

Prof. dr hab. inż. Cezary Madryas, prof. zw.
Politechnika Wroclawska
Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego
Katedra Mechaniki Budowli i Inżynierii Miejskiej

Wrocław, 11 stycznia 2016 r.

Recenzja
rozprawy doktorskiej mgr inż. Anny Parki
pt. „**Dobór powłok rehabilitacyjnych stosowanych w bezwykopowej
odnowie przewodów wodociągowych**”

1. Formalna podstawa opracowania recenzji

Formalną podstawę opracowania recenzji stanowią: zlecenie na jej wykonanie skierowane do mnie przez Dziekana Wydziału Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki Politechniki Świętokrzyskiej pismem (ID-002-9/15) z dnia 1 grudnia 2015 roku oraz dołączony do ww. pisma egzemplarz rozprawy doktorskiej autorstwa mgr inż. Anny Parki pt. „**Dobór powłok rehabilitacyjnych stosowanych w bezwykopowej odnowie przewodów wodociągowych**”, wydanej w Kielcach w 2015 roku, w postaci maszynopisu afiliowanego przez Politechnikę Świętokrzyską, Wydział Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki.

2. Analiza treści pracy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska została napisana na 279 stronach numerowanych, po których dołączono (bez numeracji stron): spis literatury (223 pozycje), spis tabel (41 pozycji), spis rysunków (36 pozycji) oraz załącznik 1 zawierający 5 tabel w kolejności numeracji i jedną tabelę oznaczoną powtórnie numerem 1 jak i nie odpowiadającym jej zawartości opisem. Treść dysertacji, poprzedzonej spisem treści i wykazem najważniejszych symboli i oznaczeń, podzielono na 10 rozdziałów. Do rozprawy nie dołączono streszczenia w języku angielskim.

W rozdziale pierwszym, nazwanym „Wstępem” i napisanym na 4 stronach, opisano przedmiot i zakres dysertacji, określono trzy główne cele naukowe oraz cel użytkowy, a także tezę i przyjęte definicje. Jako użytkowy cel przyjęto:

- cyt.: „... racjonalizację procesu decyzyjnego związanego z planowaniem odnowy przewodów wodociągowych, w tym w szczególności ograniczenie liczby błędów polegających na wyborze powłok rehabilitacyjnych niedostosowanych do aktualnego stanu technicznego tych przewodów”.

Zacytowany powyżej cel pracy ma być osiągnięty w wyniku opracowania stosownego modelu matematycznego, co wyraża postawiona w rozprawie teza, cyt.: „Opracowanie modelu matematycznego doboru powłok rehabilitacyjnych umożliwi wytypowanie spośród dostępnych obecnie powłok, które dla przyjętych założeń oraz warunków ograniczających, zapewnią bezawaryjną pracę przewodu wodociągowego przy zachowaniu wymaganej przepustowości przewodu wynikającej z ustalonych warunków zasilania jednostki osadniczej w wodę”.

Analizując cytowane zapisy należy uznać, że cel pracy jest określony prawidłowo i wychodzi naprzeciw potrzebom instytucji zarządzających sieciami wodociągowymi zlecającymi ich odnowy, a także projektantom takich odnów. Nie zawsze może on być zgodny z interesami firm prowadzących odnowy, które często dążą wyłącznie do maksymalnego zysku, a nie techniczno-ekonomicznej racjonalizacji procesu. Może to mieć znaczenie w przypadku przedsięwzięć realizowanych według zasady „projektuj i buduj”.

Przyjęta droga do osiągnięcia celu jest trudna i wymagała od Doktorantki głębokiego rozpoznania renowacyjnych technologii bezwykopowych i mechanizmów ich stosowania, metod oceny stanu przewodów i interpretacji wyników przeprowadzonych ocen oraz narzędzi matematycznych umożliwiających opis składników procesu racjonalizacji jak też budowę algorytmów wyłaniających najkorzystniejsze rozwiązania.

Ponadto, realizacja celu i udowodnienie tezy wymagały od Doktorantki, jak napisała we wstępie opracowania:

- cyt.: „...własnego podziału technologii bezwykopowej odnowy przewodów wodociągowych ze względu na klasę powłok w nich stosowanych”,
- cyt.: „...bazy danych zawierających zestawienie najważniejszych parametrów wytrzymałościowych powłok rehabilitacyjnych...”,
- cyt.: „...modelu matematycznego doboru powłok rehabilitacyjnych stosowanych w bezwykopowej odnowie przewodów wodociągowych”.

Rozważania teoretyczne weryfikowała na przykładzie sieci wodociągowej zaopatrującej Kielce, co wymagało:

- cyt.: „analizy uszkodzeń przewodów wodociągowych eksploatowanych na terenie Kielc”,
- cyt.: „opracowania klasyfikacji przewodów wodociągowych ze względu na rodzaj i skalę uszkodzeń w nich występujących”,
- cyt.: „weryfikacji zaproponowanego modelu na przykładzie wybranych przewodów wodociągowych, które uległy awarii w założonym okresie obserwacji tj. w latach 2007-2011”.

W rozdziale drugim, napisanym na 24 stronach na podstawie studium literatury tematu, Autorka przedstawiła wyniki cyt.: „przeгляdu wybranych strategii, modeli i pakietów oprogramowania opracowanych w celu wspomagania realizacji procesu decyzyjnego związanego z planowaniem odnowy przewodów wodociągowych”.

Przywołane tu pozycje literaturowe (kilkadziesiąt pozycji) są aktualne i wystarczająco, a może nawet zbyt szeroko, opisują problem oraz stan obecny. Autorka rozpoczyna od opisów historycznych działań w tym zakresie kończąc na opracowaniach najnowszych. Wydaje się, że tak szerokie ujęcie tematu nie było konieczne w przypadku pracy doktorskiej tym bardziej, że w tego typu wąskich opracowaniach jakimi są dysertacje doktorskie nawiązuje się w konsekwencji i tak do badań najbardziej aktualnych. W podsumowaniu tego rozdziału Autorka słusznie stwierdza, że pomimo mnogości podejść do problemu doskonalenia procesu odnowy sieci wodociągowych, nie uzyskano rozwiązań na tyle zamkniętych aby pozwalały uznać temat za wyczerpany. Uzasadnia to bez wątpienia celowość podjętych przez Doktorantkę badań.

Rozdział trzeci, napisany na 5 stronach, to krótkie ale wystarczające studium literatury dotyczącej bezwykopowych technologii rehabilitacji sieci wodociągowych. Autorka przywołuje tu raport *United States Environment Protection Agency* z 2013 roku wskazujący, że w przypadku sieci wodociągowych możliwe jest stosowanie 43 różnych, bezwykopowych technologii ich odnowy. Świadczy to bez wątpienia o złożoności problemu wyboru. W pewnym sensie nadmiar możliwości powoduje, że w konsekwencji wybory dokonywane są na podstawie preferencji decydenta wynikających często z chęci uproszczenia procesu lub ograniczonej wiedzy o możliwościach jakie stwarza rynek, w tym także polski, pomimo że nie wszystkie technologie jak dotąd były tu aplikowane. Problem ten zauważa także Autorka. Wobec przedstawionej mnogości technologii, których liczba będzie prawdopodobnie jeszcze się zwiększać w wyniku ciągłych poszukiwań innowacyjnych rozwiązań, Doktorantka przywołuje podział na 5 grup technologii ustalonych w 2010 roku przez normę (PN EN ISO 11295: 2010E). Opisuje także inne technologie, do technologii wymiany typu *burstlining* czy *pipe jacking* włącznie. W komentarzu podsumowującym rozdział kolejny raz stwierdza, że cyt.: „*W Polsce nie opracowano do tej pory ujednoczonych wytycznych regulujących kwestie doboru bezwykopowych technologii rehabilitacji przewodów wodociągowych*”, jakby kolejny raz chciała uzasadnić słuszność podjętych badań. Uważam takie powtórzenia za zbędne, gdyż Autorka wystarczająco uzasadniła potrzebę prowadzenia prac w tym kierunku w poprzednim rozdziale dysertacji.

W rozdziale 4, napisanym na 13 stronach, Autorka przeanalizowała zapisy normy PN EN ISO 11295 oraz wytycznych *American Water Works Association* z 2001 roku (*Manual M28 – Rehabilitation of Water Mains*). Opisała 4 klasy powłok przedstawionych w normie oraz 4 klasy powłok przedstawionych w wymienionych wytycznych. Przedstawiła kryteria statyczno-wytrzymałościowe i hydrauliczne jakie powinny być stosowane przy ich doborze oraz technologie, w których powłoki są aplikowane. Rozdział rekapitułuje stwierdzeniem, że przeszkodą dla stosowania niektórych technologii bezwykopowych i powłok wszystkich z wymienionych klas jest brak programowych badań weryfikujących stan techniczny przewodów wodociągowych. Trudno nie zgodzić się z tym stwierdzeniem Autorki. Można dodatkowo stwierdzić, że brak takich badań rzutuje negatywnie na cały proces eksploatacji sieci.

W rozdziale 5 (13 stron) przedstawiła autorski podział na 5 grup obecnie stosowanych w Polsce technologii w bezwykopowej rehabilitacji przewodów wodociągowych. Opisała kryteria, którymi kierowano się przy opracowaniu podziału od cech materiałowych rur przez rodzaje kompozytów używanych w produkcji powłok do składu chemicznego powłok natryskowych włącznie. Wyniki tej analizy przedstawiła w formie tabelarycznej z odniesieniem do deklaracji producentów oraz możliwości zmian klasy powłok przez zmiany ich grubości lub rodzaju żywicy użytej do produkcji, co szczegółowo omówiła w dalszej części rozdziału (punkt 5.3). Ten fragment pracy uważam za bardzo interesujący, a opracowane zestawienie tabelaryczne i komentarz do tego zestawienia za autorskie osiągnięcie Doktorantki.

Rozdziały od 2 do 5 zamykają analizę tematu pod kątem podobnych badań na świecie oraz obecnego stanu wiedzy w tym zakresie. Bez wątpienia uzasadniają także słuszność wybranego kierunku badań.

Rozdział 6, napisany na 10 stronach, to charakterystyka systemu dystrybucji wody w Kielcach. Doktorantka, głównie w formie graficznej, przedstawiła wyniki swoich analiz obejmujących podstawowe dane statystyczne o sieci wodociągowej tego miasta. Wskazała na rozwój systemu, jego strukturę oraz rozwiązania materiałowe przewodów. Opisane w tym rozdziale informacje posłużyły Autorce do dalszych analiz (przedstawionych w rozdziałach od 7 do 9).

W rozdziale 7 (20 stron), wykorzystując dane z rozdziału 6, przedstawiła wyniki analizy awaryjności sieci wodociągowej w Kielcach w odniesieniu do okresu badań jakim były lata 2007–2011. Badania prowadziła nawiązując do funkcji przewodów (magistralne, rozdzielcze, przyłącza), zastosowanych materiałów do ich budowy (żeliwo szare, stal ocynkowana, PE, PCV, AC - azbestocement) oraz wieku (od przewodów młodszych niż 10 lat do przewodów starszych niż 40 lat). Wyznaczone w wyniku przeprowadzonych analiz zmiany liczb awarii w okresie badań przedstawiła w formie graficznej (rys.18-21). Na tej podstawie stwierdziła, że największy przyrost liczby awarii (100%) nastąpił w grupie przyłączy, a najmniejszy (27,27%) w grupie przewodów magistralnych (szczegółowe wyniki tej analizy przedstawiła w formie tabelarycznej). W dalszej części rozdziału Doktorantka wyznaczyła i zestawiała wartości wskaźników intensywności uszkodzeń oraz ich zmiany w czasie. Na tej podstawie (w rozdziale 7.5) wskazała na możliwości prognozowania wskaźnika intensywności wykorzystując matematyczny model Wintersa. Rozdział kończy szeroka dyskusja problemu wynikająca z wyników uzyskanej analizy. Autorka zaznacza, że badania były prowadzone bez uwzględnienia ciśnień panujących w sieci, a w przypadku przyłączy, zmian awaryjności nie udało się połączyć z długością okresu ich eksploatacji. Wynika to z braku odpowiednich pakietów danych, które musiałyby być wprowadzone do modelu obliczeniowego. Pomimo tego zastrzeżenia uzyskane przez Doktorantkę wyniki badań uważam za bardzo wartościowe i unikatowe w skali kraju, co bez wątpienia jest Jej osiągnięciem naukowym o dużej wartości informacyjnej (szczególnie dla instytucji zarządzającej siecią wodociągową w Kielcach). W mniejszym stopniu przeprowadzona analiza i jej wyniki są przydatne w procesie racjonalnego doboru powłok rehabilitacyjnych. Autorka jest tego świadoma, co podkreśla we wnioskach do rozdziału pisząc, że opracowane prognozy mogą ułatwić tylko planowanie wydatków związanych z usuwaniem awarii.

W rozdziale 8 Doktorantka, na 65 stronach, opisała autorską propozycję metodyki doboru powłok rehabilitacyjnych. Podstawę metodyki stanowi deterministyczny model matematyczny nazwany przez Autorkę A-1. Czytając założenia do tego modelu nasuwają się pytania:

- czy analizy powinny obejmować przewody w zakresie od 50 aż do 3600 mm (jak często są budowane przewody o tak dużych średnicach?),
- jak uwzględnić w analizach pracy przewodów rehabilitowanych technologiami bezwykopowymi 5 sposobów ich ułożenia na dnie wykopu (chodzi o kąty podparcia rur).

Model umożliwia przeprowadzanie badań z uwzględnieniem trzech kryteriów: statyczno-wytrzymałościowego, hydraulicznego oraz montażowego dla pięciu stanów technicznych przewodów. Kryteria te podzielono na składniki, których szczegółowa analiza jest przedstawiona w rozdziale.

W dalszej części rozdziału, stosując zapisy rachunku wektorowego i wskaźniki, opisano wielkości wejściowe, algorytm 15 – krokowej procedury wyboru powłoki rehabilitacyjnej oraz wielkości wyjściowe (klasa, rodzaj oraz grubość powłoki rehabilitacyjnej) zapisane jako wektory lub zbiory.

Ten rozdział pracy oceniam bardzo wysoko, uważam go za interesujący, a przedstawiony model matematyczny za największe osiągnięcie Doktorantki.

W rozdziale 9, napisanym na 80 stronach, Autorka przedstawia przykłady obliczeniowe z wykorzystaniem modelu A-1. Analizuje tu cztery rodzaje przewodów wykonanych z żeliwa szarego: przewód rozdzielczy (przykład 1) oraz 3 przewody magistralne (przykłady 2, 3, 4).

Przedstawione w tym rozdziale wyniki przykładów obliczeniowych potwierdzają przydatność modelu A-1 do zastosowań w praktyce i jego zdolność do wyłaniania racjonalnych rozwiązań w wielokryterialnej analizie powłok rehabilitacyjnych, co udowadnia postawioną w pracy tezę.

W rozdziale 10 (6 stron), Dyplomantka przedstawiła wnioski wynikające z przeprowadzonych przez nią badań. Usystematyzowała tu czynniki, które wpływają na wybór powłok z pozycji trzech uprzednio przyjętych kryteriów (statyczno-wytrzymałościowego, hydraulicznego i montażowego). Podsumowała obecny stan norm i wytycznych dotyczących definiowania rodzajów powłok oraz kryteriów ich doboru. Zasugerowała, aby za powłoki „konstrukcyjne” uznawać jedynie te, które mają zdolność przenoszenia wszystkich zewnętrznych i wewnętrznych obciążeń, a nie jak dotąd powłoki, które przenoszą wszystkie obciążenia zewnętrzne (nie uwzględniając kryterium obciążeń wewnętrznych). W ogólności należy zgodzić się z Autorką. Obecna interpretacja wynika z faktu, że dla powłok instalowanych technologiami bezwykopowymi zazwyczaj decydującym obciążeniem jest obciążenie zewnętrzne w czasie, gdy nie występuje obciążenie wewnętrzne (np. w okresie czyszczenia sieci, itp.). Ciśnienie zewnętrzne lub podciśnienie może decydować w przypadkach szczególnych (płytko ułożone przewody) o czym Doktorantka napisała we wniosku 6.7. W innych wnioskach wskazuje na możliwości wykorzystania wyników jej badań w praktyce i wpływu takiego wykorzystania na szeroko rozumianą efektywność procesu eksploatacji sieci wodociągowych. Podkreśla, że ze względu na brak danych, nie zastosowanie kryterium ekonomicznego nie było możliwe. Jest to dla mnie oczywiste i w mojej opinii nie zmniejsza wartości pracy, gdyż element jakim jest efektywność ekonomiczna został tu uwzględniony w sposób pośredni, przez racjonalizację wyboru powłok, co ma bezpośrednie przełożenie na zmniejszenie ich ceny.

3. Ocena merytoryczna pracy

Analizując treść dysertacji na bieżąco przedstawiłem ważniejsze, pozytywne i krytyczne komentarze dotyczące jej wartości naukowej i praktycznej. Według mojej oceny podjęta przez Autorkę tematyka jest bardzo aktualna, chociaż problemy te były już niejednokrotnie analizowane. Niektóre wyniki tych analiz Doktorantka przywołuje zresztą słusznie stwierdzając, że ich autorom nie udało się osiągnąć rozwiązania, które w pełni rozwiązuje problem. Stwierdzenie Autorki jest prawdziwe - co więcej - nie znane mi są badania sieci w takim ujęciu jak wykonała to Doktorantka, co uważam za

podstawową wartości pracy. Przeprowadzone analizy wykraczają znacznie poza badania eksperckie, kwalifikując bez wątplenia pracę do grupy prac rozwiązujących złożony problem naukowy i techniczny metodami (narzędziami) naukowymi. Wykorzystanie narzędzia naukowego, jakim są użyte modele matematyczne, wymagało od Doktorantki pozyskania wiedzy z zakresu modelowania matematycznego i prawidłowego jej użycia. Autorka zrobiła to bardzo umiejętnie.

Jak już wspomniałem, opisując treść dysertacji kilkakrotnie, nie zgodziłem się z Doktorantką odnośnie przyjętych przez nią stwierdzeń. Te polemiczne opinie w żadnym razie nie dyskwalifikują dokonań Autorki i ogólnej wartości pracy, a są wyłącznie głosem w dyskusji naukowej. Stąd też oczekuję, że Doktorantka podejmie tę dyskusję podczas publicznej obrony swojej pracy.

W recenzji nie wyodrębniłem rozdziału dotyczącego uchybień formalnych, gdyż nie wpływają zasadniczo na merytoryczną wartość pracy. Generalnie stwierdzam, że praca jest napisana bardzo dobrym językiem, starannie zredagowana i nie wymaga wprowadzania znaczących poprawek. Nie oznacza to jednak, że przed ewentualną publikacją pracy (do czego zachęcam Doktorantkę) lub jej fragmentów powinna ona jeszcze raz zostać poddana szczegółowej redakcji. Przez konieczne poprawki rozumiem tu między innymi:

- uporządkowanie listy literatury (należy sprawdzić listę i ograniczyć ją do pozycji cytowanych) - część pozycji nie jest cytowana (np. poz. 106), a część jest przywołana nie w tym miejscu, w którym powinna (np. poz.105 na str.43 i 46),
- uzupełnienie spisu treści w punkcie 10,
- uporządkowanie numeracji tabel załączonych na końcu pracy.

4. Wniosek końcowy

Doktorantka jasno sformułowała zakres i cel pracy. W wyniku przeprowadzonych badań osiągnęła założony cel i udowodniła postawioną tezę. Sposób przeprowadzenia badań i ich metodyka są autorskimi osiągnięciami Doktorantki, która rozwiązała, jak już napisałem, złożony problem naukowy metodami naukowymi. Biorąc pod uwagę wartość pracy wnioskuję o jej wyróżnienie.

Reasumując stwierdzam, że dysertacja spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim, co upoważnia mnie do postawienia wniosku o jej przyjęcie i dopuszczenie do publicznej obrony.

