

dr hab. inż. Dariusz Kowalski, prof. PL
Wydział Inżynierii Środowiska
Politechnika Lubelska
ul. Nadbystrzycka 40B
20-618 Lublin

Lublin, 03.12.2018 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Izabeli Piegoń pt. „Metoda analizy i oceny bezpieczeństwa dostawy wody z wykorzystaniem map ryzyka”

1. Podstawy formalne sporządzenia recenzji

Recenzja przygotowana została w związku z decyzją, z dnia 14.11.2018 r. Rady Wydziału Budownictwa Inżynierii Środowiska i Architektury, Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza. O decyzji powołującej mnie na recenzenta w przewodzie doktorskim mgr inż. Izabeli Piegoń zostałem poinformowany przez Dziekana Wydziału, dr hab. inż. Piotra Koszelnika, prof. PRz., w piśmie z dnia 27.11.2018 r. Podstawą opracowania recenzji był przesłany na mój adres wydrukowany egzemplarz pracy.

2. Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Izabeli Piegoń przygotowana na Wydziale Budownictwa Inżynierii Środowiska i Architektury Politechniki Rzeszowskiej, której promotorem jest dr hab. inż. Barbara Tchórzaska-Cieślak, prof. PRz.

Rozprawa obejmuje 301 stron. Zawiera również 12 załączników. Podzielona jest na 15 rozdziałów, z czego cztery ostatnie stanowią odpowiednio spisy: 377 pozycji literatury, 79 rysunków, 70 tabel oraz 12 załączników. Pracę uzupełniają streszczenia w języku polskim i angielskim.

Oceniana rozprawa została przygotowana w trakcie realizacji projektu „TRANSFERENCIA – wzrost kompetencji pracowników naukowych w zakresie transferu wiedzy z sektora nauki do przedsiębiorstwa”. Projekt ten był realizowany w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki. Autorka rozprawy była członkiem zespołu realizującego niniejszy projekt.

3. Charakterystyka i ocena rozprawy doktorskiej

3.1. Podjęta tematyka badawcza

Podjęta tematyka badawcza choć nie jest nowa, to jednak wciąż aktualna. W ostatnich latach wyraźnie zyskuje ona na znaczeniu. Kwestie bezpieczeństwa dostawy wody znajdują się w centrum zainteresowania zarówno przedsiębiorstw wodociągowych jak i służb związanych z zarządzaniem kryzysowym. Potwierdzeniem aktualności podjętej tematyki są liczne

konferencje tematyczne organizowane zarówno w naszym kraju jak i na świecie, a także pojawiające się w setkach artykuły w liczących się czasopismach naukowych.

Pomimo wielu lat badań ukierunkowanych początkowo na aspekt niezawodnościowy, później obejmujących szacowanie ryzyka a następnie zarządzanie nim w systemach wodociągowych, wciąż istnieje potrzeba opracowywania nowych narzędzi pozwalających na podnoszenie działań związanych z zapewnieniem bezpieczeństwa ich funkcjonowania. Wciąż rozwijane narzędzia uwzględniają coraz więcej parametrów szacowania ryzyka. Jego klasyczna definicja już nie wystarcza, stąd podejmowane próby jej poszerzenia.

Powstające w ramach tzw. planów bezpieczeństwa opracowania związane z szacowaniem ryzyka, określeniem stosownych barier i procedur działania nie zawsze obejmują wszystkie możliwe zdarzenia niepożądane. Rośnie ilość informacji niezbędnych do przyswojenia przez dyspozytorów systemów wodociągowych, przez co łatwo o pomyłki. Od trafności decyzji podejmowanych przez dyspozytorów, jak również szybkości ich podjęcia, zależy często nie tylko bezpieczeństwo, ale wręcz życie odbiorców wody. Warto zatem opracowywać nowe, niemal intuicyjne narzędzia wspomagające pracę dyspozytorów, szczególnie w sytuacjach występowania różnego typu zagrożeń.

Narzędzia te powinny uwzględniać jak największe spektrum zagrożeń i obejmować możliwie dużą liczbę parametrów ryzyka. Powinny jednocześnie wpisywać się w istniejące trendy informatyzacji przedsiębiorstw wodociągowych, jak również integrować rozproszoną w ich poszczególnych wydziałach wiedzę.

Podjęta przez doktorantkę tematyka badawcza wpisuje się w powyższe trendy. Autorka podejmuje próbę integrowania różnych obszarów wiedzy z zakresu zarządzania ryzykiem w przedsiębiorstwach wodociągowych poprzez tworzenie map ryzyka. Z całą pewnością takie podejście jest nowatorskie i może stanowić swego rodzaju przełom w pracy przedsiębiorstw wodociągowych. Równolegle z opracowaniem map ryzyka doktorantka podjęła próbę opracowania metody hierarchizacji zdarzeń niepożądanych, co stanowi bardzo dobre uzupełnienie powstającego narzędzia wspomagania pracy dyspozytorów systemów wodociągowych.

Biorąc pod uwagę powyższe uznaję, że podjęta przez mgr inż. Izabelę Piegoń tematyka badawcza jest aktualna i spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim. Odpowiada ona dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska.

3.2. Ocena poszczególnych rozdziałów

Oceniana rozprawa składa się z 15 rozdziałów, do których dołączono spis literatury, rysunków, tabel oraz załączniki zawierające zestawienia awarii sieci wodociągowej w latach 2008÷2017 oraz zestawienie danych do programu Statistica, stanowiące materiał źródłowy do prowadzonych badań i analiz.

3.2.1. Rozdział pierwszy

Stanowi on wstęp do rozprawy, obejmujący krótkie wprowadzenie i ogólną charakterystykę konstrukcji pracy w formie przewodnika oraz krótką propozycję rozwiązań podjętych problemów.

Jak na standardy prac doktorskich jest to rozdział bardzo obszerny. Znaczną jego część stanowi jednak swego rodzaju przewodnik po pracy. Biorąc pod uwagę obszerność pracy jest

to bardzo przydatne dla czytelnika. W niektórych fragmentach wstęp ma charakter przeglądu literatury.

3.2.2. Rozdział drugi

Rozdział drugi zawiera cel, zakres oraz postawione tezy pracy.

Moim zdaniem niepotrzebnie w rozdziale tym Autorka przedstawiła najpierw główny cel pracy, a następnie cel naukowy. Zamiast tego proponowałbym przyjęcie układu przedmiot oraz cel pracy. Praca doktorska jest pracą naukową więc i cel naukowy jest wystarczający do jej realizacji. W ocenianej rozprawie cel ten został dobrze sformułowany.

Cel utylitarny został sformułowany poprawnie choć słowo „przygotowanie” proponowałbym zastąpić przez „opracowanie”.

W rozdziale brakuje podkreślenia nowatorstwa i własnego wkładu w rozwój metod oceny ryzyka. Jest to na szczęście widoczne w dalszej części pracy, choć wymaga nieco więcej wysiłku od czytelnika. W tekście rozdziału pojawił się skrót myślowy „modelowanie rozmyte”, który jest dla mnie nie do końca zrozumiały. Użycie w bliskim sąsiedztwie słów „metodologia”, „metodyka” i „metoda” powoduje nieco zamieszania i prowokuje pytanie którego z nich Autorka powinna używać w opisie celu.

W zamieszczonym w rozdziale zakresie pracy pierwsze cztery punkty to przegląd literatury. Uważam, że niepotrzebnie jest on rozbijany na oddzielne zagadnienia. Należy jednak podkreślić, że zakres pracy jest spójny i przedstawia drogę prowadzącą do osiągnięcia założonych celów.

Przyjęte w pracy tezy sformułowano poprawnie. Przedstawiony diagram prezentujący zakres tematyczny oraz strukturę ocenianej pracy jest bardzo przydatny w kontekście jej dużej objętości. Świadczy też o rzetelnym podejściu metodycznym do realizacji pracy.

3.2.3. Rozdział trzeci

W rozdziale trzecim Autorka sporządziła szczegółowy przegląd literatury na temat niezawodności, bezpieczeństwa, ryzyka, aplikacji GIS oraz map ryzyka. Przedstawiona analiza literatury stanowi tło merytoryczne pracy oraz punkt wyjścia dla postawionych tez oraz kolejnych zagadnień podjętych w ramach dysertacji. Poruszono tu zagadnienia związane z samym bezpieczeństwem funkcjonowania Podsystemu Dystrybucji Wody, z zarządzaniem kryzysowym włącznie. W rozdziale tym wymieniono także najważniejsze regulacje prawne oraz główne przyczyny zmian jakości wody przeznaczonej do spożycia.

Rozdział ten jest bardzo rozbudowany. Można polemizować czy rys historyczny jest tu niezbędny. Jego zamieszczenie świadczy jednak o rzetelnym przygotowaniu Autorki do realizacji pracy. Ze względu na dużą objętość rozdziału Autorka nie ustrzegła się powtórzeń i zbędnych z punktu widzenia realizacji pracy informacji. Dodatkowo pominęła w tym rozdziale szereg zagadnień zawartych w rozdziałach następnym, które zaczyna właśnie od przeglądu literatury.

Warto podkreślić, że rozdział ten stanowi dobre oparcie do dalszych rozważań. Wyraźnie wskazuje na istniejącą lukę w rozwiązywaniu zagadnień zarządzania ryzykiem, którą Autorka chciała wypełnić ocenianą pracą. Autorka wykorzystwała praktycznie wszystkie kluczowe dla podjętej tematyki prace naukowe.

Przy ewentualnej publikacji pracy proponowałbym jednak ograniczenie wielkości rozdziału. Proponowałbym także zmienić nazwę jednego z podrozdziałów. Istniejący tytuł „Pojęcie bezpieczeństwa i ryzyka braku dostawy wody” proponowałbym zastąpić poprzez „Przyjęte definicje ...”

3.2.4. Rozdział czwarty

Zagadnienia poruszane w rozdziale czwartym koncentrują się wokół charakterystyki zdarzeń niepożądanych, które towarzyszą eksploatacji każdego systemu technicznego. W rozdziale tym Autorka zaproponowała formularz karty uszkodzeń elementu liniowego sieci wodociągowej.

W rozdziale tym dobrze przeprowadzono analizę przyczyn niedoskonałości zwartości istniejących baz danych w przedsiębiorstwach wodociągowych. Prawdłowo także wskazano na możliwości poprawy tego stanu. W niektórych fragmentach znajduje się moim zdaniem zbyt mało odwołań do literatury, przez co czasami trudno jest odróżnić co jest pracą Autorki a co zaczerpnięto z dostępnych publikacji. Zaproponowany formularz jest bardzo rozbudowany, co prowokuje pytanie o celowość pozyskiwania danych, z których później Autorka nie korzystała w pracy, jak również o możliwości uzyskania odpowiedzi na postawione w formularzu pytania.

3.2.5. Rozdział piąty

W rozdziale piątym Autorka przedstawiła własną koncepcję tworzenia map ryzyka braku lub ograniczenia dostawy wody. Jest to jeden z kluczowych rozdziałów ocenianej pracy. autorka rozpoczęła go od wprowadzenia własnej definicji map ryzyka. Przyjęta koncepcja ich opracowywania stanowi adaptację rozwiązań istniejących w innych dziedzinach. Jej zastosowanie w zarządzaniu systemem wodociągowym stanowi jednak nowość. Na uwagę zasługuje intuicyjny aspekt interpretacji tego typu map, co wpisuje się znakomicie w działania wspomagające pracę dyspozytorów sieci wodociągowych. Ciekawy i moim zdaniem wartościowy jest sposób opisu ryzyka. Autorka wykorzystwała dwuparametryczne ramy tego opisu. Parametry te uzależniła jednak od wielu czynników. Takie podejście bardzo ułatwia sporządzanie map. Wizualizacja map w warunkach normalnych i kryzysowych pracy wodociągu stanowi rozwiązanie bardzo ułatwiające intuicyjną interpretację wielu zawartych tam danych. Na uwagę zasługuje też wyraźne sprecyzowanie odbiorców opracowanych map. Pozwoliło to Autorce na wyeksponowanie najbardziej wartościowych z ich punktu widzenia danych.

Kilka uwag szczegółowych:

- czy rys. 5.1 stanowi opracowanie własne czy literaturowe?
- str. 73 - procedura identyfikacji – na jakiej podstawie przyjęto zaproponowaną klasyfikację?
- przytoczone wzory na ryzyko powinny znaleźć się moim zdaniem w przeglądzie literatury,
- tabele 5.12 i następne stanowią powtórzenie tabel z początku rozdziału 5.1. Dołączony do nich komentarz moim zdaniem niedostatecznie uzasadnia to powtórzenie.

3.2.6. Rozdział szósty

W rozdziale szóstym Autorka skupiła się na możliwości wykorzystania środowiska informatycznego do opracowania map ryzyka. Omówiła najważniejsze pojęcia i definicje związane z systemami informacji przestrzennej.

Początek tego rozdziału stanowi przegląd literatury, który moim zdaniem nie jest niezbędny z punktu widzenia celu ocenianej pracy. Czytając pracę w rozdziale tym spodziewałem się bezpośredniego ukierunkowania na ustalenie procedury budowy własnych map ryzyka. Procedura ta jest moim zdaniem zbyt słabo widoczna. Na szczęście w późniejszej części pracy Autorka podaje konkretne przykłady, które ułatwiają jej zrozumienie.

3.2.7. Rozdział siódmy

Rozdział siódmy przedstawia koncepcję wykorzystania teorii zbiorów rozmytych w procesie hierarchizacji typów awarii. Zaprezentowano w nim założenia metody oraz propozycję hierarchizacji awarii sieci wodociągowej skutkujących brakiem dostawy wody lub jej ograniczeniem.

Wykorzystanie teorii zbiorów rozmytych w analizie i ocenie ryzyka, stanowi zauważalny wkład zespołu Politechniki Rzeszowskiej w rozwój problematyki bezpieczeństwa systemów wodociągowych. W ocenianej pracy Autorka poszerzyła dotychczasowy sposób wykorzystania tej teorii. Za bardzo ciekawe uznaję zastosowanie tej teorii do hierarchizacji zdarzeń niepożądanych. Jest to nowe podejście zasługujące na podkreślenie.

Jedyna uwaga związana jest z obecnością przeglądu literatury na początku rozdziału. Przegląd ten powinien znaleźć się moim zdaniem w początkowej części pracy.

3.2.8. Rozdział ósmy

W rozdziale ósmym Autorka scharakteryzowała system masowej obsługi. Opracowała również modele pracy brygad remontowych, wykorzystując teorię kolejek oraz obsługę zgłoszeń z priorytetem i bez priorytetu. Rozdział zawiera propozycję kryteriów nadawania zgłoszeniom o awariach priorytetów obsługi. Sporządzono w nim dwa modele obsługi bezpieczeństwa dostawy wody uwzględniające obsługę zdarzeń eksploatacyjnych spodziewanych i niespodziewanych. Przedstawiono również metodykę analizy kosztów remontu sieci wodociągowej na analizowanym obszarze zasilania w wodę.

Zarówno systemy masowej obsługi, jak i metody analizy remontowo kosztowej nie są nowością same w sobie. Autorka jednak w zgrabny sposób zaadoptowała je do celów zarządzania ryzykiem w przedsiębiorstwach wodociągowych. Dzięki temu uzyskała kolejne narzędzie wspomagające pracę dyspozytora sieci. Zastosowaną metodę uznaję za bardzo cenną z tego punktu widzenia.

Nieco zbyt słabo moim zdaniem uwypuklono własny wkład Autorki w opracowaną metodę. W efekcie miejscami trudno mi ocenić co stanowi przegląd literatury, a co jest własnym wkładem Autorki.

3.2.9. Rozdział dziewiąty

Rozdział dziewiąty stanowią informacje ogólne na temat metodyki wykonywanych badań i analiz.

Autorka rozpoczęła ten rozdział od przedstawienia źródeł danych. Następnie bardzo krótko przedstawiła opisowo zakres wykonanych badań i analiz. Rozdział ten jest moim zdaniem nieco słabszy od pozostałych. Niejasne jest dla mnie dlaczego wyróżniono w nim pojedynczy podrozdział. Zbyt rzadko moim zdaniem Autorka odwoływała się do rozdziałów poprzednich zawierających opisy koncepcji podejmowanych działań. Z treści rozdziału nie zawsze wynika co i w jaki sposób Autorka zamierzała zrobić.

3.2.10. Rozdział dziesiąty

W rozdziale dziesiątym zawarto wyniki badań oraz zastosowanie proponowanych metod i rozwiązań dla sieci wodociągowej miasta Rzeszowa.

Rozdział rozpoczęto od krótkiego opisu obiektu. Autorka w tekście wspomina o 11 zbiornikach zapasowo wyrównawczych, jednak na mapie wyróżnia tylko 2 spośród nich. Nie wyróżnia także żeliwa szarego i sferoidalnego w odniesieniu do materiału przewodów. Nie jest dla mnie jasne co oznacza sformułowanie „pełny monitoring sieci” – rodzaj i liczba czujników, sposób raportowania etc.?

W dalszej części rozdziału Autorka poświęca wiele uwagi analizie niezawodnościowej pracy rozpatrywanej sieci, ze szczególnym uwzględnieniem liczby awarii. Liczba ta moim zdaniem powinna stanowić jedynie bazę do rozważań opartych bardziej o współczynnik intensywności uszkodzeń. Bez uwzględnienia długości danych rodzajów przewodów uzyskiwane wnioski z analizy mogą być błędne – np. najmniej awarii występuje w przewodach o średnicy 63 mm – przewodów tych jest po prostu bardzo mało. Autorka częściowo potwierdza moją opinię na etapie analizy współczynnika intensywności uszkodzeń.

Kilka uwag szczegółowych do przeprowadzonej analizy niezawodnościowej:

- rys. 10.15 jest nieczytelny,
- rys. 10.22 – analizę przedstawionych rezultatów ułatwiłoby uzupełnienie rysunków o granice istotności,
- przedstawione w tabeli 10.12 wartości współczynnika korelacji pomiędzy liczbą awarii i temperaturą powietrza są bardzo niskie. W tym kontekście wnioskowanie o istnieniu wprost lub odwrotnej proporcjonalności powyższego związku ma raczej charakter życzeniowy,
- być może, w powyższym kontekście warto byłoby rozważyć przeprowadzenie analizy korelacyjnej pomiędzy temperaturą gruntu a liczbą uszkodzeń. Badania temperatury gruntu na różnych głębokościach prowadzą systematycznie Uniwersytety Przyrodnicze i niektóre stacje IMGW,
- zawarte w niniejszym rozdziale analizy oparte o współczynnik intensywności uszkodzeń są moim zdaniem bardziej wiarygodne. Szkoda, że ich zakres nie jest tak duży jak w przypadku liczby uszkodzeń,
- na stronie 170 pojawia się akapit o liczbie uszkodzeń – to chyba pomyłka. Ten fragment powinien znaleźć się przed analizą współczynnika intensywności uszkodzeń,

- tabela 10.15 – czy byłoby możliwe odnieść zmiany wartości współczynnika intensywności uszkodzeń do działań przedsiębiorstwa (wymiana rur, modernizacje, zmiana ciśnienia etc.),
- wnioski z analizy współczynnika intensywności uszkodzeń są miejscami odwrotne do wyciągniętych z analiz liczby awarii.

Za bardzo cenny i jednocześnie pracochłonny uznaję podrozdział ukierunkowany na wizualizację awaryjności rozpatrywanej sieci. Uzyskane narzędzie stanowi dobry, intuicyjny w interpretacji, materiał dla służb dyspozytorskich. Cenne jest, że powstała baza uwzględnia nie tylko liczby ale też dodatkowe parametry awarii (materiał, średnice, czas, przyczyna). Baza ta stanowi jednocześnie podstawę do sporządzania map ryzyka.

Opis sposobu sporządzania map ryzyka jest czytelny i może stanowić swego rodzaju poradnik dla osób chcących powtórzyć przedstawiony proces w warunkach innej sieci. Znakomitym uzupełnieniem powstałych map jest wprowadzenie hierarchizacji typów awarii oraz przeprowadzenie analizy pracy brygad remontowych. Ta ostatnia nie jest niestety oparta o rachunek optymalizacyjny, jednak zawiera wybór wariantu najkorzystniejszego spośród analizowanych.

Podrozdział ukierunkowany na ryzyko braku dostawy wody w sytuacji kryzysowej zaczyna się od uzupełnienia opisu obiektu. Moim zdaniem ten fragment tekstu powinien znaleźć się na początku całego rozdziału 10. Nieco dyskusyjne jest oszacowanie liczby osób niezameldowanych na 5%. W niektórych miastach liczba ta jest znacząco wyższa. W tekście podrozdziału stosunkowo niejasny jest opis jaką sytuację kryzysową przyjęto: awaria ujęcia, magistrali czy po prostu brak dostawy wody z wodociągu dla danej dzielnicy? Zrozumienie tego wymaga bardzo wnikliwej lektury dalszej części pracy. Nie jest także dla mnie jasne co oznaczają kolory na rysunku 10.63 i następnych – mapy ryzyka. Dyskusyjną sprawą jest publiczne udostępnienie dokładnej lokalizacji studni awaryjnej (str. 248) – jest to moim zdaniem wątpliwe z punktu widzenia bezpieczeństwa – zagrożenie sabotażem.

3.2.11. Rozdział jedenasty

Rozdział jedenasty, zawiera podsumowanie, wnioski końcowe oraz perspektywy dalszych badań. Jest on moim zdaniem zbyt obszerny. Daje się tu zauważyć pewne wymieszanie elementów podsumowania i wniosków. Po jednej grupie wniosków następuje kolejne podsumowanie i dalsze wnioski. Przed ewentualną publikacją wyników pracy warto ten rozdział przereklamować podkreślając nowość opracowanej metodologii. Przyjęta w pracy teza została udowodniona. Przedstawione wnioski zostały wcześniej udowodnione. Dobrze scharakteryzowano perspektywy dalszych badań.

3.2.12 Bibliografia

Ogółem Autorka wykazała 377 cytowanych pozycji literatury, z czego 40 z ostatnich pięciu lat oraz 97 z okresu 5-10 lat. W języku angielskim zacytowała 105 prac, rosyjskim 3 i niemieckim 2. W podanym wykazie znalazło się 9 prac w których była autorką lub współautorką. Bibliografia zawiera dodatkowo 18 aktów prawnych, 7 norm oraz 9 stron internetowych. Warto zauważyć, że Autorka cytowała najważniejsze pozycje źródłowe, w tym także z początków XX wieku.

4. Podsumowanie

Biorąc pod uwagę przedstawioną powyżej charakterystykę pracy, wraz wskazanymi uwagami krytycznymi należy uznać, że Autorka udowodniła przyjęte tezy badawcze. Zrealizowała także wszystkie postawione cele badawcze. Oryginalnym osiągnięciem Autorki jest opracowanie metodyki sporządzania map ryzyka oraz opracowanie dodatkowych narzędzi wspomagających proces podejmowania decyzji przez dyspozytorów sieci wodociągowych, w kontekście bezpieczeństwa zaopatrzenia w wodę jej odbiorców. Opracowana metodyka i narzędzia mogą być wykorzystane nie tylko w warunkach sieci wodociągowych, ale także innych rodzajów infrastruktury krytycznej miast.

Przy opracowywaniu ocenianej rozprawy Autorka nie ustrzegła się potknięć wskazanych w niniejszej recenzji. W związku z powyższym proponuję aby Autorka odniosła się do następujących pytań:

- *jak rozumieć pojęcia metodologia, metodyka i metoda w kontekście celu i zakresu pracy?*
- *czy w kontekście przeprowadzonych analiz korelacyjnych można zasugerować optymalny przedział temperaturowy pracy wodociągu?*
- *w jaki sposób widziałby Autorka proces szkolenia służb eksploatacyjnych w kontekście opracowanych przez siebie narzędzi?*

5. Wniosek końcowy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska **mgr inż. Izabeli Piegoń pt. „Metoda analizy i oceny bezpieczeństwa dostawy wody z wykorzystaniem map ryzyka”** jest oryginalnym, naukowym osiągnięciem Autora i spełnia wymagania określone w *Ustawie z dn. 14.03.2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki*. W związku z tym, wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Dawid Kowalski