

**Prof. dr hab. inż. Marian Kwietniewski**

Zakład Zaopatrzenia w Wodę

i Odprowadzania Ścieków

Wydział Instalacji Budowlanych,

Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska

Politechnika Warszawska

[Marian.kwietniewski@pw.edu.pl](mailto:Marian.kwietniewski@pw.edu.pl)

Tel. 601 394 432

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. **Jakuba Żywca** pt.

**„Metoda oceny niezawodności operatora  
w systemie zbiorowego zaopatrzenia w wodę”**

### **1. Przedmiot i podstawa formalna opracowania recenzji**

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska pana mgr inż. Jakuba Żywca prowadzona na Wydziale Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury Politechniki Rzeszowskiej, której promotorem jest pani prof. dr hab. inż. Barbara Tchórzewska-Cieślak, a promotorem pomocniczym pan dr inż. Dawid Szpak.

Recenzję opracowano zgodnie z uchwałą Rady Wydziału i na podstawie umowy nr NN/D/58/2022 z dnia 2.11.2022r. zawartej pomiędzy Politechniką Rzeszowską reprezentowaną przez panią dr. hab. inż. Lesławę Gniewkę, prof. PRz, prorektora ds. nauki, a autorem niniejszej recenzji.

### **2. Ogólna charakterystyka rozprawy doktorskiej**

Rozprawa doktorska jest opracowaniem naukowym liczącym 185 stron, na które składa się 10 rozdziałów uzupełnionych wykazem 147. pozycji literaturowych, spisem 45. rysunków i 57. tabel oraz 2. załącznikami i streszczeniem w j. pol. i ang.

Po krótkim i zwartym wprowadzeniu w problematykę badawczą zamieszczonym w rozdziale 1. autor sformułował w rozdz. 2. problem badawczy, a następnie w rozdziale 3, przedstawił cele, tezy oraz zakres pracy obejmujący 11 zadań, uwypuklając wśród nich 6 zadań

uznanych za kluczowe dla osiągnięcia założonych celów. Bardzo istotne dla rozważań prowadzonych w pracy jest ograniczenie zakresu badań i ocen niezawodnościowych do następujących podsystemów SZZW:

- ujmowania wody (PsUjW)
- uzdatniania wody (PsUzW)
- pompowania wody (PsPoW)
- magazynowania wody (PsMaW)

bez uwzględnienia podsystemu dystrybucji wody (PsDyW).

Autor uzasadnił to specyfiką pracy operatora sieci wodociągowej oraz brakiem danych dotyczących pracy operatora w małych i średnich przedsiębiorstwach wodociągowych, które były objęte badaniami. Zdaniem recenzenta przyjęcie założenia o nie uwzględnieniu wpływu operatora podsystemu dystrybucji wody w ocenie niezawodności ZSZW jest zrozumiałe i nie może budzić zastrzeżeń z punktu widzenia przyjętego w pracy zakresu badań. Niemniej jednak, należy podkreślić, iż podsystem dystrybucji wody ma istotne znaczenie dla zapewnienia odbiorcom odpowiedniej dostawy wody z czego doktorant na pewno zdaje sobie sprawę. W związku z tym, w przyszłych badaniach konieczne będzie uzupełnienie metodyki o uwzględnienie podsystemu dystrybucji wody. Pozwoli to na uzyskanie pełnego obrazu niezawodności ZSZW z określeniem wpływu operatora na tę niezawodność

W kolejnym 4. rozdziale przedstawiono definicje podstawowych pojęć wykorzystanych w pracy, a w rozdziale 5 dokonano krytycznej analizy dotychczasowego stanu wiedzy nt badań niezawodności operatora systemów technicznych ze szczególnym zwróceniem uwagi na systemy wodociągowe. Przeprowadzenie studiów literaturowych pozwoliło doktorantowi na stwierdzenie, iż badania nad niezawodnością operatora ZSZW są dopiero w początkowej fazie rozwoju. Poza nielicznymi pracami, które odnoszą się do jednostkowych problemów, brak jest kompleksowego podejścia do oceny niezawodności operatora systemu wodociągowego i jego elementów. Uzasadnia to potrzebę podjęcia pogłębionych badań i rozważań naukowych, które doprowadziłyby do opracowania metodologii oceny niezawodności działań operatora i jego wpływu na niezawodność ZSZW i elementów tego systemu.

W następnym etapie pracy, przedstawionym w rozdziale 6, doktorant wyszczególnił i przeanalizował główne zadania operatora w wyodrębnionych podsystemach SZZW pod kątem efektywności jego działań. Analizy te kończą się propozycją klasyfikacji błędów operatora oraz ich przyczyn.

Przed podjęciem zasadniczych badań, konieczny był przegląd metod stosowanych do oceny niezawodności operatora w odniesieniu do systemów technicznych. Przegląd ten przedstawiono w sposób krótki w rozdziale 7 z podziałem na metody ilościowe, jakościowe i mieszane.

Zasadnicze dla realizacji celów pracy są rozdziały 8 i 9. W rozdziale 8 przedstawiono metodykę badań wraz z omówieniem podstaw teoretycznych warsztatu badawczego tj. teorii liczb rozmytych oraz twierdzenia Bayesa i sieci bayesowskich. Następnie przedstawiono metodę wielokryterialnego wspomaganie decyzji - Fuzzy Simple Additive Weigting (FSAW), metodę oceny niezawodności operatora – Cognirive Reliability and Error Analysis Method (CREAM), metodę

oceny niezawodności SZW w uwzględnieniu wpływu operatora oraz metodę oceny możliwości zwiększenia niezawodności operatora w SZW.

Wyniki przeprowadzonych badań zaprezentowano w sposób zbiorczy w rozdziale 9.

Obejmują one oceny:

- wpływu awarii związanych z operatorem na niezawodność ZSZW,
- niezawodności operatora w poszczególnych podsystemach ZSZW,
- niezawodności ZSZW z uwzględnieniem wpływu operatora  
oraz
- możliwości zwiększenia niezawodności operatora.

Badania rozszerzono o wpływ czynników socjodemograficznych na niezawodność operatora.

Wyniki tych badań zamieszczono również w rozdz. 9.

Badania i rozważania naukowe przeprowadzone w rozprawie kończą podsumowanie wyników podjętych prac oraz wnioski końcowe i wskazanie kierunków dalszych badań, co przedstawiono w rozdziale 10.

### **3. Ocena rozprawy doktorskiej**

Podjęty w pracy problem jest bardzo istotny dla oceny niezawodności i bezpieczeństwa ZSZW jako systemu infrastruktury krytycznej, zarówno w zakresie podstaw rozwoju metodyki oceny niezawodności i bezpieczeństwa tych systemów jak również aplikacji wyników badań do poprawy niezawodności i bezpieczeństwa tej infrastruktury krytycznej. Jak podkreśla Autor, na podstawie bogatych doniesień literaturowych, ponad 75% awarii systemów wodociągowych powstaje przy udziale czynnika ludzkiego. A trzeba przy tym zauważyć, iż duża część tego typu zdarzeń są to poważne awarie. Jednocześnie wpływ operatora na niezawodność SZW nie został dotychczas w pełni rozpoznany co uzasadnia potrzebę podjęcia przez tematu rozprawy.

Praca ma charakter analityczno-badawczy, a podstawą jej realizacji są badania niezawodności operatora w ZSZW i ich elementów.

Ogólnym celem rozprawy, jak wynika z jej treści, jest zbadanie wpływu wewnętrznego czynnika ludzkiego na niezawodność ZSZW jako systemu antropotechnicznego. Autor wyodrębnił przy tym 2 cele szczegółowe, a mianowicie cel o charakterze poznawczym i cel o charakterze użytkowym. W pierwszym przypadku jest to ocena wpływu operatora na niezawodność systemu i jego elementów. Zaś w drugim przypadku, celem praktycznym jest opracowanie metodyki oceny niezawodności operatora i jego wpływu na niezawodność ZSZW oraz elementów tego systemu.

W ramach założeń badawczych sformułowano również 2 tezy naukowe o znaczeniu poznawczym.

Realizacja tak przyjętych celów i zadań wymagała opracowania odpowiedniej metodyki badań, którą dobrze ujęto w przemyślanej i logicznej procedurze rozpisanej na 5 etapów i wyłożonej w podrozdziale 8.2. Metoda oceny niezawodności operatora oraz ocena jego wpływu

na niezawodność systemu wodociągowego i jego elementów zostały opisane w sposób jasny i zrozumiały dla czytelnika.

Całościowa analiza wszystkich etapów badań zaprezentowanych w rozprawie pokazuje, że Doktorant opracował oryginalną kompleksową metodologię badań i oceny niezawodności operatora w ZSZW, obejmującą kilka metod badawczych. W tym celu konieczne było zastosowanie złożonych narzędzi i metod obliczeniowych m.in. z zakresu teorii liczb rozmytych i sieci Bayesa.

Poza metodologią badań niezawodności, w pracy zaprezentowano także wyniki nowatorskich badań, które pozwoliły na ocenę wpływu czynników socjodemograficznych na niezawodność działań operatora ZSZW.

Uwieńczeniem badań i rozważań naukowych przeprowadzonych w dysertacji jest weryfikacja opracowanej metodologii na przykładzie oceny niezawodności rzeczywistego ZSZW.

Zaprezentowane w pracy oryginalne podejście do oceny niezawodności operatora w ZSZW i jego elementów oceniam bardzo wysoko.

Również wysoko oceniam opracowaną metodykę badań. Badania wykazały istotny wpływ operatora, który występuje w szeregowej strukturze elementów tworzących system wodociągowy, na niezawodność dostawy wody do odbiorców.

Stwierdzam także, iż zastosowane w pracy metody i narzędzia badawcze zostały dobrane prawidłowo, a problem badawczy został dobrze zdefiniowany.

Układ pracy jest logiczny, kolejność rozdziałów jest przemyślana i zsynchronizowana..

Tytuł rozprawy dobrze ujmuje zakres podjętych w niej badań.

Studia literaturowe zostały przeprowadzone rzetelnie i w sposób krytyczny.

Wnioski końcowe wynikające z przeprowadzonych badań mają swoje uzasadnienie w uzyskanych wynikach i syntetycznie ujmują osiągnięte rezultaty. Wskazano również kierunki dalszych badań.

Generalnie można stwierdzić, iż autor osiągnął zamierzone cele oraz udowodnił na drodze badań naukowych przyjęte na wstępie tezy pracy.

Do najważniejszych osiągnięć, które w opinii recenzenta mogą stanowić **podstawę wyróżnienia rozprawy doktorskiej** należy zaliczyć:

pod względem poznawczym

1. *opracowanie podstaw teoretycznych metodologii badań i oceny niezawodności operatora w ZSZW, na którą składają się autorskie metody badawcze dotyczące oceny:*

- *wplywu zdarzeń awaryjnych wynikających z działalności operatora na niezawodność systemu,*
- *niezawodności samego operatora systemu wodociągowego,*
- *niezawodności ZSZW z uwzględnieniem wpływu operatora na tę niezawodność,*
- *możliwości podwyższenia niezawodności operatora w ZSZW*

oraz

2. *opracowanie metodyki nowatorskich badań oceny wpływu czynników socjodemograficznych na niezawodność działań operatora ZSZW,*

### natomiast pod względem aplikacyjnym

1. *opracowanie metody oceny niezawodności operatora, którą można rekomendować przedsiębiorstwom wodociągowym w celu podwyższenia niezawodności i bezpieczeństwa ZSZW.*

Poza wymienionymi wyżej osiągnięciami i walorami pracy, nie dostrzegam w rozprawie istotnych merytorycznych niedociągnięć. Jedynie chciałbym zaznaczyć potrzebę rozszerzenia badań o podsystem dystrybucji wody, o czym wspomniałem już w rozdziale 2 recenzji. Chciałbym przy tej okazji prosić Doktoranta o wypowiedź rozszerzającą informacje nt ograniczeń w zakresie rozwinięcia badań o podsystem dystrybucji wody.

Ponadto chciałbym zwrócić uwagę na wrażliwy aspekt badań związany z oceną niezawodności operatora. Otóż, jak doświadczył i wskazał w rozprawie Doktorant, wyniki oceny niezawodności operatorów mogą być niepewne, ponieważ ich oceny zawarte w ankietach mogą być zawyżone. Poza tym, sklasyfikowanie badanych operatorów na niższym poziomie niezawodności może być odbierane przez nich jako niedocenywanie ich kompetencji i tym samym niedowartościowanie. Wydaje się więc, iż w przygotowaniu tego typu badań i ocenie ich wyników, warto skonsultować się z socjologiem.

Wskazane byłoby także opracowanie instrukcji oceny niezawodności ZSZW z uwzględnieniem działań operatora dla analityków zajmujących się analizą i oceną jakości świadczenia usług wodociągowych w przedsiębiorstwach.

Szkoda, że w badaniach oceny wpływu czynników socjodemograficznych na niezawodność operatora ZSZW, nie udało się Autorowi ocenić wpływu kobiet operatorów na niezawodność ich działań.

### Uwagi szczegółowe

W pracy zauważyłem kilka usterek redakcyjnych i niezręcznych sformułowań oraz tzw. „literówek”. Jest dla mnie zrozumiałe, że były one nie do uniknięcia przy bardzo dużej liczbie wprowadzonych parametrów, często niewiele różniących się między sobą. Z obowiązku recenzenta nałożonego umową, wymieniam poniżej ważniejsze z nich:

- Str 15, wiersz 10 od góry  
Zamiast ZUW (Zakład Uzdatniania Wody) powinno być ZSZW (Zbiorowy System Zaopatrzenia w Wodę).
- Str 37, wzór (7.1)  
Brak objaśnienia oznaczenia „n”
- Str 45, wzór (8.1)  
Nie jest jasne, jaką postać przyjmuje funkcja przynależności, gdy  $x=m_A$
- Str 52, wzór (8.23)  
Brak objaśnienia oznaczeń: N oraz  $B_{ij}$
- Str 57, tab. 8.5  
Zamiast „nie określony” powinno być „nieokreślony”

Wiersz 5 w tabeli – liczba zadań wykonywanych przez jedną osobę w tym samym czasie - nieprzekraczająca aktualnych możliwości – jest wpływem „pozytywnym”

- Str 61, wiersz 14 od góry  
Zamiast o „implikacja”, Autor prawdopodobnie myślał o „implementacji”
- Str 63, tab. 8.6, tytuł ostatniej kolumny  
Z opisu funkcji przynależności można domniemywać, że chodzi o funkcję „trapezową” nie „trójkątną”  
Tekst pod tabelą = wiersz 3, zamiast tab. 8.6 chyba powinna być przywołana tab. 8.7
- Str 83 i 84,  
„współczynnik korygujący” lub „korekcyjny” - nazwa niekonsekwentna
- Str 84, wiersz 13  
Wyniki dla poszczególnych operatorów należy przedstawić na „wykresie radarowym” – czytelnik spodziewa się w najbliższym otoczeniu tego zdania takiego wykresu, warto również objaśnić taki wykres
- Str 115, tab. 9.31  
Wartość wskaźnika gotowości, jak również każdego innego prawdopodobieństwa związanego z oceną niezawodności obiektów wodociągowych i kanalizacyjnych może co najwyżej dążyć do jedności, ale nie jest równa 1, z czym zgodziliśmy się już dawno temu.
- Str 137, wiersz pierwszy pod tabelą  
Przywołane tabele mają numery 8.12 i 8.13.

### 3. Podsumowanie oceny

Całość pracy, a w szczególności zastosowaną metodykę badań oraz stopień szczegółowości przeprowadzonych analiz i wnioskowania oceniam bardzo wysoko.

Zamieszczone w niniejszej opinii nieliczne uwagi nie umniejszają naukowych i użytecznych walorów rozprawy.

Praca prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia badań naukowych. Stanowi jednocześnie indywidualny wkład doktoranta w rozwój specjalności naukowej „wodociągi i kanalizacji”.

Mogę zatem stwierdzić, iż przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Jakuba Żywca pt. „Metoda oceny niezawodności operatora w systemie zbiorowego zaopatrzenia w wodę” jest oryginalnym, naukowym osiągnięciem autora i stanowi rozwiązanie sformułowanego problemu badawczego.

Reasumując stwierdzam, że rozprawa doktorska pana mgr inż. Jakuba Żywca spełnia wymagania ustawy z 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2020 r. poz. 85 ze zm.) i wnioskuję o jej dopuszczenie do publicznej obrony.

