

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Macieja Potyralla  
pt. „ **Ocena zmienności chemicznych parametrów jakości wody w systemie  
wodociągowym**”

wykonanej pod kierunkiem Promotora dr hab. inż. Małgorzaty Wojtkowskiej, prof. uczelni  
na Wydziale Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska  
Politechniki Warszawskiej w Warszawie

**1. Podstawa prawna recenzji**

Podstawą wykonania recenzji była decyzja Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka z dnia 18 października przekazana pismem Przewodniczącego Rady Dyscypliny prof. dr hab. inż. Tomasza Wiśniewskiego z dnia 27 października 2022r.

**2. Ogólna charakterystyka rozprawy**

Rozprawa doktorska mgr inż. Macieja Potyralla pt. „**Ocena zmienności chemicznych parametrów jakości wody w systemie wodociągowym**” została wydana drukiem jako 220-stronicowe zwarte opracowanie. W dysertacji wyróżniono: przegląd literatury, tezy, cel i zakres pracy, obiekt badań, metodykę badań, wyniki badań, podsumowanie i wnioski. Całość zamyka spis literatury, tabel i rysunków, a na początku pracy zamieszczono streszczenie w języku polskim i angielskim.

W rozdziale zatytułowanym *Przeгляд literatury* opisano stabilność wody: definicje, rodzaje, kryteria oceny stabilności wody, czynniki decydujące o stabilności wody i skutki jej braku. W części metodycznej przedstawiono tezy, opisano zakres badań, opróbowane stacje uzdatniania, metodykę badań opartą o system informacji geograficznej GIS, model hydrauliczny sieci wodociągowej, program do modelowania i metody geostatyczne. W punkcie 5. na 116 stronach opisano wyniki badań oraz, na podstawie wyników badań, sformułowano wnioski. W spisie literatury znajduje się 185 pozycji; w tym 115 – zagranicznych co stanowi 62%. Większość cytowanych prac zostało opublikowane w ostatnich latach. Uwzględniając powyższe można stwierdzić, że układ pracy jest prawidłowy i zgodny z przyjętymi zasadami redagowania rozpraw doktorskich. Rozprawa została wydana w formie monografii w wydawnictwie uczelni.

### 3. Ocena szczegółowa rozprawy

Rozprawa doktorska mgr inż. **Macieja Potyralla** została zatytułowana „**Ocena zmienności chemicznych parametrów jakości wody w systemie wodociągowym**”. Informacje zaczerpnięte z literatury przedstawiono w jednym rozdziale. W tej części gruntownie opisano stabilność wody pod względem fizycznym, chemicznym i biologicznym jako warunek zapewnienia odbiorcom odpowiedniej jakości wody. Wskazano na obecność w wodach związków organicznych powodujących mętność, barwę wody, opisano właściwości korozyjne wody i rozwój mikroorganizmów. Wśród czynników warunkujących stabilność wody wymieniono temperaturę, występowanie pozostałości środka dezynfekującego i związków biogennych a także stan techniczny i materiał z jakiego zbudowana jest sieć i instalacje wewnętrzne oraz warunki hydrauliczne panujące w sieci. W podrozdziale dotyczącym skutków braku stabilności wody podkreślono problem tworzenia biofilmu w systemach wodociągowych i jego wpływ na jakość wody odbieranej przez konsumentów. Uwzględniono także aspekt zdrowotny. W kontekście przepisów prawnych scharakteryzowano wymagania jakościowe wody, proces dezynfekcji oraz zagadnienie związane z zarządzaniem ryzykiem w systemach dystrybucji wody. Powyższe rozważania teoretyczne uzasadniają podjęcie badań opisanych w rozprawie.

Po zapoznaniu się z przedstawionym przeglądem danych literaturowych można stwierdzić, że zagadnienie ściśle związane z przedmiotem badań własnych zostało rozpoznane i opisane przez Doktoranta. Po przeglądzie literatury wprowadzającym czytelnika w tematykę pracy, sformułowano tezy, cel i zakres pracy. Tezy sformułowano następująco:

- Woda po procesie uzdatniania wprowadzona do sieci wodociągowej ulega ponownemu zanieczyszczeniu.
- Wtórne zanieczyszczenie wody uzdatnionej jest najczęściej skutkiem uwalniania, z osadów powstałych w sieci wodociągowej związków chemicznych, które powodują wzrost mętności i zabarwienia oraz wzrost stężenia niektórych parametrów chemicznych.

Pierwsza teza jest ogólna gdyż w literaturze znajduje się wiele informacji na temat zjawiska ponownego zanieczyszczenia wody w systemie dystrybucji. Przykładowo wybrane dane są także cytowane w pracy doktorskiej na str. 13/14, 24/25. Druga teza sugeruje, że będą badane różne czynniki mające wpływ na uwalnianie związków chemicznych do sieci wodociągowej.

Głównym celem pracy była ocena zmienności parametrów wody w systemie wodociągowym. W ramach celów szczegółowych wymieniono:

- oszacowanie występowania wtórnego zanieczyszczenia wody w systemie dystrybucji dla poszczególnych układów technologicznych,
- określenie możliwości wykorzystania modelu hydraulicznego sieci wodociągowej do analizy rozkładów przestrzennych zanieczyszczenia,
- wykorzystanie metod geostatystycznych do analizy zmienności składu wody w systemach wodociągowych.

Zakres pracy podzielono na część literaturową i badawczą. W zakresie dotyczącym części literaturowej stwierdzono, że są opisane czynniki wpływające na stabilność wody, zjawisko wtórnego zanieczyszczenia wody w systemie dystrybucji z uwzględnieniem powstawania biofilmów i ryzyka zdrowotnego i technicznego a także możliwości zastosowania metod geostatystycznych. W zakresie części literaturowej wymieniono opis metod geostatystycznych, ale one znajdują się w dalszej części dysertacji. W zakresie dotyczącym części badawczej wyszczególniono następujące zagadnienia:

- określenie skuteczności procesów uzdatniania wody,
- porównanie zmian parametrów fizykochemicznych wody uzdatnianej
- w poszczególnych stacjach uzdatniania wody i punktach pomiarowych,
- badania warunków hydraulicznych pracy sieci wodociągowej,
- badania zmian zawartości parametrów fizykochemicznych w oparciu o skalibrowany model sieci wodociągowej,
- wykorzystania metod geostatystycznych do wyznaczania obszarów o podwyższonych wartościach parametrów.

W kolejnym rozdziale (trzecim) opisano obiekt badań czyli system zaopatrzenia w wodę aglomeracji warszawskiej, w skład którego wchodzi dwa zakłady wodociągowe (Centralny i Północny). Opisano Zakład Centralny uwzględniając dwie stacje uzdatniania wody („Filtry”, „Praga”) oraz Zakład Północny. Przedstawiono techniczne parametry ujęć wody oraz opisano technologie stosowane do przygotowania wody do spożycia w tych stacjach.

Następny rozdział to *Metodyka badań*. Próbkę wody do analiz pobierano z trzech stacji uzdatniania wody w takich punktach jak: po procesach uzdatniania, przed wtłoczeniem do sieci wodociągowej oraz w punktach kontrolnych. Punkty kontrolne zostały wytypowane w różnych punktach sieci wodociągowej na terenie miasta w liczbie: 39 na obszarze zasilanym przez Zakład Centralny (31 – ZC „Filtry”, 8 – ZC „Praga”) oraz 20 na obszarze zasilanym przez Zakład Północny. Badania prowadzono przez okres 1 roku, a próbki analizowano z częstotliwością – jednokrotnie w ciągu miesiąca. Rysunek 6 przedstawiający punkty poboru próbek jest szarocarny i punkty pomiarowe są trudne do identyfikacji i rozróżnienia. W pobranych próbkach wody wykonywano oznaczenia wybranych właściwości fizycznych takich jak: temperatura, barwa, mętność, przewodność elektrolityczna oraz chemicznych takich jak: pH, stężenie żelaza, jonów chlorkowych, chloru wolnego oraz ditlenku chloru.

Kolejne 33 strony pracy (podrozdział 4.1 do 4.10) poświęcono na opis informatycznych systemów jakie są stosowane w zakładach zaopatrzenia gospodarki komunalnej w wodę. Opisano system informacji geograficznej GIS z uwzględnieniem tworzenia map cyfrowych i oprogramowania geostatystycznego (program ArcGIS). Następnie scharakteryzowano cele zastosowania modelu hydraulicznego sieci wodociągowej, jego kalibrację oraz program Water GEMS jako jeden z programów stosowanych do modelowania symulacji eksploatacji sieci wodociągowej. Poruszono także problem niezawodności funkcjonowania systemu zaopatrzenia w

wodę i dostawy wody do odbiorców, charakterystykę materiałów stosowanych do budowy sieci wodociągowych oraz wyjaśniono pojęcie jądrowego estymatora gęstości. Przedstawiono zastosowanie metod geostatycznych do wyznaczania korelacji przestrzennych oraz uzupełnienia brakujących danych pomiarowych. W ramach tych metod przedstawiono model wariogramu, kriging prosty, zwyczajny, wskaźnikowy i blokowy, kokriging oraz błędy estymacji. Tą część pracy można było uzupełnić o informację, które z przedstawionych metod i w jakim zakresie były wykorzystywane do realizacji celów pracy.

W punkcie 5. zamieszczono opis wyników. Punkt ten podzielono na cztery podpunkty. Trzy pierwsze dotyczą takich zagadnień, których nie wymieniano w części metodycznej. Dotyczą problemów związanych z awaryjnością oraz obejmują obliczenia dla różnych wariantów inwestycyjnych sieci wodociągowej Wawer oraz Białoleka. W punkcie 5.1 przeanalizowano awaryjność sieci pod względem materiału stosowanego do jej budowy (stal, żeliwo, azbestocement, polietylen, polichlorek winylu), rodzaju przewodu (magistrala, przewód rozbiórczy, przyłącze) i jego średnicy. Uwzględniono także rodzaj awarii i metodę jej usunięcia a także rodzaj nawierzchni (zabudowa, tereny zielone). Porównano częstość awarii sieci w zależności od rodzaju przewodu w latach 2010 – 2012. Na podstawie danych z 3 lat opracowano mapy gęstości występowania awarii systemu wodociągowego w Warszawie. W punkcie 5.3 opisano warianty inwestycyjne dotyczące sieci wodociągowej w dzielnicy Wawer i Białoleka. Analizę wariantową prowadzono dla fragmentu sieci wodociągowej z wykorzystaniem modelowania na podstawie zapotrzebowania na wodę określoną w perspektywie lat 2014- 2025 oraz aktualnych danych. Wykorzystano pomiary ciśnienia udostępnione w MPWiK. Dzielnica Wawer jest zasilana ze stacji uzdatniania wody „Radość”, która wcześniej nie była opisywana w charakterystyce obiektów. Brakuje wyjaśnienia odnośnie celu dokonanej analizy rozbudowy inwestycji wodociągowych na tym obszarze, a w tekście na str. 90 znajduje się informacja, że inwestycja częściowo została zakończona w 2015r. W tym rozdziale znajdują się informacje zaczerpnięte z materiałów projektowych i nie określono wkładu w opracowanie tych danych. Podobne uwagi dotyczą tekstu zamieszczonego w podrozdziale 5.3.2 gdzie opisano warianty inwestycyjne sieci wodociągowej w dzielnicy Białoleka.

Zasadniczy punkt rozprawy zawierający wyniki ściśle związane z tematem pracy oraz tezami to punkt 5.4 zatytułowany *Wtórne zanieczyszczenie wody w systemie wodociągowym*. Zajmuje 78 stron tekstu i dotyczy zmian wartości wskaźników jakościowych wody w kolejności: temperatura, barwa, mętność, przewodność elektrolityczna, odczyn pH oraz stężenie żelaza, jonów chlorkowych, chloru wolnego oraz ditlenku chloru. W opisie wyników badanych wskaźników znajdują się rysunki przedstawiające wartości w punktach pomiarowych oraz rozkłady przestrzenne. Wyniki pomiarów wybranych wskaźników przedstawiono każdorazowo dla trzech ujęć wody (Zakład Północny, Zakład Centralny „Filtry” I Zakład Centralny „Praga”). Na rysunkach przedstawiających wartości badanych oznaczeń jest zbyt dużo danych i brakuje legendy co utrudnia ich czytelność. Uwzględniając szeroki zakres badań dotyczących jakości

wody i dużą liczbę punktów pomiarowych można było opracować wyniki w formie tabel lub rysunków przedstawiających mniejszą liczbę danych. Poprawiłoby to czytelność tej zasadniczej części pracy ściśle odpowiadającej tematowi i postawionym tezom rozprawy. Rozkłady przestrzenne analizowanych wskaźników wykonane zostały dla poszczególnych miesięcy i pogrupowane w 6-miesięczne okresy. W każdym przypadku wyliczono błędy estymacji rozkładów przestrzennych z wykorzystaniem krigingu zwyczajnego. Stwierdzono, że na podstawie obliczeń wykonanych z wykorzystaniem przyjętego modelu otrzymuje się wartości zaniżone (temperatura, barwa, mętność, przewodność właściwa, odczyn pH, stężenie żelaza, chlorków, chloru wolnego) lub zawyżone (ditlenek chloru) w porównaniu z rzeczywistymi. Na podstawie wyników badań analitycznych wyznaczono korelacje pomiędzy wartościami analizowanych wskaźników. Całość podsumowano i porównano średnie wartości poszczególnych wskaźników dla wody uzdatnionej oraz w punktach kontrolnych zlokalizowanych na sieci. Wzrost wartości wskaźników jakości wody w odniesieniu do oznaczonej w wodzie uzdatnionej był następujący:

- barwa – dla ujęcia Zakład Północny (ZP) – o 37,61 %, dla Zakład Centralny „Filtry” – o 5,00 %
- mętność dla ZP – o 47,62 %, dla ZC „Filtry” – o 161,54 %, dla Zakład Centralny „Praga” – o 190,00 %
- przewodność elektrolityczna – dla ZP – o 11,2 %
- stężenie jonów wodoru (pH) – dla ZC „Filtry” – o 0,68 %
- żelazo – dla ZP – o 400 %, dla ZC „Filtry” – o 250 %, natomiast dla ZC „Praga” – o 150 %.
- chlorki – dla ZP – o 85,02

W pozostałych przypadkach odnotowano spadek wartości analizowanych wskaźników.

- barwa – dla ZC „Praga” – o 7,14 %.
- przewodność elektrolityczna dla ZC „Filtry” – o 7,67 %, natomiast dla ZC „Praga” – o 7,52 %.
- stężenie jonów wodoru (pH) – dla ZP – spadek o 1,21 %, dla ZC „Praga” – spadek o 1,43 %.
- chlorki dla ZC „Filtry” – spadek o 2,82 %, natomiast dla ZC „Praga” – spadek o 13,38 %.

Końcowy punkt rozprawy to rozdział zatytułowany *Wnioski końcowe*. W tym rozdziale znajdują się informacje ogólne dotyczące przeprowadzonych badań.

Analizując treść pracy, opis wyników i podsumowanie należy stwierdzić, że tezy zostały udowodnione, a cele osiągnięte i udokumentowane wynikami badań. Materiał badawczy był szeroki, gdyż do badań pobierano próbki wody z trzech sieci wodociągowych z 59 punktów pomiarowych. Badania prowadzono z wykorzystaniem rzeczywistych próbek, co często utrudnia jednoznaczną interpretację (odnotowane wzrosty/spadki wartości analizowanych wskaźników jakościowych wody). Opracowanie wyników w formie rozkładów przestrzennych oraz modelowanie matematyczne dla wybranych fragmentów sieci wodociągowej świadczą o tym, że praca ma charakter analityczno-obliczeniowy. Tematyka doktoratu wpisuje się w aktualne problemy inżynierii środowiska w zakresie oceny występowania wtórnego zanieczyszczenia wody w systemie dystrybucji. Wyniki mogą zostać wykorzystane w praktyce do prognozowania zmian

jakości wody w systemie dystrybucji i zaplanowania działań zmierzających do ograniczenia zjawiska wtórnego zanieczyszczenia wody.

#### 4. Uwagi edycyjne

Podkreślając profesjonalne podejście Doktoranta do zagadnienia, zarówno w kwestii przeglądu literatury jak i organizacji badań a także opisu wyników, w rozprawie znalazły się nieliczne niedociągnięcia edycyjne. Nie mają one jednak wpływu na ocenę strony merytorycznej rozprawy. Uwagi edycyjne to przykładowo:

- W punkcie 1 jest tylko jeden podpunkt 1.1 – takiego układu zwykle nie stosuje się
- w całej pracy często tabele lub rysunki znajdują się za tekstem, w którym jest odwołanie, co utrudnia czytelność pracy
- powtórzenia informacji – przykładowo: str. 91 i str. 95; str. 37-44 i str. 116; identyczne zdania na str. 123,131,138,147,154,164,173,181,190
- nieprawidłowe sformułowania: „... woda... trafia do..”, „... a następnie trafia na..” (str.35 ), „następnie trafia do...”, „proces jest mocno uzależniony”, „ filtry pospieszne ... przejmują ciężar” (str.36), „konsekwencją tego jest możliwość stosowania prostego sposobu uzdatniania” (str.42), „woda z Jeziora... jest niezwykle trudna do uzdatnienia” (str. 43)
- Str. 43 - proces flotacji jest naturalnym fizycznym procesem wykorzystywanym do wstępnego oczyszczania wody surowej
- W tabeli 7 brak wyjaśnienia symbolu „a”
- Brak legendy na rysunkach przedstawiających zmiany wartości wskaźników jakości wody w rozdziale 5.4
- Podwójna numeracja – str. 82

#### 5. Zagadnienia do wyjaśnienia:

- W jakim celu analizowano awaryjność sieci oraz gęstość występowania awarii w latach 2010-2012?
- Określić z jakiego okresu pochodzą wyniki badań jakościowych w sieci wodociągowej?
- Skomentować zależność wartości wskaźników jakościowych wody od awaryjności sieci wodociągowej
- Wyjaśnić cel oraz omówić wyniki oceny wariantów inwestycyjnych sieci wodociągowej wraz z jednoznacznym określeniem wkładu własnego
- Wyjaśnić sformułowanie powtarzające się w komentarzach dotyczących zmian wartości wskaźników jakości wody „ wybrany model nieco zaniża (lub zawyża) zmienność wskaźnika..”
- Wyjaśnić, czy oznaczano stężenie jonów wodorowych czy wartość pH
- Omówić zmiany stężenia chloru wolnego i ditlenku chloru w wodzie
- Opracować wnioski końcowe w odniesieniu do tej pracy i celów pracy.

## 5. Wniosek końcowy

Uwzględniając zakres badań przedstawiony w rozprawie, stwierdzam, że opracowanie otrzymane do recenzji spełnia warunki prawne określone dla rozpraw doktorskich (Dz. U z 2018r. poz. 1668). Zatem wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżynierii Środowiska, Górnictwa i Energetyki Politechniki Warszawskiej o dopuszczenie mgr inż. Macieja Potyralla do dalszego postępowania kwalifikacyjnego przewidzianego w procedurze do uzyskania stopnia doktora nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

*Anna Włostkiewicz-Gulik*

