

**Recenzja**  
**rozprawy doktorskiej mgr inż. Macieja Potyralli**  
**pt. „Ocena zmienności chemicznych parametrów jakości wody**  
**w systemie wodociągowym”**  
**Promotor: dr hab. inż. Małgorzata Wojtkowska, prof. PW**

### 1. Podstawa opracowania recenzji rozprawy doktorskiej

Podstawę formalną przygotowania recenzji rozprawy doktorskiej mgr inż. Macieja Potyralli pt.: „Ocena zmienności chemicznych parametrów jakości wody w systemie wodociągowym” stanowi decyzja Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwa i Energetyka Politechniki Warszawskiej z dnia 18 października 2022 r., oraz pismo nr RDN-IŚGiE/97/2022 Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwa i Energetyka prof. dr hab. inż. Tomasza Wiśniewskiego z dnia 27 października 2022 r.

### 2. Ogólna charakterystyka rozprawy – ocena układu rozprawy doktorskiej wraz z informacją o jej poszczególnych częściach

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Macieja Potyralli liczy łącznie 220 stron. Część przeglądowa pracy wskazana przez Autora, jako rozdział 1. *Przegląd literatury* to około 7,7%, a część badawcza z dyskusją otrzymanych wyników obejmuje 74%. Pozostałą część rozprawy stanowią: tezy badawcze, cel główny i cele szczegółowe oraz zakres pracy, podsumowanie wyników pracy, wnioski końcowe, bibliografia, spis tabel i rysunków, spis treści oraz wykaz skrótów. Integralnym elementem rozprawy są streszczenia w języku polskim i angielskim. Praca zawiera elementy graficzne w postaci 78 rysunków i 29 tabel. Bibliografia przedmiotowej dysertacji obejmuje 181 pozycji, w tym 77 publikacji z ostatnich 10 lat, co stanowi 43% opracowań bibliografii. 115 pozycji literatury tworzą opracowania w języku angielskim, z 64% udziałem we wszystkich pozycjach zamieszczonej bibliografii.

Praca posiada tradycyjny układ, obejmujący 7 podstawowych rozdziałów, w którym można wydzielić trzy zasadnicze części. Część pierwszą, mającą charakter rozważań teoretycznych, obejmującą strony od 13 do 31 stanowią 2 rozdziały: rozdział 1 – *Przegląd literatury* oraz rozdział 2 – *Tezy, cel, zakres pracy*. Część drugą - analityczną, zawierającą strony od 32 do 193, stanowią treści rozdziałów: 3 – *Obiekt badań*, 4 – *Metodyka badań* oraz rozdziału 5 – *Wyniki badań*. Część ta poświęcona jest między innymi prezentacji metodyki badawczej wraz z interpretacją uzyskanych wyników przeprowadzonych analiz. Część trzecia rozprawy to *Podsumowanie wyników pracy* (rozdział 6) oraz *Wnioski końcowe* (rozdziału 7).

### 3. Szczegółowa ocena rozprawy

Rozprawa doktorska mgr inż. Macieja Potyralla została zatytułowana *Ocena zmienności parametrów jakości wody w systemie wodociągowym* poświęcona jest istotnym procesom zachodzącym w systemach zbiorowego zaopatrzenia w wodę (SZZW), które determinują jakość wody w kranie u konsumenta. Problematyka zmian jakości wody w SZZW znajduje się z obszaru zainteresowań licznych ośrodków badawczych w Polsce jak i na świecie, ale także stanowi kluczowe zagadnienie, z którym zmagają się eksploatacyjni systemów wodociągowych w codzienne podejmowanych działaniach operacyjnych. Zatem tematyka podjęta w rozprawie doktorskiej jest istotnej wagi, ze względu na aspekt zarówno naukowy jak i praktyczny. Jak wiadomo w sieciach wodociągowych występują różnego rodzaju zagrożenia związane z wytrącaniem się i sedymentacją rozmaitych osadów oraz procesami wtórnego zanieczyszczenia wody. Wtórne zanieczyszczenie może wynikać z wielu przyczyn, m. in. z braku stabilności chemicznej jak i biologicznej wody, ze zmian prędkości przepływu wody, przemian osadów jako konsekwencji zmiany warunków tlenowych (potencjału redox) oraz w wyniku tworzenia się sprzyjających warunków rozwoju mikroorganizmów zasiedlających biofilm, czy też w efekcie przedostawaniu się do sieci zanieczyszczeń ze źródeł zewnętrznych.

Merytoryczną część pracy stanowi 7 rozdziałów, z których pierwszy pt. *Przegląd literatury* posiada wydzielony podrozdział 1.1 *Stabilność wody wodociągowej* zawierający 3 uzupełniające się obszary tematyczne, w których poruszona została problematyka z zakresu:

- definicji, rodzajów i kryteriów oceny stabilności wody - rozdział 1.1.1;
- czynników determinujących stabilność wody wodociągowej - rozdział 1.1.2;
- skutków braku stabilności wody – rozdział 1.1.3.

Doktorant przeprowadził analizę stanu wiedzy, prezentowanej w światowej i krajowej literaturze, w obszarze zagadnień badawczych dotyczących stabilności wody w zakresie: europejskich jak i krajowych uwarunkowań prawnych regulujących jakość wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, sposobu oceny jakości wody przez konsumentów, czynników powodujących korozyjność wody, stabilność chemiczną i biologiczną wraz z czynnikami je determinującymi (t.j. temperatura wody, zawartość środków dezynfekcyjnych, warunki hydrauliczne w systemach dystrybucji wody, rodzaje materiałów i ich podatność na wtórne zanieczyszczenia wody) oraz skutków braku stabilności wody w tym faz tworzenia biofilmu, istoty problemów zdrowotnych, zarysu niekonwencjonalnych procesów uzdatniania wody wpływających na jej stabilność oraz statystyk Państwowej Inspekcji Sanitarnej dotyczących przyczyn pogorzenia jakości mikrobiologicznej wody w Polsce w 2019 r. Rozdział ten zasadniczo ma zachowaną strukturę uzupełniających się treści. Wydzielając podrozdział 1.1, zasadnym by było zachowanie konsekwencji podziału struktury przeglądu literatury poprzez zamieszczenie kolejnego, co najmniej jednego podrozdziału w ramach, którego celową by była prezentacja literatury dotycząca modeli hydraulicznych, czy też zastosowania GIS i metod geostatystycznych w przestrzennej analizie zmienności jakości wody w sieci wodociągowej, których przedmiot rozważań obecnie stanowi treść rozdziału 4 *Metodyka badań*. W mojej opinii taki rozdział treści nie do końca jest zasadnym. Należy także podkreślić, iż sam Autor w prezentacji zakresu rozprawy doktorskiej (rozdział 2) w odniesieniu do jej części literaturowej podkreślił, iż omówiono w niej m. in. „*możliwości zastosowania metod geostatystycznych*”.

Po wprowadzeniu czytelnika w tematykę dysertacji Pan mgr inż. Maciej Potyralla sformułował tezy badawcze, cel główny oraz cele szczegółowe, stanowiące treść rozdziału drugiego. W oparciu o dokonany przegląd literatury w rozprawie zostały postawione dwie następujące tezy:

**teza 1:** Woda po procesie uzdatniania wprowadzona do sieci wodociągowej ulega ponownemu zanieczyszczeniu;

**teza 2:** 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.

Głównym celem naukowych prowadzonych prac badawczych była ocena zmienności parametrów wody w systemie wodociągowym, natomiast cele szczegółowe to:

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

Po zapoznaniu się z przeglądem literatury, który jak wskazałam powyżej Doktorant zamieścił również w rozdziale 4, można stwierdzić, że podstawowe aspekty zagadnień związanych z przedmiotem badań zostały rozpoznane.

W trzecim rozdziale pt. *Obiekt badań* Autor zaprezentował przedmiot badań naukowych, którym jest system zaspotrzenia w wodę mieszkańców aglomeracji warszawskiej, będący w gestii zarządzania Miejskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji w m. st. Warszawie S.A. W rozdziale tym przedstawił podstawowe informacje dotyczące struktury zaspotrzenia w wodę, układu dystrybucji oraz dwóch zakładów produkcji wody: Zakład Północny i Zakład Centralny eksploatujący dwie stacje uzdatniania SUW Filtry i SUW Praga. Przyjęta, przez Doktoranta struktura wydzielenia 5 podrozdziałów poświęconych poszczególnym komponentom SZZW jest jak najbardziej poprawna, niemniej jednak w mojej ocenie w tym rozdziale wkrađły się nieścisłości i niedosyt pewnych informacji, które z punktu widzenia tematu dysertacji są kluczowe. Przykładowo w opisie sieci dystrybucji wody w aglomeracji warszawskiej (rozdział 3.2.) Autor podaje, że podsystem dystrybucji wody podzielony jest na trzy strefy zasilania (Zakład Centralny SUW Filtry, Zakład Centralny SUW Praga, Zakład Północny), a następnie odsyła czytelnika do rysunku 5. *Podział na strefy zasilania aglomeracji warszawskiej*, na którym prezentowane są dodatkowe dwie strefy z lokalnymi stacjami uzdatniania SUW Wesoła i SUW Wawer. W rozdziale tym zabrakło zupełnie opisu dotyczącego charakterystyki sieci wodociągowej w zakresie struktur wiekowej, materiałowej, czy struktury podziału na poszczególne średnice, czy też funkcji jaką pełni sieć (magistrale, sieć rozdzielcza, przyłącza wodociągowe), nie ma też informacji o tym, czy w tak rozległym systemie występują lokalne pompownie wody, zbiorniki sieciowe. Należy podkreślić, że pewna część tych informacji znalazła się w rozdziale 5. *Wyniki badań*, podrozdziale poświęcony prezentacji wyników badań z zakresu awaryjności sieci wodociągowej (str.77-78), co w mojej opinii powinno jednak znaleźć się w rozdziale poświęconym opisowi obiektu badań. Treści kolejnych podrozdziałów 3.3 - 3.5 poświęcone są opisom stacji uzdatniania wody. W rozdziale tym Pan mgr inż. Maciej Potyralla nie zachował spójnej struktury prezentowanych informacji, co w końcowym efekcie utrudnia czytelnikowi odbiór podstawowych treści, jakimi są poszczególne procesy technologiczne realizowane na wydzielonych SUW-ach, efektywność, których determinują zmienność chemiczną parametrów jakości wody w systemie wodociągowym, co jest treścią przedmiotowej dysertacji. Ponadto Autor nie unikał tu pewnych, niezasadnych powtórzeń – przykładowo na str. 33, 3 wiersz od dołu czytamy „...W latach 70 XX wiek, podczas kolejnej rozbudowy zakładu, związanej z rosnącym zapotrzebowaniem mieszkańców na wodę, wybudowano kolejne obiekty: uruchomienie drugiego ciągu technologicznego, opartego na chemicznym uzdatnianiu wody powierzchniowej metodą koagulacji z sedymentacją w pulsatorach i filtracją pośpieszną. Do procesu koagulacji stosowano siarczan glinu  $Al_2(SO_4)_3$ , który był wspomagany krzemionką aktywowaną”, i dalej na str. 35 (9-4 wiersz od dołu strony) mamy „...Podstawą układu technologicznego jest proces koagulacji (...). Ujmowana woda gromadzona jest w zbiornikach wody surowej, a następnie poprzez komory trafia do czterech pulsatorów, gdzie dodawane są roztwory reagentów (siarczanu glinu, krzemionki aktywowanej, pylistego węgla

*aktywnego)...*”. W opisie Zakładu Centralnego SUW Praga (rozdział 3.4) Autor zasadniczą część swoich rozważań poświęcił historii powstania ujęciu składającego się z Grubej Kałki oraz z ujęć uzupełniających UU1 i UU2, ich konstrukcji, czy też zasad skutecznej eksploatacji, podczas gdy opis procesów technologicznych został sprowadzony zaledwie do 1 akapitu zawierającego ich wyszczególnieni. W mojej opinii, uwzględniając zakres merytoryczny dysertacji w kontekście jej tytułu, zasadnym byłoby w części prezentacji przedmiotu badań zamieszczenie schematów bokowych poszczególnych ciągów technologicznych i podkreślenie w jaki sposób zapewniają one stabilność chemiczną i mikrobiologiczną wody.

W rozdziale czwartym *Metodyka badań* wydzielono aż 10 podrozdziałów, z których podrozdział 4.10 został podzielony na kolejne siedem, odrębnych części. Doktorant przedstawił w tej części pracy stan wiedzy prezentowany w światowej i krajowej literaturze w obszarze zagadnień dotyczących: systemów informacji geograficznej (podrozdział 4.1), Automated Mapping/Facilities Management (podrozdział 4.2), oprogramowania geostatystycznego ArcGIS (podrozdział 4.3), modeli hydraulicznych sieci wodociągowej (podrozdział 4.4), kalibracji modeli hydraulicznych (podrozdział 4.5), programu WaterGEMS V8 (podrozdział 4.6), charakterystyk materiałów budujących sieć wodociągową (podrozdział 4.7), niezawodności sieci wodociągowej (podrozdział 4.8), jądrowego estymatora gęstości rozkładu zmiennej losowej (podrozdział 4.9) oraz metod geostatystycznych (podrozdział 4.10) uwzględniających modelowanie wariogramu, kriging prosty, zwyczajny, wskaźnikowy, blokowy i kokriging, oraz błędy estymacji. W ocenie treści merytorycznych rozdziału uważam, że zakres i sposób prezentacji w mim tych zagadnień jest dyskusyjny i w wielu rozprawach stanowi komponent dogłębnej analizy stanu wiedzy światowej, jak i krajowej w zakresie wykorzystanych w badaniach narzędzi analitycznych. W mojej ocenie, tak szeroko rozbudowany, wielowątkowy rozdział, w konsekwencji spowodował, iż Pan mgr inż. Maciej Potyralla lapidarnie przedstawił zastosowaną metodykę badawczą. Niewątpliwie bardzo pomocnym w odbiorze tych treści byłby schemat blokowy pokazujący następujące po sobie etapy przeprowadzonych analiz naukowych.

Kolejny, czyli piaty rozdział zatytułowany *Wyniki badań* został podzielony na 4 podrozdziały, w których przedstawiono wyniki dokonanych analiz odnoszące się do: awaryjności badanej sieci wodociągowej (podrozdział 5.1), gęstości występowania awarii (podrozdział 5.2), wariantów inwestycyjnych (podrozdział 5.3) oraz wtórnego zanieczyszczenia wody w systemie wodociągowym (podrozdział 5.4). W podrozdziale 5.1 Doktorant szczegółowo przedstawił rezultaty badań awaryjności sieci wodociągowej w Warszawie. Została tu zaprezentowana ogólna zmienność liczebności awarii w poszczególnych miesiącach roku, liczba awarii w zależności od metod jej usuwania (tj. nasuwka dwudzielna oraz trójdzielna, opaska stalowa, pace spawalnicze, wstawienie odcinka, wstawienie trójnika, czy wymiana trójnika). Przedstawione rezultaty badań odnosiły się także do identyfikacji przyczyn wystąpienia awarii, zaprezentowanych na rysunku 14 (str. 81), która wykazała, iż najczęstszą przyczyną awarii były pęknięcia poprzeczne i korozja punktowa stali. Integralnym elementem oceny awaryjności warszawskiej sieci wodociągowej były badania uwzględniające liczbę awarii w zależności od typu nawierzchni. W końcowej części rozdziału Autor zamieścił rysunek 16 przedstawiający zmienność „jednostkowej częstości uszkodzeń sieci wodociągowej”, który w rzeczywistości prezentuje intensywność uszkodzeń. W ocenie treści tego rozdziału rodzi się pytanie: dlaczego Doktorant zamieściła w rozprawie tak rozbudowaną analizę awaryjności sieci wodociągowej bez odniesienia się do oceny, w jakim stopniu występujące awarie determinują zmienność jakości wody? W części metodycznej dysertacji (rozdział 4.7) nie ma szczegółowego omówienia metody przeprowadzonej analizy awaryjności, zatem skoro na rys. 16 przedstawione zostały wyniki z rozdziałem na lata badań 2010 – 2012, to jakie wartości są prezentowane na rysunkach 9 – 15, czy są to wartości odniesione do całego okresu 3-letnich badań, a może są to wartości średnie, tego niestety czytelnik z prezentowanych treści się nie dowie. Autor w swoich rozważaniach posługuje się pojęciem jednostkowa częstość uszkodzeń, podczas gdy parametr ten to intensywność uszkodzeń. W końcowej części dyskusji oceny awaryjności Doktorant

sformułował 6 wniosków, z których dwa pierwsze mają charakter ogólny. W mojej opinii w przypadku sformułowania wniosku trzeciego, samo stwierdzenie, że awaryjność uległa poprawie w odniesieniu do lat 1992-1996 to mało. Zasadnym byłoby w tym miejscu, przeprowadzenie dogłębnej dyskusji wskazującej, co przyczyniło się do zmniejszenia intensywności awarii warszawskiej sieci wodociągowej. We wniosku czwartym uzyskany parametr awaryjności został odniesiony do wartości dopuszczalnych dla systemów wodociągowych w Europie, bez podania w część metodycznej ani w tym miejscu źródła na podstawie, którego zostały przytoczone te wielkości. W mojej opinii zupełnie niezrozumiałym jest, dlaczego Doktorant formułuje ten wniosek w odniesieniu do wartości średniej intensywności uszkodzeń, podczas gdy na rys. 16 i wcześniejszej dyskusji prezentuje te wielkości w odniesieniu do typu przewodów, tym bardziej, że literatura przedmiotu wskazuje wartości progowe intensywności uszkodzeń dla sieci magistralnej, rozdzielczej i przyłączy wodociągowych. Kolejny rozdział dyskusji wyników 5.2 *Gęstość występowania awarii* rozpoczyna się od szczegółowego omówienia metody przeprowadzonej analizy, opartej na nieparametrycznej estymacji jądrowej z kryterium minimalizacji scałkowanego błędu średniokwadratowego MISE do doboru postaci jądra i parametru wygładzenia. Ta część podrozdziału powinna znaleźć się w rozdziale czwartym, który jest dedykowany metodyce badawczej. W prezentowanych (str. 86 rys.17) rezultatach przeprowadzonych badań zobrazowano przestrzenną gęstość występowania awarii. W legendzie rysunku 17 brak jest wyjaśnienia jaką wielkość przedstawiają poszczególne wartości. Interpretacja uzyskanych map nasuwa pytanie, co tak naprawdę prezentuje gęstość skupisk występowania awarii, bowiem Autor jedynie stwierdza „*Większe zagęszczenie zjawiska zobrazowane jest intensywniejszym kolorem*” i dalej stwierdza „... iż w 2010 roku zanotowano najwięcej awarii sieci wodociągowej na obszarze dzielnic Bemowo, środkowego i północnego Śródmieścia...”. Autor nie podaje jaka jest jednostka gęstości skupisk awarii, do czego ją odnosi do powierzchni, a może do gęstości sieci wodociągowej, czy też jej długości, co byłoby bardziej uzasadnione i ułatwiłoby czytelnikowi interpretację treści prezentowanych na mapach. W następnym rozdziale 5.3, zatytułowanym *Warianty inwestycyjne sieci wodociągowej*, Pan mgr inż. Maciej Potyralla prezentuje różne warianty inwestycyjne w wybranych dwóch dzielnicach Warszawy Wawer (podrozdział 5.3.1) i Białołęka (podrozdział 5.3.2). Pierwsze zaskoczenie czytelnika wzbudza fakt, dlaczego to zagadnienie zostało ujęte w dysertacji w kontekście jej tytułu oraz w kontekście szczegółowo nakreślonego na stronach 30-31 zakresu części badawczej. Wątpliwość budzi prezentowany na wstępie rozdziału cel przeprowadzonych analiz i zastosowanie modeli hydraulicznych do identyfikacji stanów zagrożenia normalnej pracy systemu wodociągowego, w których niestety nie uwzględniono uwarunkowań zmian jakości transportowanej wody. Na wstępie swoich rozważań Autor wskazuje, iż „...Dane wprowadzone do modelu dotyczyły fragmentu sieci wodociągowej w Warszawie, przy czym różne warianty jej rozbudowy odnosiły się do obecnych danych eksploatacyjnych oraz danych o zapotrzebowaniu na wodę w perspektywie 2014-2025”. Przedmiotowa informacja jest niejednoznaczna, a co za tym idzie dyskusyjna, bowiem, skoro w pracy wskazana została perspektywa szacowania liczby mieszkańców na lata 2014-2025, zatem „obecne dane eksploatacyjne” winny się odnosić do okresu sprzed 2014 r. – zatem jakie warianty inwestycyjne są tu rozważana, być może część z tych etapów inwestycji jest już rzeczywistością, i stanowi od lat eksploatowaną część SZZW. Powyższe zastrzeżenie znajduje również udokumentowanie w pierwszej części tej dyskusji prezentującej krótką charakterystykę dzielnicy Wawer oraz jej podział administracyjny wraz infrastrukturą wodociągowa w postaci przewodów magistralnych i rozdzielczych. Skala rysunku 20 (str. 91) przedstawiającego sieć wodociągową tej dzielnicy, jak i brak legendy czyni, iż informacje na nim zawarte dla czytelnika są nieprzystępne. Tym bardziej, iż zastawienie treści rysunku 20 z informacjami na rysunku 21 (str. 92) *Planowane inwestycje wodociągowe na terenie dzielnicy Wawer* (bardzo zbliżonych, bądź prawie takich samych) ponownie budzą wątpliwość czy opisane warianty rozbudowy sieci zostały już zrealizowane, czy ciągle stanowią plany inwestycyjne. W analizie zmienności parametrów hydraulicznych Doktorant wykorzystał nowoczesne narzędzie badawcze jakim są metody geostatystyczne, za pomocą których przedstawił

prawdopodobny rozkład ciśnienia w sieci wodociągowej dla wariantu 0 - rys.22, wariantu 1 – rys 24 oraz wariantu -2 rys. 26. Rozkłady te zostały wyznaczone na podstawie dokonanych symulacji matematycznych pracy sieci wodociągowej. Dyskusję uzyskanych wyników Doktorant przeprowadził dla 3 grup ciśnień: wysokie, średnie i niskie. Jednak, brak zdefiniowania wcześniej (w Metodocyce badawczej – rozdział 4) granic przedziałów tych ciśnień skutkowało w konsekwencji nieprecyzyjną dyskusją. Nasuwa się więc pytanie czym kierowa się Doktorant określając dla poszczególnych wariantów różne zakresy zmienności przedziałów wyróżnionych grup ciśnień tj. wariant 0: obszary wysokiego ciśnienia 39,31 - 47,43 mH<sub>2</sub>O, średniego ciśnienia 31,92 – 35,81 m H<sub>2</sub>O i niskiego ciśnienia 0-13,18 mH<sub>2</sub>O, wariant 1: obszary wysokiego ciśnienia 36,19 - 45,29 mH<sub>2</sub>O, średniego ciśnienia 19,95 – 32,32 mH<sub>2</sub>O i niskiego ciśnienia 0-5,81 mH<sub>2</sub>O oraz wariant 2: obszary wysokiego ciśnienia 36,27 - 45,15 mH<sub>2</sub>O, średniego ciśnienia 22,48 – 32,22 m H<sub>2</sub>O i niskiego ciśnienia 0-13,28 mH<sub>2</sub>O. Zwieńczeniem przeprowadzonych analiz geostatystycznych są semiwariogramy empiryczne ciśnienia w sieci wodociągowej, które zostały wygenerowane przy wykorzystaniu modelu sferycznego. W tej części dyskusji Pan mgr inż. Maciej Potyralla dokonał interpretacji uzyskanych wyników w parciu o wyznaczone charakterystyki wariogramów, w postaci paramentów: zakres oddziaływania  $a$ ; efekt samorodków  $c_0$  oraz próg  $c$ . Przeprowadzone interpretacja rozkładu ciśnienia potwierdziła przestrzenną zależność, i tym samym wykazała, iż MPWiK m. st. Warszawy S.A. w przypadku rozbudowy dzielnicy Wawer nie będzie w stanie zapewnić w całej dzielnicy dostaw wody z gwarantowaną wysokością ciśnienia (25 mH<sub>2</sub>O), a rejonami krytycznymi są obszary ul. Izbickiej oraz Aleksandrowa. Podobny zakres analizy został przeprowadzony dla Białołęki (podrozdział 5.3.2), dla której Doktorant rozważył aż 7 wariantów inwestycyjnych. Struktura prezentowanych treści podrozdziału, zastosowane narzędzia analityczne oraz sposób interpretacji uzyskanych wyników jest spójny z badaniami opisanymi powyżej dla dzielnicy Wawer. Dodatkowym elementem badań zaprezentowanym w tabeli 11 była analiza błęd prognoz rozkładów przestrzennych dla rozważanych wariantów obejmująca błąd średni (ME), błąd standardowy średniej (SEM), błąd średniokwadratowy (MSE) oraz pierwiastek błęd średniokwadratowego (RMSE). Ponadto w tej części dyskusji znalazły się, istotne kontekście tematu rozprawy, rozważania dotyczące analizy rozkładu przestrzennego prędkości przepływu wody w sieci wodociągowej dla wariantu 6 uwzględniająca wielkość zapotrzebowanie na wodę dla okresu 2014-2017 (rys. 33a str. 112) oraz perspektywy 2018-2025 (rys. 33b, str. 112), która wykazała, iż prędkość wody w planowanych do budowy odcinkach sieci wodociągowej znacznie przekracza prędkość stagnacji na poziomie 0,1 m/s. Dyskusja ta nie porusza zagadnień wpływu nowych inwestycji na zmianę prędkości przepływu wody w istniejącej infrastrukturze wodociągowej, poza stwierdzeniem (str. 114 8-7 linia od dołu) „...w większości rurociągów wartość ta jest znacznie większa niż zalecana wartość 0,5 m/s”. Z uwagi jednak na cel prowadzonych badań, w mojej opinii, zasadna byłaby szczegółowa analiza rozkładu tych prędkości w odniesieniu do obecnie występujących w sieci, co pozwoliłoby na wyznaczenie stref krytycznych z punktu widzenia ryzyka pogorszenia jakości transportowanej wody (zmiana kierunku przepływu, znaczący wzrost, czy spadek prędkości). W konkluzji rozważań wariantów rozbudowy infrastruktury wodociągowej Białołęki w warunkach rosnącego zapotrzebowania na wodę, Doktorant wskazał zasadność inwestycji wraz z kolejnością ich realizowania, tym samym wykazał, iż etap 2 ich realizacji jest mniej korzystny, ze względu na rozkład parametrów hydraulicznych w sieci wodociągowej, w odniesieniu do etapu 3.

W ostatnim podrozdziale 5.4 zatytułowanym *Wtórne zanieczyszczenie wody w systemie wodociągowym* Pan mgr inż. Maciej Potyralla zaprezentował dyskusję wyników ściśle związaną z celem i zakresem rozprawy doktorskiej. Podrozdział ten składa się z 10 wydzielonych części obejmujących dyskusję wyników dla: temperatury, mętności, przewodności, odczynu wody, zawartości żelaza, chlorków, chloru wolnego, dwutlenku chloru oraz korelacji między parametrami jakości wody w punktach kontrolnych monitoringu sieci wodociągowej. Wszystkie dziewięć części,

dyskusji tak jak wcześniejsze jej podrozdziału, rozpoczyna się komentarzami stanowiącym przegląd literatury, który nie zawsze są spójny z treściami odnoszącymi się do dyskusji wyników uzyskanych z własnych badań Doktoranta. Przykładowo pierwsza części podrozdziału 5.4.1 *Temperatura* zawiera rozważania dotyczące wpływu temperatury na efektywność procesów uzdatniania wody, czy rezultaty badań prowadzonych przez Annę Olejnik w zakresie m.in. oceny wpływu różnych czynników na wzrost liczby bakterii w sieci wodociągowej. Początkowe treści podrozdziału 5.4.2 *Barwa* przedstawiają, jaką barwą charakteryzują się różne typy wód oraz ścieki przemysłowe, co tą barwę wywołuje, w jaki sposób oznacza się barwę. Natomiast, ze wstępu rozdziału 5.4.3 *Mętność* dowiadujemy się z kolei o źródłach mętności, oraz jej wpływie na skuteczność jednostkowych procesów uzdatniania. Kolejny podrozdział 5.4.4 *Przewodność elektrolityczna* prezentuje podstawowe informacje na temat jonów występujących w wodzie wpływających na jej przewodnictwo, na temat konduktancji, czy też charakterystycznego poziomu przewodności elektrolitycznej dla różnych cieczy (wody zasilającej kotły wysokociśnieniowe, wody całkowicie zdemonizowanej, ścieków, stężonych kwasów i zasad). Podrozdział 5.4.5. *Odczyn* rozpoczyna się rozważaniami o czynnikach kształtujących pH wody, definicji zasadowości, źródeł kwasowości, wpływu pH na efektywność procesu koagulacji i dezynfekcji. Dalej we wstępie podrozdziału 5.4.6 *Żelazo* Pan mgr inż. Maciej Potyralla rozpatruje bardzo szeroko, szereg zagadnień dotyczących powstawania osadów żelazowych w sieci wodociągowej, ich wpływu na własności mechaniczne i hydrauliczne przewodów, form występowania żelaza w wodach naturalnych oraz źródeł przenikania żelaza do tych wód, jak również różnych typów korozji. Podobnie w podrozdziale 5.4.7 przedstawione zostały informacje o źródłach pochodzenia chlorków i ich stężeniach w różnych typach wód naturalnych, skutkach obecności chlorków w wodzie uzdatnionej. Kolejne obszernie rozważania o charakterze ogólnym występują w podrozdziale 5.4.8 *Chlor wolny*. Poruszają one temat form występowania chloru w wodzie uzdatnionej w tym definicji chloru wolnego, związanego i całkowitego, faz przemian chloru podczas transportu wody do konsumenta, czynników determinujących zmiany stężenia chloru wolnego w sieci wodociągowej, symulacyjnych modeli jakości wody (modele rozkładu chloru na podstawie publikacji Hołoty i inni, *Wykorzystanie programu WaterGEMS firmy Bentley do symulacji zmian stężenia chloru w rzeczywistej sieci wodociągowej*, Instal 2018, nr 12, s. 55-58) oraz różnych reagentów stosowanych w dezynfekcji wody wraz z interpretacją wskaźnika zapotrzebowania wody na chlor. Wstęp rozdziału 5.4.9. *Ditlenek chloru* zawiera krótki rys wdrażania dwutlenku chloru jako środka dezynfekcyjnego, mechanizmu działania  $\text{ClO}_2$  na bakterie i wirusy oraz rozważania na temat zalet i wad jego stosowania. Przyjęta przez Doktoranta taka struktura budowy podrozdziałów 5.4.1-5.4.9 jest dyskusyjna. W wielu rozprawach doktorskich, czy innych monograficznych opracowaniach naukowych, treści ogólne z obszaru poruszanych zagadnień są prezentowane w dedykowanym temu rozdziałowi *Przeгляд literatury*, który jest szczegółową oceną aktualnego stanu wiedzy światowych i krajowych badań z zakresu poruszanych zagadnień. Krytyczną, uwagę ogólną odnoszącą się do przedstawionych rezultatów badań zawartych w tym podrozdziale jest przyjęta forma ich prezentacji w postaci wykresów słupkowych. W mojej ocenie ta forma jest absolutnie nieprawidłowa, nie tylko z uwagi na zupełny brak czytelności prezentowanych treści, ale przede wszystkim ograniczonej możliwości interpretacji zjawisk dynamiki zmian, jakości wody w wydzielonych strefach zaopatrzenia. Wykresy te nie pozwalają na ocenę zmienności danego parametru wraz ze wzrostem odległości od punktu zasilania, co z punktu określonego celu dysertacji stanowiłoby wartościową część prezentowanej dyskusji. Zastosowanie przez Doktoranta w analizie rozkładu przestrzennego badanych parametrów narzędzi geostatystycznych opartych na metodzie krygingu zwyczajnego, stanowi nowoczesne narzędzie badawcze. Dyskusyjne, natomiast jest przyjęcie w legendzie różnych zakresów zmiennej dla poszczególnych miesięcy, co w konsekwencji nie pozwala na porównanie badanej zmienności przestrzennej danego parametru w poszczególnych miesiącach roku. Integralnym elementem przedstawionej dyskusji jest analiza błędów estymacji wyniki, które Doktorant prezentuje w tabelach 12 (temperatura), 14 (barwa), 16 (mętność), 18 (przewodność), 20 (pH), 22 (żelazo), 24 (chlorki),

25 (chlor wolny) oraz 26 (dwutlenek chloru). W tej części dyskusji brak jest wskazania dla jakiej populacji zmiennych, tj. z jakiego okresu badań, prowadzona jest analiza błędu, oraz jakim rozkładem zmiennej losowej błędy te się charakteryzują. Ostatnia część (podrozdział 5.4.10) poświęcona wtórnemu zanieczyszczeniu wody w systemie wodociągowym, prezentuje ocenę związków korelacji pomiędzy badanymi parametrami jakości wody, która została oparta na klasyfikacji J. Guilford'a. Uzyskane wyniki badań Doktorant przedstawił w tabelach 27, 28 i 29.

W rozdziale 6 zamieszczano podsumowanie wyników pracy. Doktorant przedstawił tu wartości średnie poszczególnych parametrów jakości wody na wyjściu ze stacji uzdatniania oraz wartości średnie i maksymalne w punktach kontrolnych monitoringu w trzech strefach zasilania. Uwzględniając fakt, że jest to rozdział poświęcony podsumowaniu uzyskanych wyników prac badawczych, błędem jest prezentowanie tu wartości maksymalnych wielkości poszczególnych parterów jedynie w punktach kontrolnych, z pominięciem wartości maksymalnych osiągniętych w wodzie zasilającej sieć wodociągową. Integralnym elementem tej części dysertacji jest prezentacja procentowego wskaźnika względnego poziomu zmienności wartości średnich parametrów wody w sieci wodociągowej w odniesieniu do wartości średniej w wodzie zasilającej, na podstawie którego Pan mgr inż. Maciej Potyralla sformułował stwierdzenie „*Analiza badanych próbek pobranych w punktach kontrolnych zlokalizowanych na sieci wodociągowej wskazuje na znaczne pogorszenie jakości dostarczanej wody*”. Uwzględniając zaprezentowane wyniki, w mojej opinii, takie arbitralne stwierdzenie nie jest właściwe z naukowego punktu widzenia, ponieważ dotyczy tylko 5 przypadków na 18 wskazanych. Wzrost stężenia powyżej 100% obserwowano jedynie dla żelaza i mętności, dla których uzyskane wartości bezwzględne były znacznie niższe od wartości parametrycznej. Natomiast, aż w 13 przypadkach (72% prezentowanych wyników) odnotowano zakres zmian na poziomie znacznie poniżej 100%, w tym dla 7 przypadków odnotowano spadek w zakresie od 1,21% do 13,38% (barwa ZPC, przewodność elektrolityczna ZCF i ZCP, pH ZP i ZPC, chlorki ZCF i ZCP), dla 2 przypadków odnotowano wzrost odpowiednio o 0,68% dla pH wody (ZCF) i 5% dla barwy (ZCF), w 3 przypadkach odnotowano wzrost w zakresie 10%-50% (barwa ZP, mętność ZP, przewodność elektrolityczna ZP), i w 1 przypadku wzrost 85,02% (chlorki ZP). Należy podkreślić, czego zabrakło niestety w prezentowanym podsumowaniu, że średnie stężenia parametrów dla których odnotowano wzrost w stosunku do średniego stężenia w wodzie zasilającej sieć wodociągową osiągnęły poziom znacznie poniżej wartości parametrycznej (żelazo 0,2 mg/l, mętność 1 NTU) tj. dla żelaza 0,06 mg/l w ZP, a dla mętności 0,29 NTU w ZCP. Istotnym brakiem tej części dysertacji jest pominięcie w podsumowaniu przypadków charakteryzujących się maksymalnym stężeniem żelaza we wszystkich strefach zasilania, które przekroczyły wartość parametryczną.

Rozdział 7 *Wnioski końcowe* zawiera treści, w których Pan mgr inż. Maciej Potyralla przedstawił w formie zwartej wnioski odnoszące się do realizacji zakresu merytorycznego dysertacji. Można tu wyróżnić dwie grupy wniosków obejmujące konkluzje z analizy wtórnego zanieczyszczenia wody w sieci wodociągowej oraz wskazań wynikających z analizy gesostwytystycznej planów inwestycyjnych w dzielnicach Wawer i Białołęka. Niektóre z wniosków dotyczących jakości wody mają bardzo ogólny charakter, i wręcz wynikają ze standardów funkcjonowania SZZW oraz uregulowań prawnych. Przykładowo Doktorant stwierdza, że przeprowadzone badania potwierdził, iż w sieci następuje pogorszenie jakości wody (2 akapit od góry strony 196), jednak woda ta spełnia wymogi określone w rozporządzeniu Ministra Zdrowia dot. jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz. U. 2017, poz.2294). Jest oczywistym, że woda w tak rozległym w systemie dystrybucji jak sieć wodociągowa Warszawy podlega zmianom jakości, natomiast zasadnym byłby tu wniosek wskazujący jaka jest dynamika tych zmian w funkcji wzrostu odległości od punktu zasilania, czy też wniosek z analizy korelacji wzrostu stężeń żelaza i mętności oraz analiza losowych przypadków przekroczenia wartości parametrycznych dla żelaza i chloru wolnego. Doktorant wskazał ponadto, że dla dwutlenku chloru nie ma na normy określającej jego dopuszczalne stężenie, natomiast są normowane stężenia



ubocznych produktów utleniania. Zakres prezentowanych badań nie obejmowała analizy ubocznych produktów dezynfekcji zatem, takie stwierdzenie we wnioskach końcowych wydaje się niezasadne. Poza tym, Pan Maciej Potyralla podkreślił, że zakres zmian jakości wody są wywołane wielkością natężenia przepływu wody i jej poboru, czego również nie obejmowały przeprowadzone badania. Reprezentatywnym wnioskiem z przeprowadzonych badań jest potwierdzenie, możliwości wykorzystania metod geostatystycznych w analizie przestrzennej zmian jakości wody w sieci wodociągowej jak i w wyznaczaniu obszarów o obniżonych parametrach hydraulicznych pracy sieci wodociągowej. We wnioskach zabrakło odniesienia się wprost do postawionych dwóch tez – czy zostały udowodnione, jak i odniesienia do sprecyzowanego celu głównego i trzech celów szczegółowych – czy zostały osiągnięte. W mojej opinii takie odniesienie byłoby zasadne w tej części dysertacji, tym bardziej, iż jeden z celów szczegółowych dotyczący *„określenie możliwości wykorzystania modelu hydraulicznego sieci wodociągowej do analizy rozkładów przestrzennych zanieczyszczenia”*, nie znalazł pokrycia w dyskusji wyników własnych badań Doktoranta.

Analizując treści pracy, opis uzyskanych wyników, podsumowanie i wnioski końcowe, należy stwierdzić, że postawione tezy zostały udowodnione oraz większość postawionych celów osiągnięta. Do oryginalnych osiągnięć naukowych Doktoranta należy zaliczyć wykorzystanie metod geostatystycznych w przestrzennej prezentacji zakresu zmienności jakości wody oraz parametrów hydraulicznych, których zastosowanie w praktyce wodociągowej może stanowić narzędzie wspierające bieżące decyzje eksploatacyjne jak i wieloletnie plany inwestycyjne. W podsumowaniu ogólnej oceny treści dysertacji, należy stwierdzić, że tematyka doktoratu wpisuje się w aktualne problemy inżynierii środowiska, a w szczególności w zakresie dostaw wody do odbiorców o jakości spełniającej wymogi określone w rozporządzeniu Ministra Zdrowia z 2017 r (Dz. U. 2017, poz. 2294).

#### 4. Ważniejsze uwagi dyskusyjne i redakcyjne

W mojej ocenie przedstawiona do recenzji rozprawa jest obszerna po względem zdefiniowanego zakresu prac badawczych, co w konsekwencji przyczyniło się, iż niektóre zagadnienia zostały jedynie zasygnalizowane i ogólnikowo opisane. Pomimo tego uzyskane wyniki badań i przeprowadzona dyskusja, pozwoliły Doktorantowi na osiągnięciu założonego głównego celu badawczego. W pracy pojawiły się pewne braki i nieścisłości. Ważniejsze z nich, o charakterze dyskusyjnym, przedstawiam poniżej.

1. Rozdziale 3. *Obiekt badań* – w kontekście postawionych dwóch tez i zdefiniowanych celów badań, zasadnym byłoby szczegółowe przybliżenie czytelnikowi budowy sieci wodociągowej Warszawy w zakresie: długości, struktury wiekowej i materiałowej, bowiem w sieci wodociągowej dochodzi do wtórnego zanieczyszczenia wody. Poza tym Autor pisze *„Układ dystrybucji wody... podzielony jest na trzy strefy zasilania...”*, i dalej *„Podział aglomeracji warszawskiej na strefy zasilania w wodę został przedstawiony na rysunku nr 5.”* I tu pojawia się niespójność treści, gdyż na rys. 5 widnieją 5 wydzielonych stref zasilania, dodatkowo Zakład Centralny SUW „Wesła” i Zakład Centralny SUW „Wawer”. Dla osoby nieznającej systemu zaspatrzenia w wodę Warszawy taki zapis jest mylący. Zatem jak w rzeczywistości zbudowany jest system zasilania Warszawy w wodę?

2. Treści rozdziału 3. *Obiekt badań* stanowią także opisy 3 stacji uzdatniania, które nie zostały opisane według spójnego schematu. Przykładowo w rozdziale 3.3 *Zakład Centralny SUW Filtry*, Autor wielokrotnie powtarza te same treści, co w konsekwencji wprowadza pewien nieporządek w logicznie następujących po sobie procesach jednostkowych uzdatniania wody, służących konkretnemu efektowi technologicznemu. Przykładowo na str. 33 (1 i 2 wiersz od dołu) czytamy *„...uruchomienie drugiego ciągu technologicznego, opartego na chemicznym uzdatnianiu wody powierzchniowej metodą koagulacji z sedymentacją w pulsatorach i filtracji pospiesznej. Do procesu koagulacji stosowano siarczan glinu  $Al_2(SO_4)_3$ , który był wspomagany krzemionką aktywowaną...”* i kilka akapitów dalej, na 35 stronie, Autor ponownie pisze *„...Ujmowana woda (...) trafia do czterech pulsatorów, gdzie dozowane są roztwory reagentów (siarczanu glinu, krzemionki aktywowanej, pylistego węgla*

*aktywnego...*". W treści tego rozdziału pojawiają się także informacje, że woda uzdatniania jest na dwóch liniach produkcyjnych nr 1 i nr 2 (tabela 4), ale również stronie 35 (3 wiersz poniżej tabeli 3) widnieje zapis „... *Układ technologiczny obejmuje dwie linie produkcyjne – podstawową i uzupełniającą...*”. Zapisy takie nasuwają pytanie: czy to są te same linie technologiczne? Jaką jest rola linii uzupełniającej, w procesie produkcji wody na SUW Filtry?

3. Kolejny obiekt opisany w rozdziale 3, stanowiący treść podrozdziału 3.4, to Zakład Centralny SUW Praga. Dominację stanowi tu opis ujęć infiltracyjnych (Gruba Kaśka, ujęcia uzupełniające UU1 i UU2), natomiast opis układu technologicznego został tu sprowadzony do całkowitego minimum, obejmującego jedynie wyliczenie jednostkowych procesów technologicznych. Zasadnym jest, w kontekście celu pracy, by opisy te obejmowały szczegółową charakterystykę procesu uzdatniania wody, która jest kluczowym działaniem technologicznym determinującym zmienność chemiczną parametrów jakości wody w systemie wodociągowym. Ponadto w tym rozdziale (str. 41, 5 wiersz od dołu) Autor stwierdza, „...*Analiza wyników badań wody infiltracyjnej (...), na tle sezonowego zmiennego składu wody w Wiśle wskazuje, że w wyniku procesów jednostkowych zachodzących w pasażu wody w gruncie następuje usunięcie z wody zanieczyszczeń, (...) jakość wody dopływającej do stacji uzdatniania jest w znacznym stopniu wyrównana...*”. Ponieważ Autor nie zamieścił w tym miejscu żadnych wartości parametrów jakości wody w Wiśle, ani wody ujmowanej, to takie stwierdzenie budzi niedosyt informacji, tym bardziej że powszechnym jest fakt, iż zadaniem ujęć infiltracyjnych jest stabilizacja parametrów ujmowanej wody. Zasadnym, więc byłoby w tym miejscu, skomentowanie jakie Doktorant miał na myśli procesy jednostkowe zachodzące w gruncie, jakie one przyniosły efekty dla ujmowanej wody, do jakich parametrów wody się one odnoszą?

4. W opisie metodyki badań brak jest wskazania, w jaki sposób, według jakich kryteriów Doktorant dokonał wyboru punktów kontrolnych pomiaru jakości wody w sieci wodociągowej, w jakie były przyjęte kryteria wyboru parametrów jakości wody do oceny poziomu wtórnego zanieczyszczenia wody, w jakim horyzoncie czasowym realizowano serie pomiarowe? Proszę o przedstawienie metody typowania punktów do badań zmienności jakości wody i kryteriów wyboru danych parametrów jakości wody.

5. Rozdziały 4.4 *Model hydrauliczny sieci wodociągowej* oraz 4.5 *Kalibracja modelu hydraulicznego* nie zawierają treści odnoszących się do przedmiotu badań. Zatem proszę o wyjaśnienie z jakich elementów zbudowany jest model hydrauliczny warszawskiej sieci wodociągowej, jak przyjęto w nim strukturę zasilania oraz jak uwzględniono zmienność rozbiórów węzłowych. Ponadto proszę o przedstawienie, w jaki sposób dokonano kalibracji modelu, w ilu punktach dokonywano pomiaru parametrów hydraulicznych? Jaki uzyskano błąd kalibracji? W jaki sposób dokonano oceny „...*możliwości wykorzystania modelu hydraulicznego sieci wodociągowej do analizy rozkładów przestrzennych zanieczyszczenia*”, stanowiącej jeden ze szczegółowych celów dysertacji?

6. Na stronie 64 zaprezentowano formułę matematyczną na jądrowy estymator gęstości, proszę o wyjaśnienie parametrów występujących w formule nr 2. Czy finalnie był wyznaczany ten estymator w badaniach własnych? Jaka jest interpretacja globalnej funkcji K (formuła nr 3)? Jakimi rozkładami charakteryzowały się zmienności badanych parametrów jakości wody? Jakimi testami statystycznymi były badane te rozkłady?

7. W rozdziale 4.10.1 *Modelowanie wariogramu*, w mojej opinii zasadnym byłoby w sposób precyzyjny krok po kroku, lub w postaci graficznej, przedstawienie metody modelowania wariogramu. Treści tego rozdziału nasuwają pytanie, jakie są poszczególne etapy modelowania wariogramu? Ponadto, co determinuje wybór określonego modelu z prezentowanych 6 modeli: sferyczny, wykładniczy, gaussowski, liniowy i logarytmiczny?

8. Doktorant w swoich badaniach analizowała zmienność odczynu wody. W pracy wielokrotnie pojawia się pojęcie stężenie wodoru wody, zamiast odczyn pH wody np. tytuły rysunków 54, 55 i 56, czy str. 151 (2 wiersz, drugiego akapitu) „...*można zauważyć zróżnicowanie stężenia jonów wodoru...*”, dalej w rozdziale 6. *Podsumowanie wyników pracy* str.194 i 195 (trzecie wypunktowanie

od dołu stron) mamy „stężenie jonów wodorowych (pH)”. Zatem proszę o wyjaśnienie co to jest pH wody?

9. Jak wskazałam w punkcie 3. Szczegółowa ocena rozprawy, Doktorant przedstawił dogłębną dyskusję wyników dotyczących oceny awaryjności sieci wodociągowej Warszawy. Proszę o wyjaśnienie jak była intencja i czemu miły służyć przedstawione wyników dogłębnej analizy uszkodzeń sieci wodociągowej w kontekście tematu pracy i postawionych dwóch tez badawczych?

10. Na rysunku 16 str. 82 prezentowane są wyniki badań z lat 2010 – 2012. Nasuwa się pytanie czy pozostałe wykresy 9-15 przedstawiają także wyniki trzyletnich badań, pochodzących sprzed 10-12 lat, jeśli nie to z jakiego okresu one pochodzą? Czy prezentują one średnią z okresu badań, czy całkowitą liczbę awarii? Skoro na wykresie 16 przedstawiona została intensywność uszkodzeń, dlaczego wcześniejsze analizy odnoszące się jedynie do liczby awarii? Jaka jest różnica pomiędzy częstością uszkodzeń, a intensywnością uszkodzeń? Z uwagi na prezentowane wyniki badań na rys. 16, nasuwa się pytanie dlaczego we wniosku 4 (str. 83) Doktorant przedstawił wartość średnią jednostkowej częstości uszkodzeń w latach 2010-2012?

11. Zakres przeprowadzonych badań, obejmowała również analizę różnych wariantów inwestycyjnych rozbudowy sieci wodociągowej. Lektura tej części dysertacji nasuwa pytanie: dlaczego Doktorant w analizach dla rozważanych przypadków przyjął różne granice przedziałów wysokiego, średniego i niskiego ciśnienia? Takie podejście ograniczyło możliwość oceny przestrzennej zmienności rozkładu ciśnienia pomiędzy badanymi wariantami prezentowanymi na rys. 22, 24, i 26, oraz 29-32. Uwaga, ta również odnosi się do prezentowanych rozkładów przestrzennych parametrów jakości wody (rys. 37 i 38, 42 i 43, 47 i 48, 52 i 53, 57 i 58, 62 i 63, 67 i 68, 72 i 73, oraz 77 i 78) - jak interpretować zmienność rozkładów parametrów jakości wody w poszczególnych miesiącach roku? Poza tym wyjaśnienia wymaga interpretacja prezentowanych rozkładów przestrzennych ciśnień w sieci wodociągowej, przykładowo dla wariantu 0, Autor przyjął obszary wysokiego ciśnienia w zakresie ciśnień 39,31 – 47,43 mH<sub>2</sub>O, obszary średnich ciśnień – 31,92 – 35,81 mH<sub>2</sub>O oraz obszary niskich ciśnień w zakresie zmienności 0 – 13,18 mH<sub>2</sub>O. Zatem, do jakiej kategorii należałoby odnieść obszar o zmienności ciśnienia z zakresu 13,19 – 31,91 mH<sub>2</sub>O, czy z zakresu 35,80 – 39,30 mH<sub>2</sub>O?

12. Dla rozważanych inwestycji zostały sporządzone wariogramy ciśnień w sieci wodociągowej, dla których wyznaczył zasięg korelacji wariogramu oraz efekt samorodków. W przypadku dzielnicy Wawer badania korelacji przestrzennej wykonane zostały dla 3503 „odczytów ciśnienia” (str. 94), a dla dzielnicy Białołęka dla 1571 „punktów odczytu ciśnienia” (str.104). Dla obydwu obiektów badań Doktorant stwierdził, iż układ punktów pomiarowych, wynikający z układu czujników miał wpływ na określenie wariogramu empirycznego. Ponieważ w dysertacji nie wskazano lokalizacji punktów pomiaru ciśnienia, również nie została podana liczba tych punktów, nasuwa się pytanie w jaki sposób zostały wytypowane punkty pomiaru, w jakim okresie dokonywano pomiarów, w jaki sposób Doktorant analizował wpływ lokalizacji punktów pomiarowych na wybór konkretnego modelu wariogramu z 6 prezentowanych w rozdziale 4, w jaki sposób Doktorant badał dopasowanie tej funkcji?

13. Dla wariogramów rozkładu ciśnień różnych analizowanych wariantów inwestycji Doktorant wyznaczył ich cechy takie jak zasięg korelacji i efekt samorodków, proszę o wyjaśnienie w jaki sposób te parametry były wyznaczane i jaka jest ich interpretacja? W jaki sposób były uśredniane wyniki pomiarów? Ponadto dla przeprowadzonych analiz Pan mgr inż. Maciej Potyralla wyznaczał stosunek efektu samorodków do wartości nasycenia, na podstawie którego stwierdził „... mały stosunek (...) świadczy o tym, że błędy te nie wpływały na otrzymany rozkład przestrzenny”. Mimo, iż w pracy nie zaprezentowano wprost tych stosunków, to w przypadku analizy wariantów inwestycyjnych dla dzielnicy Wawer można takie stwierdzenie przyjąć, to w przypadku analiz dla Białołęki budzi ono wątpliwość bowiem efekt samorodków w każdym z 6 badanych wariantów był równy 0. Proszę o wyjaśnienie interpretacji stosunku efektu samorodków do wartości nasyceni, oraz o jakich błędach jest tu mowa.

14. W dyskusji wyników Pan mgr inż. Macie Potyralla przedstawił wyniki oszacowania błędów estymacji dla rozkładu przestrzennych badanych zmiennych jakości wody wykonanych przy użyciu krakingu zwyczajnego (tabele 12, 14, 16, 18, 20, 22 i 24), jednak nie wskazał na jakich zbiorach danych dokonał szacowania tych błędów. Przy lekturze tych fragmentów dyskusji nasuwa się pytanie w jaki sposób to szacowanie błędów było wykonane, z jakiego okresu pochodziły dane do analizy błędów estymacji, czy badany był rozkład tych błędów?

15. Przedmiotowa praca została napisana poprawnie językowo, co znacznie ułatwia lekturę treści dysertacji. Autor jednak nie ustrzegł się drobnych, błędów literowych i redakcyjnych, niektóre z nich przedstawiam poniżej.

- większość elementów graficznych, ze względu na formę prezentacji jest zupełnie nieczytelna przykładowo rys. 6, 22, 24, 26, czy też wykresy słupkowe prezentujące zmienność poszczególnych parametrów w systemie dystrybucji, w takiej formie nic nie wnoszą do treści dysertacji;
- str. 15, 3 wiersz od góry, brak nawiasu zamykającego wtrącenie;
- str. 54 druga linia od dołu jest „Według Siwiona...” powinno być „Według Siwonia...”;
- str. 61 (3 wiersz od góry), str. 78 (rys.10, parz 3 wiersz od góry), str. 89 (9 linia od dołu) użyto rzadko stosowane określenie „przewody rozbiorcze”, raczej powinno być „przewody rozdzielcze”;
- str. 80 – błędny tytuł rysunku jest „Udział procentowy średnic przewodów sieci wodociągowej”, z treści rozważań wynika, że jest to udział procentowy poszczególnych średnic przewodów w liczbie odnotowanych awarii;
- str. 87, 5 wiersz od góry jest „dzienicy” powinno być „dzielnicy”;
- str. 9 odstani wiersz od dołu jest „Podobny, jak poprzednio” powinno być „Podobnie, jak poprzednio”;
- błąd stylistyczny str. 83, drugi punkt podsumowań: „Najwłaściwszym wskaźnikiem do oceny stanu technicznego przewodów wodociągowych jest wskaźnik jednostkowej części uszkodzeń. Jest to spowodowane brakiem wymaganych danych umożliwiających wykonanie obliczeń.

## 5. Podsumowanie i wnioski końcowe

Podsumowując recenzję, rozprawę doktorską Pana mgr inż. Macieja Potyralla pt. „Ocena zmienności chemicznych parametrów jakości wody w systemie wodociągowym” wykonaną pod opieką naukową promotora dr hab. inż. Małgorzaty Wojtkowskiej, prof. PW oceniam pozytywnie. W moim przekonaniu, przedłożona do recenzji rozprawa doktorska spełnia ustawowe wymagania dotyczące rozpraw doktorskich zawarte w art. 187 Prawo o szkolnictwie wyższym (Dz. U. 2018, poz. 1668 z późniejszymi zmianami). Stanowi ona oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, o potencjale aplikacyjnym. Treść rozprawy potwierdza wiedzę teoretyczną Doktoranta. Sprecyzowane w pracy: cele, tezy i zakres badań, ich zaplanowanie i opis, a także interpretacja uzyskanych wyników świadczą o dojrzałości naukowej Doktoranta, a tym samym o Jego umiejętności do samodzielnego prowadzenia prac naukowych. Zatem wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Warszawskiej o dopuszczenie mgr inż. Macieja Potyralla do dalszego postępowania kwalifikacyjnego przewidzianego w procedurze uzyskania stopnia doktora nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka.

Gliwice, 9 stycznia 2023 r.

