniósł się do aktualnych wytycznych oraz aktów prawnych w zakresie bezpieczeństwa zdrowotnego wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Zwrócił uwagę na liczne zagrożenia wynikające ze zmian klimatu, problemów eksploatacyjnych oraz rosnącej urbanizacji miast, które wymuszają konieczność kompleksowego zarządzania systemami zaopatrzenia w wodę, obejmującego procedury zarządzania ryzykiem. Wprowadzenie zredagowane przez Doktoranta jest na wystarczającym stopniu szczegółowości, trafnie

definiuje rozważany problem badawczy. W kolejnym rozdziale Doktorant zawarł szczegółowy przegląd stanu wiedzy w badanym obszarze naukowym. W pierwszym podrozdziale szczegółowo opisano system GIS w przestrzennej analizie danych dla różnych systemów w tym SZZW. W rozdziale tym zawarto również opis systemów wspomagania decyzji. Autor w tym rozdziale bardzo szczegółowo opisał narzędzia informatyczne, które można wykorzystać jako systemy baz danych w celu szacowania ryzyka zdrowotnego konsumentów wody wodociągowej. Rozdział ten jest bardzo rozbudowany i szczegółowy, co uważam za zasadne w kontekście opracowanego w późniejszej części pracy modelu zarządzania ryzykiem. W dalszej części tego rozdziału Doktorant przedstawił stan wiedzy w zakresie zarządzania ryzykiem oraz metod analizy i oceny ryzyka ze szczególnym rozwinięciem metod matrycowych. Końcowym etapem przeglądu stanu wiedzy była analiza stanu prawnego, w tym struktury organizacyjnej oraz zarządczej kontroli wewnętrznej i zewnętrznej funkcjonowania SZZW. Rozdział ten jest rzetelnie i szczegółowo opracowany. Uważam, że Doktorant rzetelnie przeanalizował i opracował stan wiedzy w badanym obszarze.

Na podstawie przeprowadzonej analizy stanu wiedzy opracowano tezę pracy. Uważam, że przyjęta w rozprawie teza jest zasadna. Wątpliwości budzi natomiast jej sformułowanie. W pracy teza brzmi:

*„ ... współczesny postęp rozwoju narzędzi informatycznych oraz powszechny dostęp do baz danych ... pozwala na opracowanie wieloparametrycznego modelu przestrzennej analizy **ryzyka bezpieczeństwa** dostaw wody przeznaczonej do spożycia ludzi z wykorzystaniem GIS.”*

W mojej opinii powyższa teza powinna brzmieć: *współczesny postęp rozwoju narzędzi informatycznych oraz powszechny dostęp do baz danych ... pozwala na opracowanie wieloparametrycznego modelu przestrzennej analizy **ryzyka** z wykorzystaniem GIS, **jako miary utraty bezpieczeństwa** dostaw wody przeznaczonej do spożycia ludzi.*

W kolejnej części pracy w rozdziale 4 przedstawiono opracowany model. Na wstępie przyjęto założenia do opracowanego modelu. Podstawą opracowanego modelu są dane kontroli jakości wody z uwzględnieniem częstotliwości kontroli wynikającej z aktualnego Rozporządzenia Ministra Zdrowia i odniesione do wydajności SZZW. W modelu założono, że ze względu na konieczność pozyskania odpowiedniej liczby danych model będzie miał zastosowanie do wodociągów obsługujących co najmniej 5000 mieszkańców lub wydajności powyżej 1000 m<sup>3</sup>/d. Założenie jest słuszne ze względu na fakt, że tzw. „małe wodociągi” nie posiadają rozbudowanych baz danych, które można wykorzystać do tego typu modeli, w tym z wykorzystaniem baz GIS. Problem małych wodociągów jest bardzo ważny i wymaga odrębnego podejścia zarządzania ryzykiem z uwzględnieniami ich specyfiki. Dlatego uważam, że Doktorant poprawnie przyjął wstępne założenia do modelu. W opracowanym modelu poprawnie wykonano weryfikację jednorodności zbioru danych z wykorzystaniem testów statystycznych do weryfikacji hipotez o zgodności średnich badanych zbiorów danych. W modelu dla hipotezy zerowej  $H_0$  poprawnie założono jednostkową wariancję na poziomie ufności 0,05. W analizie wykorzystano oprogramowanie Statistica. Do weryfikacji hipotezy

zerowej wykorzystano test Levene'a. Następnie w pracy przyjęto metodykę badawczą, w której założono, że model opierał się będzie na danych dostępnych w SZZW, danych kontroli jakości wody wodociągowej oraz baz GIS, za pomocą aplikacji gis'owskiej zostaną wygenerowane obszary wrażliwe na utratę bezpieczeństwa zdrowotnego wody. Opracowany model należy do modeli wieloparametrycznych. Parametrami wejściowymi do modelu były cechy charakterystyczne SZZW, liczba interwencji (zgłoszeń ?) związanych ze złą jakością wody, wielkość narażonej populacji, przekroczenia wartości parametrów mających wpływ na ryzyko zdrowotne konsumentów. Opracowany algorytm modelowania składał się z trzech zasadniczych etapów. Sekwencje poszczególnych etapów przedstawiono w sposób graficzny, co w mojej opinii znacznie ułatwia jego analizę. W kolejnym etapie Doktorant szczegółowo opisał parametry brane pod uwagę w opracowanym modelu. W sumie zdefiniowano siedem parametrów. Szczegółowo opisano pozyskiwanie danych wejściowych (dane eksploatacyjne z wybranych SZZW dla poszczególnych parametrów, z uwzględnieniem poszczególnych etapów produkcji wody od ujęcia do punktów czerpalnych). Dane zweryfikowano statystycznie. Wyniki weryfikacji statystycznej baz danych przedstawiono w załącznikach pracy. Dla oceny stanu jakości wody wykorzystano czteroparametryczną macierz z uwzględnieniem wag dla poszczególnych parametrów (jakości wody wodociągowej, czasu narażenia oraz prawdopodobieństwa wystąpienia przekroczeń parametrów jakościowych.) Kolejnym etapem było wyznaczenie i klasyfikacja ryzyka w celu wyznaczenia obszarów wrażliwych na utratę bezpieczeństwa zdrowotnego. Przyjęto trójstopniową skalę ryzyka. W rozdziale 5 Doktorant szczegółowo scharakteryzował przedmiot badań tj. SZZW dla miasta Jaworzno. Dla analizowanego systemu zaimplementowano opracowany model. Przeprowadzono szczegółową analizę statystyczną danych wejściowych. Końcowym etapem modelowania było wyznaczenie rozkładu ryzyka, wskazującego na zagrożenie zdrowotne konsumentów wody. W rozdziale 7 Doktorant przedstawił dyskusję otrzymanych wyników, przedstawiono wnioski wynikające z przeprowadzonej analizy. Rozdział 8 to podsumowanie ogólne całej dysertacji. W rozdziale 9 Doktorant zawarł rozważania na temat możliwych dalszych kierunków badań w analizowanym temacie badawczym.

### **3. Ocena merytoryczna rozprawy**

Podjęta tematyka badań mieści się w obszarze badań naukowych dyscypliny *inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka* szczególnie w zakresie eksploatacji systemów wodociągowych, analizy niezawodności oraz bezpieczeństwa systemów komunalnych. W mojej opinii recenzowana rozprawa doktorska jest na wysokim poziomie merytorycznym. Potwierdzeniem tego stwierdzenia są następujące wnioski wynikające z mojej oceny:

- Tytuł rozprawy odzwierciedla autorskie zamierzenia i treść pracy. Układ rozprawy uważam za logiczny i czytelny. Zawiera ona wszystkie niezbędne elementy rozprawy doktorskiej, takie jak: sformułowanie celu badań, ich zakresu, tezę, przegląd literatury, opis badań, analizę wyników, podsumowanie i wnioski. Praca jest czytelna, a następstwo rozdziałów prawidłowe. Doktorant opanował technikę redagowania pracy o charakterze naukowym. Stwierdzam zatem kompletność rozprawy doktorskiej.

- Podjęty problem badawczy jest ważny z punktu widzenia badań naukowych oraz praktyki eksploatacyjnej systemów wodociągowych. Pojawiające się ciągle nowe zagrożenia zdrowotne ale również nowe regulacje prawne, stanowią istotny problem eksploatacyjny dla przedsiębiorstw wodociągowych. Pomimo istniejących wielu rozwiązań oraz badań ciągle istnieją obszary, dla których konieczne jest przeprowadzenie badań oraz opracowanie modelu wspomagających proces zarządzania ryzykiem zdrowotnym związanym ze spożyciem wody wodociągowej.
- Przyjęta metodyka badań jest prawidłowa, poprzedzona rzetelną analizą stanu wiedzy. Analiza jakościowa wody wodociągowej przyjęta w metodyce jest jak najbardziej zasadna. Uwzględnienie w modelu tzw. obiektów priorytetowych uważam za konieczne i w tym przypadku jest to element nowości w odniesieniu do istniejących modeli analiz ryzyka.
- Wykorzystanie danych przestrzennych i obszarowych wraz z oprogramowaniem GIS stanowi bardzo istotny aspekt w kontekście agregacji i wykorzystania różnych baz danych koniecznych dla prawidłowego zarządzania ryzykiem w przedsiębiorstwach wodociągowych.
- Analiza statystyczna danych jest prawidłowa, szczegółowa i wystarczająca dla analizowanego zakresu i celu badań. W analizie wykorzystano oprogramowanie Statistica oraz systemy baz danych w celu weryfikacji jednorodności zbiorów danych oraz przypisaniu odpowiednich wag dla opracowanego algorytmu.
- Opracowany autorski wieloparametryczny model analizy obszarów wrażliwych na utratę bezpieczeństwa zdrowotnego wody stanowi istotny wkład Doktoranta w rozwój badań w tym zakresie.
- Krytyczna dyskusja otrzymanych wyników świadczy o umiejętności w zakresie analizy i oceny badań naukowych.
- Autor wykazał się pogłębioną wiedzą w zakresie analizy danych, eksploatacji systemów wodociągowych oraz analiz ryzyka.
- Podsumowanie i wnioski rozprawy doktorskiej odnoszą się do wyników przeprowadzonych analiz i wskazują na oryginalność przeprowadzonych badań.
- Praca jest napisana poprawnym językiem. W kwestiach edytorskich nie mam zastrzeżeń, drobne błędy stylistyczne nie wpływają na ogólną pozytywną ocenę pracy pod względem redakcyjnym.

#### **Uwagi dyskusyjne:**

- Na stronie 62 występuje sformułowanie **ilość interwencji**, powinno być *liczba interwencji* (jest to drobna uwaga redakcyjna).
- Nieprecyzyjnie sformułowano na str. 62 akapit:  
„Krok 1..., wielkość narażonej populacji, **przekroczenia wartości parametrycznych mających zarówno pośredni jak i bezpośredni wpływ na zdrowie konsumentów.** Proszę o wyjaśnienie.
- W parametrze utrata bezpieczeństwa przyjęto 4 zmienne, w tym 2 odnoszą do parametrów jakości wody (parametry podstawowe i rakotwórcze). Czy nie można by



połączyć tych wielkości i nadać im różne wagi w zależności od zagrożenia zdrowotnego ?. W ten sposób uniknęlibyśmy symetrycznej skali parametrów.

- Parametry utraty niezawodności technicznej. W teorii niezawodności raczej nie operuje się takim pojęciem. Jest to zawodność techniczna. Również dla tego parametru proszę o interpretację wartości 3 w tabeli 4.38.

#### 4. Wniosek końcowy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim zgodnie z art. 13. ust. 1 Ustawą z dnia 14 marca 2003 roku „O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule naukowym w zakresie sztuki”( tj. Dz. U.

z 2017 roku poz. 1789)

W podsumowaniu stwierdzam, że recenzowana rozprawa jest o wysokich walorach merytorycznych, rozumianych zarówno w kategorii naukowej, jak i inżynierskich. Przeprowadzone badania wskazują, że Doktorant opanował wymagany warsztat naukowy, który pozwolił na rozwiązanie postawionego problemu badawczego. Badania prowadzone przez mgr Jarosława Pacieja w pełni mieszczą się w zagadnieniach naukowych dyscypliny *inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka*.

**Biorąc pod uwagę zakres przeprowadzonych badań, zaprezentowany warsztat naukowy, oryginalny wkład własny w rozwój wiedzy oraz możliwości aplikacyjne, wnoszę o wyróżnienie przedmiotowej rozprawy doktorskiej oraz o dopuszczenie do publicznej obrony Pana mgr Jarosława Pacieja.**

Barbara Tchórzewska-Cieślak

Barbara  
Tchórzewska - Cieślak