

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 inż. Olgi Woyciechowskiej
pt. „Analiza wielkości i nierównomierności zaopatrzenia
w wodę w aspekcie obliczenia pojemności użytkowej
sieciowych zbiorników wyrównawczych”**

1. Przedmiot recenzji oraz podstawa formalna jej opracowania

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska **mgr inż. Olgi Woyciechowskiej**. Promotorem niniejszej rozprawy jest dr hab. inż. Tomasz Bergel, prof. Uczelni.

Formalną podstawą przygotowania recenzji jest pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka na Wydziale Inżynierii Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Rolniczego im H. Kołłątaja w Krakowie, Pana prof. dr hab. inż. arch. Piotra Herbula z dnia 24.03.2022r. oraz umowa o dzieło sygnatura K/409/2022/WiŚiG.

2. Charakterystyka rozprawy

2.1 Problem naukowy rozprawy, cel oraz uzasadnienie podjęcia tematu rozprawy

Głównym celem ocenianej rozprawy doktorskiej była analiza i ocena ilości oraz nierównomierności zużycia wody dla systemów wodociągowych obszarów o charakterze wiejskim i podmiejskim. Cel pracy oraz jej zakres został prawidłowo sformułowany. Podjęty problem badawczy jest aktualny i wynika, z jednej strony z braku aktualnych normatywów jednostkowego zapotrzebowania na wodę oraz

wzorcowych aktualnych procentowych rozbiórów, a z drugiej z konieczności weryfikacji stosowanych normatywów w obliczu zmieniających się warunków zapotrzebowania na wodę w różnych grupach odbiorców. Zmiany w zakresie projektowania systemów wodociągowych wynikają z konieczności optymalizacji pracy systemów wodociągowych z uwzględnieniem aspektów środowiskowych (w tym zmian klimatycznych), energetycznych oraz bezpieczeństwa konsumentów wody. Projektowanie systemów zbiorowego zaopatrzenia w wodę (SZZW) jest procesem złożonym, obejmującym swym zakresem wiele procesów natury technicznej, ekonomicznej oraz niezawodnościowej. Swoją specyfikę w tym zakresie mają tzw. małe wodociągi, dla których projektowanie wymaga szczególnej uwagi ze względu na małe zapotrzebowanie na wodę przy jednoczesnych dużych nierównomiernościach rozbioru.

Doktorantka w swojej dysertacji podjęła się analizy godzinowych rozbiórów wody w wytypowanych wodociągach i na tej podstawie zaproponowała uaktualnienie typów wzorcowych procentowych tabel rozbiórów, w celu ich wykorzystania do obliczeń pojemności użytkowej sieciowych zbiorników wodociągowych. Dokładna analiza zużycia wody w wiejskich i podmiejskich miejscowościach ma znaczący wpływ na proces projektowy, szczególnie w sytuacji braku aktualnych wartości normatywnych. Należy zwrócić uwagę również na fakt, że charakter tego typu miejscowości obecnie się zmienia. Często miejscowości do niedawna o specyfice typowo wiejskiej zmieniają się na osiedla podmiejskie, a tym samym zmienia się charakterystyka zużycia wody. Uaktualnienie normatywów oraz dokładna charakterystyka godzinowych rozbiórów wody w znacznym stopniu poprawi efektywność projektowania wodociągów.

Biorąc powyższe pod uwagę uważam, że Doktorantka podjęła ważny problem badawczy zarówno z punktu widzenia praktyki inżynierskiej jak i w sferze badań naukowych. Wyniki badań Doktorantki będą mogły być wykorzystane w praktyce inżynierskiej, szczególnie w procesie projektowania tzw. małych wodociągów.

2.2 Tezy pracy

Tytuł 2 rozdziału sugeruje, że Doktorantka sformułowała tezy badawcze, tymczasem w rozdziale sformułowano trzy hipotezy badawcze. Rozbieżność ta wymaga wyjaśnienia, gdyż pojęcia te nie są tożsame. Dodatkowo uważam, że sformułowana hipoteza druga tj.: *„Typ rozbioru wody różni się w dniach wolnych od pracy i w dniach powszednich”* jest

oczywista. Zależność ta została niejednokrotnie potwierdzona w wielu publikacjach i nie stanowi obecnie tematu do dyskusji naukowej.

2.3 Układ pracy i omówienie poszczególnych rozdziałów

Przedstawiona do recenzji praca liczy w podstawowej formie 155 stron, wraz z załącznikami oraz streszczeniem pracy w języku polskim i angielskim. Bibliografię stanowią 246 pozycje w tym 10 to netografia, a 23 stanowią akty prawne, normy i wytyczne branżowe. W pracy wyróżniono spis rysunków, tabel oraz załączniki.

Oceniana rozprawa posiada klasyczny układ. W pracy można wyróżnić trzy główne części tj.: część teoretyczną zawierającą przegląd literatury oraz uzasadnienie podjęcia tematu badawczego, część badawczą oraz ocenę wyników, wnioski i podsumowanie.

Praca rozpoczyna się od krótkiego wprowadzenia, następnie Autorka zawarła cel i zakres pracy oraz zaprezentowała tezy badawcze. Rozdział 3 jest częścią teoretyczną pracy. W tym rozdziale Doktorantka przedstawiła podstawowe informacje dotyczące obliczeń zapotrzebowania na wodę, charakterystyki procentowych rozbiórów wody oraz obliczeń pojemności użytkowej sieciowych zbiorników wodociągowych. Autorka dokonała przeglądu stanu wiedzy w zakresie badań struktur zużycia wody w aspekcie różnych grup odbiorców oraz nierównomierności dobowej i godzinowej. Tematy badawcze w tym zakresie były od lat szeroko dyskutowane. Istnieje wiele opracowań naukowych zawierających liczne wyniki dla wielu miast w całej Polsce. Doktorantka słusznie zwróciła uwagę, że pomimo tak wielu badań ciągle braku jasnych, aktualnych wytycznych odnośnie jednostkowych norm zapotrzebowania na wodę, jak również aktualnych wzorców procentowych rozbiórów, które można by wykorzystać w praktyce inżynierskiej. Projektanci korzystają więc, albo z nieaktualnych wytycznych lub z Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z 2002 roku, które defakto służy do rozliczania odbiorców nieposiadających wodomierza głównego. Jest to bardzo ważny problem inżynierski, który powoduje, że niejednokrotnie dochodzi do przewymiarowania nie tylko zbiorników ale również sieci wodociągowych. Niepewność otrzymanych wyników utrudnia optymalne zaprojektowanie systemu wodociągowego. Uważam, że rozdział ten został opracowany rzetelnie i na wystarczającym stopniu szczegółowości. Doktorantka zwróciła uwagę na najważniejsze aspekty analizowanego problemu badawczego, dokonała przeglądu literatury, przede wszystkim w obszarze wodociągów wiejskich. Kolejny rozdział dotyczy wyboru oraz charakterystyki obiektów badań. Analizie poddano cztery systemy wodociągowe. Systemy scharakteryzowano pod kątem liczby

mieszkańców korzystających z sieci, charakteru zabudowań, wyposażenia w infrastrukturę kanalizacyjną oraz parametrów eksploatacyjnych wodociągu. Szczegółowo opisano opomiarowanie obiektu, które stanowiło źródło danych do badań. Kryteria doboru obiektów badań dobrano prawidłowo. W rozdziale piątym przedstawiono metodykę badań. Scharakteryzowano dane wykorzystane do analizy oraz szczegółowo opisano metodykę. Metodyka badań jest poprawna. Dane zostały zweryfikowane za pomocą statystyki testowej Grubbsa, która pozwoliła zweryfikować hipotezę dotyczącą występowania wartości odstających. W celu klasyfikacji danych wykorzystano analizę skupień wykorzystując do tego celu oprogramowanie Statistica. Następnie opisano sposób wyznaczenia pojemności użytkowej zbiornika dla założonych różnych czasów pracy pomp. Zasadniczym rozdziałem w pracy jest analiza i dyskusja wyników. W kolejnych podrozdziałach rozdziału 6 przedstawiono analizę dobowego zapotrzebowania na wodę, maksymalnego zapotrzebowania na wodę, godzinowego zapotrzebowania na wodę, nierównomierności dobowej i godzinowej rozbiórki wody oraz wyznaczonej pojemności użytkowej zbiornika wodociągowego wyrównawczego. Kończącym etapem badań był wybór optymalnego godzinowego rozbiórki wody dla różnych czasów dostawy wody. Pracę kończy rozdział 7, w którym zawarto podstawowe stwierdzenia i wnioski. W załącznikach zamieszczono szczegółowe wyniki godzinowych rozbiórki wody w formie tabelarycznej oraz graficznej.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

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, tezy, przegląd literatury, opis badań, analizę wyników, podsumowanie i wnioski. W pracy brak sformułowanych dalszych kierunków badań. Następstwo rozdziałów oraz umiejętność przedstawiania wyników analizy świadczą, że Doktorantka opanowała technikę pisania rozpraw o charakterze naukowym. Stwierdzam zatem kompletność rozprawy doktorskiej.

- Podjęta tematyka badań mieści się w obszarze badań naukowych dyscypliny *inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka* szczególnie w zakresie projektowania i eksploatacji systemów wodociągowych.
- Podjęty problem badawczy jest ważny z punktu widzenia badań naukowych jak również praktyki inżynierskiej. Uważam, że Doktorantka podjęła się rozwiązania

istotnego problemu projektowego. Aktualne normy zapotrzebowania na wodę oraz wzorce godzinowych rozborów wody stanowią podstawę dla projektowania całego systemu wodociągowego. Zmieniające się warunki eksploatacyjne wodociągów w obliczu zmian klimatycznych, konieczności ograniczania strat oraz zużycia energii w procesie produkcji wody, przy jednoczesnej konieczności zapewnienia bezpieczeństwa dostaw stanowią wyzwanie dla nowoczesnego projektowania wodociągów. Uzyskane wyniki badań stanowią niewątpliwie pomoc w tym zakresie.

- Metodyka badań jest prawidłowa. Kryteria wyboru reprezentatywnych wodociągów opisano prawidłowo. Charakterystykę miejscowości objętych systemem wodociągowym opisano na wystarczającym stopniu szczegółowości.
- Analizie poddano dane pomiarowe wody dostarczonej do sieci w określonych przedziałach czasowych. Dane zebrano dla czterech analizowanych miejscowości. Obejmowały one lata 2016-2019 i dotyczyły godzinowych rozborów wody. Wstępną weryfikację danych uważam za prawidłową. Zastosowanie w tym zakresie statystyki Grubbsa w celu wyeliminowania tzw. grubych błędów było zasadne. Analizę statystyczną z wykorzystaniem oprogramowania Statistica uważam za poprawną.
- W pierwszej kolejności badań na podstawie danych wyznaczono i przeanalizowano średnie oraz maksymalne dobowe wartości zużycia wody. W dalszej części wyznaczono typy rozborów wody rozróżniając analizowane okresy ze względu na porę roku, dni powszednie oraz święta. Takie podejście jest prawidłowe i potwierdzone wcześniejszymi badaniami nierównomierności rozbioru wody w miastach Polski. W tym celu wykorzystano metodę klasyfikacji danych opartą o analizę skupień oraz metodę grupowania k-średnich. Do tej części badań nie wnoszę zastrzeżeń. Wykorzystując otrzymane wyniki wyznaczono poprawnie pojemności użytkowe zbiornika sieciowego dla różnych czasów pracy pompowni II stopnia. Otrzymane wyniki porównano z wytycznymi branżowymi dla miejscowości o podobnej liczbie mieszkańców. Na tej podstawie wyznaczono miarodajne rozbiory wody dla różnych wielkości wodociągu. Uwzględnienie niepewności związanej z liczbą mieszkańców jest zasadne.
- Dyskusja otrzymanych wyników świadczy o umiejętności Doktorantki w zakresie analizy i oceny badań naukowych.
- Autorka wykazała się pogłębioną wiedzą w zakresie projektowania systemów wodociągowych.

- 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 ogólnie pozytywną ocenę pracy pod względem redakcyjnym.

Podsumowując merytoryczną ocenę przedstawionej do recenzji rozprawy doktorskiej uważam, że do głównych oryginalnych osiągnięć Doktorantki należą:

- opracowanie wzorcowych tabel godzinowych rozbiórów wody dla wodociągów wiejskich i podmiejskich,
- podanie wytycznych projektowania pojemności użytkowej sieciowych zbiorników wodociągowych,
- analiza i ocena godzinowych rozbiórów wody w wiejskich wodociągach pod względem występowania wartości maksymalnych.

Uwagi dyskusyjne:

W pracy skupiono się na analizie pojemności wyrównawczej sieciowych zbiorników wodociągowych, tymczasem zbiorniki te pełnią dodatkowo bardzo ważną rolę w aspekcie przeciwpożarowym oraz niezawodnościowym. Ze względu na przynależność SZZW do infrastruktury krytycznej analiza niezawodności i bezpieczeństwa powinna uwzględniać ich funkcjonowanie w sytuacjach kryzysowych i nadzwyczajnych. Wyznaczenie tzw. pojemności awaryjnej tradycyjnie opierało się na przyjęciu kategorii niezawodności wodociągu oraz przyjęciu dopuszczalnej wartości czasu pracy w sytuacji awaryjnej. Obecnie podejście to zostało zweryfikowane o konieczność zapewnienia bezpieczeństwa dostawy wody w sytuacjach kryzysowych oraz konieczności zapewnienia dywersyfikacji źródeł. Tak więc, obliczenie pojemności całkowitej zbiornika powinna dodatkowo uwzględniać ten aspekt. Norma EN 1508 jasno wskazuje na konieczność uwzględnienia w projektowaniu aspektu niezawodności bezpieczeństwa zasilania w wodę. Bezpieczną rezerwę ustala się na podstawie oceny ryzyka awarii poszczególnych urządzeń systemu. W związku z tym nasuwają się pytania:

- Jaki stopień dywersyfikacji dostawy wody posiadają analizowane wodociągi?
- Czy analizowano zaopatrzenie w wodę w sytuacji kryzysowej?
- Czy zmniejszenie pojemności zbiorników może mieć wpływ na bezpieczeństwo dostawy wody ? (od czego to zależy?).

- Czy w ocenie wartości zużycia wody w poszczególnych wodociągach brano pod uwagę możliwość korzystania z indywidualnych studni ?

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 Doktorantka opanowała wymagany warsztat naukowy, który pozwolił na rozwiązanie postawionego problemu naukowego. Badania prowadzone przez Doktorantkę w pełni mieszczą się w zagadnieniach naukowych dyscypliny *inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka*.

Biorąc pod uwagę zakres przeprowadzonej analizy, zaprezentowany warsztat naukowy, oryginalny wkład własny w rozwój wiedzy oraz możliwości aplikacyjne, wnoszę o dopuszczenie do publicznej obrony rozprawy doktorskiej mgr inż. Olgi Woyciechowskiej.

Barbara Tchórzewska-Cieślak



