

## **RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ** **mgr inż. Pawła Zawartki**

pt.: „Determinanty środowiskowej oceny cyklu życia systemu zbierania,  
transportu i oczyszczania ścieków”

Recenzowana rozprawa doktorska została wykonana w Głównym Instytucie Górnictwa w Katowicach. Promotorem rozprawy jest dr hab. inż. Dorota Burchart-Korol, prof. GIG, a promotorem pomocniczym dr inż. Jan Bondaruk.

### **1. Podstawa opracowania recenzji**

Podstawą opracowania recenzji było pismo nr NSR/262/2016 Naczelnego Dyrektora Głównego Instytutu Górnictwa w Katowicach z dnia 31 października 2016 roku w związku z powołaniem mnie przez Radę Naukową GIG na recenzenta pracy doktorskiej Pana mgr inż. Pawła Zawartki.

### **2. Zasadność podjęcia tematu pracy doktorskiej**

Zagadnienia związane ze środowiskową oceną cyklu życia systemu zbierania, transportu i oczyszczania ścieków należą do złożonych i dotychczas niewystarczająco przeanalizowanych pomimo istnienia wielu, zarówno teoretycznych, jak i empirycznych prac im poświęconych. Na podstawie obszernego przeglądu literatury Doktorant stwierdził, że występuje istotna luka w stanie wiedzy dotycząca oceny wpływu na środowisko systemu ściekowego rozumianego jako całość, tj. systemu zbierania, transportu i oczyszczania ścieków. Za istotne uznał przeprowadzenie oceny środowiskowej w całym cyklu życia systemu, tj. na etapie jego budowy, eksploatacji i likwidacji.

Do oceny środowiskowej cyklu życia systemu zbierania, transportu i oczyszczania ścieków Doktorant wybrał najszerzej opisywaną w literaturze metodę LCA (Life Cycle Assessment), uznawaną za kompleksową metodę badawczą, która

pozwała na uwzględnienie wpływu na środowisko kolejnych etapów cyklu życia produktu, technologii wraz z czynnikami pomijanymi w innych metodach jak: zużycie surowców, materiałów, energii, emisję do środowiska, eutrofizację i wiele innych kategorii wpływu w odniesieniu do całego systemu.

Krytyczny przegląd literatury, umożliwił sformułowanie problemu badawczego, którym jest przeprowadzenie kompleksowej oceny środowiskowej systemu zbierania, transportu i oczyszczania ścieków wraz ze wskazaniem determinantów wpływu na środowisko. Zdefiniowany przez Doktoranta system składa się z czterech elementów, tj.: zbiorników bezodpływowych, indywidualnych oczyszczalni ścieków, sieci kanalizacyjnej i zbiorczej oczyszczalni ścieków. Badaniami zostały objęte wszystkie etapy cyklu życia, tj. budowy, eksploatacji i likwidacji analizowanych elementów systemu

Biorąc pod uwagę powyższe rozważania należy uznać, że **wybór tematyki i zakresu pracy doktorskiej jest aktualny i w pełni uzasadniony.**

### **3. Zakres pracy doktorskiej**

Przedstawiona do recenzji rozprawa obejmuje 139 stron łącznie ze streszczeniem, spisem literatury oraz spisem tabel i rysunków. Praca składa się z 8 głównych rozdziałów (nie wliczając w to literatury oraz streszczenia). Literatura obejmuje 297 pozycji z czego blisko 68% stanowią pozycje w języku angielskim (bez uwzględnienia pozycji ze stron www). Ponad 48% przytoczonej literatury to publikacje z ostatnich 5 lat, co jest wartością ponadprzeciętną. Praca zawiera 39 rysunków oraz 44 tabele. Elementy te w logiczny sposób powiązane są z prezentowanymi treściami. Poniżej krótko scharakteryzowano poszczególne rozdziały pracy.

Rozdział 1 obejmuje wprowadzenie, w którym krótko uzasadniono podjęcie tematu oceny środowiskowej cyklu życia systemu zbierania, transportu i oczyszczania ścieków. Rozdziały 2 i 3 obejmują obszerny przegląd literatury. Przedstawiono w nich zagadnienia gospodarki ściekowej jako składowej zrównoważonego rozwoju oraz informacje o zintegrowanej gospodarce wodno-ściekowej na obszarach zurbanizowanych ze szczególnym uwzględnieniem zbiorników bezodpływowych, indywidualnych i zbiorczych oczyszczalni ścieków oraz sieci kanalizacyjnej.

W rozdziale 4 sformułowano cel naukowy jako: **określenie determinantów wpływu na środowisko systemu zbierania, transportu i oczyszczania ścieków z wykorzystaniem oceny cyklu życia** i cel aplikacyjny jako: **opracowanie metody oceny obciążeń środowiskowych systemu zbierania, transportu i oczyszczania ścieków** oraz opisano przedmiot badań. Badania przeprowadzone zostały na rzeczywistym systemie zbierania, transportu i oczyszczania ścieków funkcjonującym w mieście Żory, na terenie którego wyznaczono obszar aglomeracji Żory z oczyszczalnią ścieków Żory położoną w zlewni rzeki Rudy.

W części pracy obejmującej „Rezultaty i dyskusję wyników” przedstawiono rozdziały 5, 6 i 7. W rozdziale 5 omówiono cel i zakres oceny cyklu życia, a także dokonano m.in. identyfikacji i inwentaryzacji danych oraz oceny wpływu na środowisko systemu złożonego ze zbiorników bezodpływowych, indywidualnych oczyszczalni ścieków, sieci kanalizacyjnej i zbiorczych oczyszczalni ścieków. Dokonano także analizy porównawczej wyników LCA w zakresie oceny emisji gazów cieplarnianych, zużycia paliw kopalnych, metali, procesu eutrofizacji oraz oceny środowiskowej zastosowania biogazu do produkcji energii.

W rozdziale 6 dokonano oceny cyklu życia alternatywnych rozwiązań technicznych systemu. Przeprowadzono analizę trzech wariantów rozwoju systemu, które były podstawą analizy porównawczej z rozwiązaniem istniejącym traktowanym jako wariant bazowy. Wariant 1 zakładał pozostawienie dotychczasowej konfiguracji systemu, ale zmianę skuteczności jego funkcjonowania. Wariant 2 zakładał likwidację zbiorników bezodpływowych na rzecz indywidualnych oczyszczalni ścieków o wysokiej sprawności, a wariant 3 likwidację zbiorników bezodpływowych i indywidualnych oczyszczalni ścieków na rzecz budowy sieci kanalizacyjnej współpracującej ze zbiorczą oczyszczalnią ścieków. Dla wariantów przyszłościowych i wariantu bazowego dokonano porównania emisji gazów cieplarnianych, zużycia metali i paliw kopalnych, a także wpływu na eutrofizację.

Z kolei w rozdziale 7 przedstawiono nową metodę środowiskowej oceny cyklu życia systemu zbierania, transportu i oczyszczania ścieków. Metoda została opracowana na podstawie przeprowadzonej kompleksowej środowiskowej oceny cyklu życia omawianego systemu, w wyniku której określono determinanty wpływu na środowisko. Ocena środowiskowa została przeprowadzona z wykorzystaniem metody LCA z zastosowaniem oprogramowania SimaPro 8.

W rozdziale 8 przedstawiono podsumowanie, wnioski, a także rekomendacje do dalszych prac, co pokazuje, iż Doktorant ma świadomość, że zakres przeprowadzonych badań nie wyczerpuje w pełni analizowanego problemu i daje solidne podstawy do dalszych prac naukowych.

#### **4. Podstawowe osiągnięcia badawcze**

Za podstawowe merytoryczne osiągnięcia badawcze pracy doktorskiej należy uznać:

1. Przeprowadzenie kompleksowej oceny środowiskowej systemu zbierania, transportu i oczyszczania ścieków w całym cyklu życia oraz opracowanie metody oceny dla omawianych systemów.
2. Określenie determinantów wpływu na środowisko systemu zbierania, transportu i oczyszczania ścieków z wykorzystaniem oceny cyklu życia.
3. Opracowanie metody środowiskowej oceny cyklu życia systemu obejmującego zbiorniki bezodpływowe, indywidualne oczyszczalnie ścieków, sieć kanalizacyjną i zbiorczą oczyszczalnię ścieków, bazującą na analizie LCA dla czterech kategorii wpływu: emisji gazów cieplarnianych, zużycia paliw kopalnych, zużycia metali oraz eutrofizacji.

#### **5. Uwagi krytyczne i szczegółowe**

Recenzowana praca jest wartościowa merytorycznie, ale także starannie opracowana pod względem edytorskim. Znaleziono usterki redakcyjne występują w niedużej ilości, co dobrze świadczy o zaangażowaniu Doktoranta także w tę sferę pisania rozprawy doktorskiej. Poniżej wymieniono uwagi krytyczne i usterki zauważone w pracy.

1. Wnioski końcowe są zbyt rozbudowane. Lepszym rozwiązaniem byłoby rozbudowanie podsumowania i ograniczenie się do mniejszej ilości konkretnych wniosków.
2. Na stronach 54 i 55 z części zapisów można wywnioskować, że w niektórych rozwiązaniach lokalnych systemów oczyszczania ścieki podczyszczane w osadnikach gnilnych wprowadzane są bezpośrednio do studni chłonnych, a także że w przydomowych oczyszczalniach z osadem czynnym osadnik wtórny jest oddzielnym elementem układu oczyszczania

podobnie jak w zbiorczych oczyszczalniach ścieków. Wynika to prawdopodobnie ze względów stylistycznych, ale należy na to zwrócić uwagę podczas przygotowywania publikacji.

3. Str. 52 – układy technologiczne Bardenpho i A2O nie są tożsame i nie można tych nazw stosować zamiennie, chociaż istnieją między nimi duże podobieństwa.
4. W rozdziale 5.3. „Identyfikacja i inwentaryzacja danych” doktorant jako źródła wartości wynikowych podaje obliczenia własne bądź dane otrzymane z PWiK Żory, jednak nie ma ani jednego przykładu stosowanych algorytmów obliczeń, co uniemożliwia weryfikację tych wartości. W rozdziale tym brakuje także większej ilości informacji na temat zastosowanych metod ReCiPe i TRACI do oceny cyklu życia.
5. W rozdziale 6.1. przy analizach LCA dla trzech wariantów rozwoju systemu doktorant podaje końcowe wartości emisji zanieczyszczeń ( $BZT_5$ , ChZT, zawiesina,  $N_{og}$  i  $P_{og}$ ) do wód, których to wartości nie można zweryfikować ponieważ nie przedstawiono algorytmów obliczeń.

Przytoczone uwagi powinny być uwzględnione przy przygotowywaniu publikacji zawierających wyniki pracy. Mam także nadzieję, że pomogą Doktorantowi w planowaniu i realizacji dalszych badań własnych.

## 6. Zagadnienia wymagające wyjaśnienia

Poniżej przytaczam pytania, na które będę oczekiwał odpowiedzi:

1. Doktorant założył w pracy, że czynnikami wpływającymi na eutrofizację jest azot i fosfor, ale także  $BZT_5$  i ChZT. Dwa ostatnie wskaźniki określają zawartość w wodzie bądź ściekach zanieczyszczeń organicznych, które nie wywołują eutrofizacji tylko mogą prowadzić do degradacji ekosystemów wodnych przez powstanie tzw. deficytu tlenowego. Czy w takim razie wśród kategorii wpływu podczas oceny cyklu życia nie powinna być uwzględniona kategoria deficyt tlenowy?
2. Na stronie 99 Doktorant stwierdza, że „.....można teoretycznie w sposób dowolny kształtować technicznie i przestrzennie system zbierania, transportu i oczyszczania ścieków. Optymalnym rozwiązaniem wydaje się

*utworzenie zwartej systemu składającego się wyłącznie z sieci kanalizacyjnej i oczyszczalni ścieków, taniego w budowie i eksploatacji, co pozwalałoby na uzyskanie maksymalnego efektu środowiskowego przy niskich kosztach". Zdaniem recenzenta koszty inwestycyjne i eksploatacyjne zbiorczych systemów oczyszczania ścieków (kanalizacja + oczyszczalnia) są wysokie. Proszę o ustosunkowanie się do tych wątpliwości.*

## **7. Podsumowanie i wniosek końcowy**

Stwierdzam, że wyżej wymienione uwagi i zagadnienia wymagające wyjaśnienia nie umniejszają pozytywnej oceny recenzowanej rozprawy doktorskiej, która w mojej opinii wnosi nowe elementy poznawcze w dziedzinie inżynierii środowiska oraz posiada wysoki poziom merytoryczny. Praca stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, pokazuje znaczną ogólną wiedzę Doktoranta, a także umiejętność prowadzenia przez Niego badań naukowych, opracowywania wyników i wyciągania wniosków. Rozprawa obejmuje nie tylko aktualną i ważną tematykę naukową, ale także posiada wiele walorów przyszłościowych pokazując potrzebę interdyscyplinarnych badań w dziedzinie inżynierii środowiska.

Uważam, że recenzowana rozprawa doktorska w pełni spełnia wymagania zawarte w *Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 roku (Dz.U.2003 nr 65 poz. 595)* wraz z późniejszymi zmianami. Wnioskuje o dopuszczenie Pana mgr inż. Pawła Zawartki do publicznej obrony przed Radą Naukową Głównego Instytutu Górnictwa.

