

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Justyny Klein

pt. „Wspomaganie usuwania wybranych węglowodorów z zastosowaniem mikroorganizmów wyizolowanych ze skażonego środowiska”

1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Niniejszą recenzję opracowano na podstawie uchwały Rady Wydziału Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki Politechniki Świętokrzyskiej, podjętej w dniu 10.02.2016r. oraz pisma Pani Dziekan tego Wydziału dr hab. inż. Lidii Dąbek profesora nadzwyczajnego Politechniki Świętokrzyskiej z dnia 01.03.2016r., o numerze ID-002-1/16, informującego o powołaniu mojej osoby na recenzenta rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Justyny Klein pt. „Wspomaganie usuwania wybranych węglowodorów z zastosowaniem mikroorganizmów wyizolowanych ze skażonego środowiska”. Do pisma dołączony został wydrukowany poligraficznie egzemplarz rozprawy doktorskiej.

2. Ogólna charakterystyka rozprawy

Recenzowana rozprawa zawiera 123 strony, a w tym: 103 strony tekstu samej dysertacji, 2 strony spisu treści, 10 stron cytowanych źródeł literatury oraz 4 strony zawierające streszczenie w wersji polskiej oraz anglojęzycznej. W pracy zamieszczono 52 ryciny oraz 32 tabele.

W tekście rozprawy odwołano się do 119 pozycji literaturowych. Cytowane źródła obejmują 75 pozycji obcojęzycznych, głównie anglojęzycznych, oraz 44 pozycje polskie. W zamieszczonym w pracy spisie literatury jedynie 22 pozycje opublikowano przed rokiem 2000, co wskazuje na odpowiednią aktualność dokonanego przeglądu bibliograficznego.

Układ formalny pracy obejmuje 6 numerowanych rozdziałów: 1 wprowadzenie, 2 przegląd literatury, 3 tezy badawcze i zakres przeprowadzonych eksperymentów, 4 metodyka badań, 5 wyniki badań oraz 6 podsumowanie i wnioski końcowe.

We wprowadzeniu Autorka opisała zagrożenia, jakie wynikają ze skażenia gleb zanieczyszczeniami zawierającymi węglowodory oraz nakreśliła potrzebę ich oczyszczania. Uzasadniła także potrzebę i ważność prowadzenia badań nad drobnoustrojami, które zostały wyizolowane ze skażonej gleby lub wody. Poznanie fenotypu i genotypu takich bakterii oraz

mechanizmów biodegradacji, przez nie, poszczególnych zanieczyszczeń daje możliwość ich wykorzystania do oczyszczania ścieków i utylizacji odpadów zawierających węglowodory.

W rozdziale 2 Autorka dokonała przeglądu dostępnej literatury dotyczącej tematyki badawczej. Przegląd rozpoczyna krótki rys historyczny, w którym opisano genezę zanieczyszczeń zawierających węglowodory, a w szczególności odpadów pochodzących z gazowni, takich jak smoła podestylacyjna. Wykazano także szkodliwy wpływ takich zanieczyszczeń na zdrowie człowieka i innych organizmów żywych. Zwrócono uwagę, że produkty uboczne i odpadowe procesu gazyfikacji mają właściwości toksyczne, mutagenne oraz rakotwórcze. Dalszą część przeglądu literatury poświęcono metodom remediacji i rekultywacji starych składowisk odpadów przemysłowych. Podkreślono ogromną rolę drobnoustrojów w samooczyszczaniu środowiska naturalnego. Wymieniono i krótko scharakteryzowano najważniejsze rodzaje bakterii wykorzystywane do biodegradacji zanieczyszczeń ropopochodnych oraz wskazano czynniki abiotyczne i biotyczne mające wpływ na remediację skażonego środowiska gruntowo-wodnego. Rozdział poświęcony wprowadzeniu literaturowemu kończy opis metod oczyszczania ścieków, charakteryzujących się podwyższoną zawartością węglowodorów. Autorka zwróciła tu dodatkowo uwagę na istotność badań dotyczących szybkości wzrostu bakterii. Pozytywne wyniki takiej analizy dają podstawę do wykorzystania drobnoustrojów w reaktorach biologicznych oczyszczalni ścieków.

W rozdziale 3 sformułowano 3 cele naukowe. Pierwszy z nich dotyczył określenia stałych szybkości wzrostu liczebności (biomasy) wyizolowanych bakterii o podwyższonej zdolności rozkładu węglowodorów z wykorzystaniem pomiaru absorbancji. Drugim celem badań było wykazanie trwałości biofilmu wytworzonego przez bakterie o podwyższonej zdolności rozkładu węglowodorów na materiale inertnym, jakim była pianka poliuretanowa. Cel trzeci dotyczył wykazania możliwości zastosowania testów respiracyjnych do analizy czasu adaptacji szczepów bakterii do nowych trudno biodegradowalnych substratów. Celem utylitarnym przeprowadzonych badań było określenie warunków, jakie muszą być spełnione, aby pozyskane ze skażonego węglowodorami środowiska glebowego szczepy bakterii mogły znaleźć zastosowanie w układach technologicznych oczyszczalni stosowanych dla ścieków cechujących się podwyższonymi stężeniami węglowodorów.

Autorka w swojej pracy postawiła także dwie hipotezy badawcze:

1. Stałe szybkości wzrostu liczebności (biomasy) różnych szczepów bakterii o podwyższonych zdolnościach do rozkładu węglowodorów przyjmują zbliżone do siebie wartości.
2. Bakterie, wykazujące podwyższoną zdolność do usuwania węglowodorów, mogą adaptować się do nowych substratów.

Rozdział 3 rozprawy kończy wyszczególnienie zakresu badań.

W rozdziale 4, dotyczącym metodyki badań, Autorka bardzo szczegółowo opisała procedury metodologiczne poszczególnych badań i analiz wykonanych w ramach rozprawy. Rozdział ten liczy aż 28 stron, jednak szczegółowość poszczególnych opisów jest jak najbardziej uzasadniona ze względu na to, że wszystkie badania oparto głównie na wieloetapowych i skomplikowanych analizach laboratoryjnych. Opisując treść tego rozdziału należy nadmienić, że badania dotyczące identyfikacji genotypu ośmiu szczepów bakterii wykorzystanych w analizach dokonano w Ryerson University w Toronto (Kanada), podczas półrocznego stażu naukowego. Do określania genotypu bakterii wykorzystano

uznaną metodologię oraz zaawansowaną specjalistyczną aparaturę pomiarową, co dodatkowo uwiarygadnia uzyskane przez Doktorantkę wyniki.

W rozdziale 5 w formie tabel oraz rycin przedstawiono uzyskane rezultaty badań i analiz oraz przeprowadzono ich dyskusję. Rozdział ten składa się z 8 podrozdziałów. W podrozdziale 5.1 scharakteryzowano zidentyfikowane z odpowiednim prawdopodobieństwem 23 szczepy bakterii oraz sporządzone drzewo filogenetyczne ilustrujące powiązania pomiędzy wyselekcjonowanymi szczepami. Drugi etap badań, opisany w podrozdziale 5.2, obejmował ustalenie szybkości wzrostu zidentyfikowanych bakterii charakteryzujących się zdolnością do rozkładu węglowodorów. Uzyskane wyniki zamieszczono w 3 tabelach. Ustalono na podstawie badań stałe szybkości wzrostu kultur bakteryjnych mieściły się w przedziale od 0,140 do 0,244 d⁻¹. Wyniki te wskazują na możliwość występowania trudności z utrzymaniem odpowiedniej biomasy tych bakterii w reaktorach biologicznych oczyszczalni ścieków.

W podrozdziale 5.3 określono skuteczność oczyszczania skażonej wody podziemnej z wykorzystaniem wyselekcjonowanych kultur bakteryjnych. Na podstawie przeprowadzonych analiz wykazano, że na drodze biochemicznej następuje wyraźne obniżenie toksyczności zanieczyszczonej wody, jednak nie do poziomu całkowicie bezpiecznego. W podrozdziale 5.4 oceniono skuteczność biodegradacji trzech wybranych węglowodorów przez mieszaninę bakterii w stanie zawieszonym oraz na nośniku stałym. Dalsze wyniki badań, opisane w podrozdziałach 5.5 i 5.6 dotyczyły możliwości biodegradacji węglowodorów w bioreaktorze firmy Sartorius oraz wykorzystania testów respiracyjnych do opracowania modeli zużycia tlenu. Przedostatni etap badań, opisany w podrozdziale 5.7, dotyczył oceny skuteczności biodegradacji smoły węglowej przy użyciu wody gruntowej z dodatkiem wybranych szczepów bakterii, pobranej z terenu nieczynnej gazowni w Berlinie. Badania wykazały, że największy ubytek masy smoły węglowej następuje po 7 dniach i może on wynosić nawet 75%. W podrozdziale 5.8 badania zakończono analizą oddziaływania skażonej węglowodorami wody podziemnej na biocenozę osadu czynnego. Ustalono, że węglowodory zawarte w wodzie gruntowej wpływają na zmiany populacji niektórych mikroorganizmów osadu czynnego, zwłaszcza nicieni, ameb domkowych oraz orzęsek.

Rozprawę kończy rozdział 6, w którym zawarto dwustronne podsumowanie przeprowadzonych badań i analiz oraz 4 wnioski końcowe.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

3.1. Aktualność, zasadność i oryginalność podjętego w rozprawie problemu naukowego

Temat badawczy podjęty przez Doktorantkę jest bardzo istotny w aspekcie problematyki unieszkodliwiania ścieków i odpadów zawierających węglowodory alifatyczne oraz aromatyczne. W pracy główny nacisk położono na unieszkodliwianie zanieczyszczeń powstających w otoczeniu starych i nieeksploatowanych gazowni, jednakże zanieczyszczenia o podobnym składzie pojawiają się także współcześnie wraz z rozwojem przemysłu, motoryzacji, a także eksploatacji sieci komunikacyjnych i stacji dystrybucji paliw. Znaczne ilości węglowodorów są obecne w wodach pochodzących z odwadniania autostrad, dróg szybkiego ruchu, parkingów oraz placów manewrowych. Groźne dla zdrowia człowieka oraz fauny i flory węglowodory, charakteryzujące się właściwościami toksycznymi, mutagennymi i rakotwórczymi, mogą pojawiać się niespodziewanie w najbliższym otoczeniu w wyniku

katastrof ekologicznych, takich jak: wypadki podczas transportu samochodowego lub kolejowego, awaryjne zrzuty paliwa z samolotów, uszkodzenia zbiorników tankowców, czy też wycieki z nieszczelnych lub uszkodzonych przewodów olejowych lub paliwowych. Należy także nadmienić o ogromnych problemach z zanieczyszczeniami ropopochodnymi pojawiającymi się podczas prymitywnego lub rabunkowego górnictwa naftowego w krajach rozwijających się. Kiedy w wymienionych sytuacjach dochodzi do skażenia gleby lub wody, wykorzystanie mikroorganizmów posiadających zdolności rozkładania węglowodorów jest jak najbardziej wskazane i uzasadnione. Jednakże, aby w danej sytuacji można było zastosować odpowiednie szczepy bakteryjne, które najefektywniej będą neutralizować dane zanieczyszczenia, trzeba je wcześniej wyizolować ze skażonego środowiska, zidentyfikować ich fenotyp i genotyp oraz zbadać je pod kątem cech hodowlanych, fizjologicznych oraz biochemicznych. Doktorantka w swojej rozprawie, wychodząc naprzeciw wymienionym potrzebom, przeprowadziła kompletny proces badawczy od identyfikacji bakterii wyselekcjonowanych z zanieczyszczeń pobranych z terenu starej gazowni, aż do oceny ich przydatności do rozkładu wybranych węglowodorów w procesie oczyszczania ścieków. Jak wykazano, podjęty w rozprawie problem naukowy jest zasadny, aktualny oraz oryginalny.

3.2 Ocena ogólnej wiedzy teoretycznej Autorki rozprawy w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej

Ogólną wiedzę Autorki rozprawy można ocenić na podstawie przeprowadzonego przeglądu literatury, sformułowanych celów i tez badawczych, zakresu przeprowadzonych badań, dyskusji uzyskanych wyników oraz sformułowanych wniosków końcowych. Przegląd literatury, obejmujący 119 pozycji bibliograficznych, z czego 63% stanowią pozycje anglojęzyczne, opublikowane w prestiżowych wydawnictwach, w większości po roku 2000 wskazuje, że Doktorantka przed przeprowadzeniem badań uzyskała aktualną, odpowiednią i ugruntowaną wiedzę z zakresu tematyki pracy, mieszczącej się w dziedzinie nauk technicznych oraz dyscyplinie inżynieria środowiska. Sformułowane cele badawcze oraz postawione tezy są bardzo szczegółowe, konkretne i istotne, co wskazuje, że Autorka przed przystąpieniem do badań wiedziała, do czego zmierza i jaki efekt końcowy spodziewa się uzyskać. Zarazem należy zaznaczyć, że uzyskane wyniki będą miały przełożenie w zastosowaniach praktycznych, stąd testowanie przez Doktorantkę wyizolowanych szczepów bakterii w modelu reaktora biologicznego oraz próba oceny przydatności tych mikroorganizmów w komorach osadu czynnego ze złożami zawieszonymi (fluidalnymi). Zakres pracy jest bardzo obszerny, a do jego realizacji wykorzystano bardzo wiele różnorodnych narzędzi, począwszy od nowoczesnych laboratoryjnych urządzeń pomiarowych oraz analitycznych, aż do uznanych aplikacji statystycznych. Opis metodyki badań wskazuje, że Autorka samodzielnie wykonywała większość prac laboratoryjnych, przeprowadzonych w kilku ośrodkach naukowych. Uzyskane wyniki poszczególnych analiz, przedstawione w formie przemyślane i logicznie skonstruowanych tabel i wykresów, obdarzono wyczerpującymi komentarzami wraz z dyskusją i odniesieniami otrzymanych rezultatów do wyników innych badaczy. Zarazem w recenzowanej pracy nie zauważono zbędnych fragmentów, nadmiernie rozbudowanych opisów lub niepotrzebnych rycin, co niestety jest częstą przypadłością wielu młodych naukowców. Nie stwierdzono także

niepotrzebnych powtórzeń, czyli podawania tych samych wyników zarówno w formie tabel jak i rycin. Każdy rozdział dotyczący danego kierunku badań kończono podsumowaniem, opisującym najważniejsze uzyskane rezultaty. Taka, godna pochwały, forma pracy powoduje, że czytający w każdym momencie wie, jakie są wymierne rezultaty danego eksperymentu i nie musi ich szukać dopiero w podsumowaniu lub wnioskach końcowych. W obszernym podsumowaniu pracy oraz czterech wnioskach zawarto odpowiedzi na wszystkie cele naukowe oraz zweryfikowano dwie postawione hipotezy badawcze. Uzyskane rezultaty, z wyjątkiem kilku kwestii typowo dyskusyjnych, nie budzą zastrzeżeń merytorycznych.

Reasumując, przyjęta tematyka rozprawy została trafnie dobrana i jest wartościowa, zarówno z punktu widzenia nauki jak i praktyki. Przyjęty zakres badań i liczba analiz daje możliwości poprawnego wnioskowania. Należy także stwierdzić, że przyjęta metodyka badań spełnia wymogi nowoczesnego warsztatu badawczego. Przeprowadzony przegląd literatury specjalistycznej, a także analiza wyników badań wskazuje, że Autorka rozprawy posiada odpowiednią wiedzę teoretyczną i doświadczenie, jako badacz w zakresie dyscypliny naukowej, której dotyczy rozprawa, a także dysponuje odpowiednimi umiejętnościami umożliwiającymi opracowywanie oraz analizę wyników. Umie poprawnie zaplanować pracę naukową, zrealizować postawione cele oraz poprawnie zinterpretować uzyskane wyniki.

3.3. Dostrzeżone uchybienia edycyjne oraz uwagi dyskusyjne

Pomimo ogólnie bardzo dobrego warsztatu pisarskiego, odpowiedniej i ugruntowanej wiedzy oraz dużej skrupulatności w opracowaniu edycyjnym i merytorycznym rozprawy, Autorka nie ustrzegła się jednak pewnych uchybień i niedociągnięć oraz niejasności wymagających dyskusji.

Uwagi merytoryczne i dyskusyjne

1. Na stronie 90, na rysunku 45 przedstawiono wykres rozrzutu oraz związek funkcyjny pomiędzy czasem adaptacji biocenozy bakterii a wartościami stałych szybkości zużycia tlenu, ustalonymi za pomocą zestawu OxiTop. Na tym rysunku zaznaczono aż 9 punktów pomiarowych, natomiast Autorka w rzeczywistości analizuje tylko 8 próbek. Wyeliminowanie omyłkowego punktu prawdopodobnie zmieni przebieg linii regresji na rysunku 45 oraz parametry jej równania.
2. Na stronach od 79 do 86 na kolejnych rysunkach przedstawiono wyniki testów respiracyjnych. Na każdym z tych wykresów zaznaczono czas adaptacji. W metodyce badań nie wyjaśniono jednak, na jakiej podstawie ten parametr był wyznaczany. Przez to wątpliwości budzi czas adaptacji ustalony na rycinie 41 (str. 83). Autorka przyjęła, że wynosi on 0,5 d, przez co staje on się punktem kierującym wychylenie linii trendu na rycinie 45 oraz 46. Tymczasem analizując rozmieszczenie punktów pomiarowych na rycinie 41, można przyjąć, że raczej powinien on wynosić 1d, przez co staje się on taki sam jak czas adaptacji próbek analizowanych na rysunkach 39, 40, 42 i 44.
3. Zastrzeżenia budzi komentarz zamieszczony do ryciny 46, brzmi on: „z wykresu rozrzutu przedstawionego na rys. 46 wynika, że w miarę wydłużania się czasu adaptacji wzrasta stopień biodegradacji. Analizując rozmieszczenie punktów na wspomnianym rysunku,

takie wnioskowanie wydaje się być za daleko posunięte. Trzy punkty tworzą prostą pionową, dodatkowo dyskusyjny punkt o czasie adaptacji 0,5d powinien być może także się na niej znaleźć, natomiast 4 pozostałe punkty naprzemiennie wraz ze wzrostem czasu adaptacji zwiększają lub obniżają wartość BZT/ChZT. Taki przebieg rozrzutu punktów, według mnie, nie pozwala na uogólnienie lub wyznaczenie żadnej zależności.

4. Na rysunku 47, na stronie 93, przedstawiono wykres rozrzutu pomiędzy stałymi szybkości zużycia tlenu a proporcją BZT/ChZT. Punkty rozrzutu wyrównano linią prostą, jednakże rozmieszczenie tych punktów wskazuje, że chyba lepiej analizowaną zależność obrazowałaby krzywoliniowa funkcja wykładnicza.
5. W badaniach dotyczących biodegradacji smoły węglowej uzyskane wyniki zestawiono w tabeli 30 (str. 95) w odniesieniu do 7 i 14 dni trwania eksperymentu. Czy Doktorantka dysponuje wynikami dla czasów krótszych niż 7 dni? Można bowiem zauważyć, że największy ubytek smoły węglowej nastąpił w ciągu 1 tygodnia. Dla próbek od 1 do 7 wyniósł on średnio 62%, po drugim tygodniu dla tych próbek ubytek wyniósł średnio już tylko 6,4%. Zatem interesujące byłoby określenie jak kształtował się ubytek smoły w pierwszych poszczególnych 7 dniach eksperymentu. Być może, aby zredukować masę smoły węglowej do 60% wystarczyłby okres znacznie krótszy od tygodnia.
6. W metodyce badań, jak również w rozdziale 5.8, Autorka nie wyjaśniła jaki był zamysł badań w ramach których analizowała wpływ na mikroorganizmy osadu czynnego wody zanieczyszczonej węglowodorami oraz bakteriami wyizolowanymi z gruntu skażonego olejem napędowym, pobranego w pobliżu stacji paliwowej. Wszystkie dotychczasowe eksperymenty i badania w rozprawie skierowane były na zanieczyszczeniach pochodzące z terenu gazowni. Natomiast należy przypuszczać, że zanieczyszczenia pochodzące z terenu stacji paliwowej charakteryzują się odmiennym składem chemicznym oraz zawartością innych węglowodorów niż analizowane dotychczas w rozprawie. Wskazane jest wyjaśnienie genezy tego eksperymentu.
7. W swojej rozprawie Autorka rozważa wykorzystanie wyselekcjonowanych szczepów bakteryjnych w reaktorach biologicznych z osadem czynnym i złożami fluidalnymi. Jako podłoże stałe dla kolonii mikroorganizmów przyjęła piankę poliuretanową. Takie rozwiązanie było stosowane w reaktorach biologicznych z wypełnieniem „Linpor”. Jednakże obecnie, w powszechnie stosowanych złożach zawieszonych, wykorzystuje się już kształtki wykonane głównie z polietylenu. Ten materiał jest na tyle trwały, że umożliwia ścinanie nadmiernie rozrośniętego biofilmu podczas tarcia kształtek o siebie, a zarazem umożliwia ich zatrzymanie na koszach osłonowych, chroniących przed odpływem tych elementów z komory reaktora do osadnika wtórnego. Zatem zastosowanie podczas badań w kolbach Erlenmayera drobnych fragmentów wypełnienia z PE dałoby wyniki adekwatne do aktualnie stosowanych rozwiązań oraz być może pozwoliłoby to uniknąć wnikania niektórych zanieczyszczeń ropopochodnych w strukturę i pory pianki poliuretanowej oraz nadmiernego przylegania tych zanieczyszczeń do jej powierzchni.

W odniesieniu do eksperymentu z pianką poliuretanową powstaje pytanie czy pianka pływała swobodnie po powierzchni cieczy w kolbie, czy była przytwierdzona do dna? Nie jest to wyjaśnione w metodyce badań, jak również w opisie wyników eksperymentu.

8. Doktorantka w swojej rozprawie postawiła kilka celów naukowych i tez badawczych, a następnie przeprowadziła bardzo szerokie i skomplikowane badania, które zakończyła wieloma bardzo interesującymi i ważnymi wynikami. Tymczasem rozprawę kończą tylko 4 sformułowane wnioski. Natomiast wiele ważnych stwierdzeń oraz konkluzji zawarto w podsumowaniu pracy. Moim zdaniem, przynajmniej kilka uogólnionych stwierdzeń zawartych w podsumowaniu, po niewielkim przeredagowaniu, powinna Doktorantka zamieścić w pracy jako pełnowartościowe oraz istotne wnioski.

Uwagi edycyjne

Wszystkie zauważone w pracy drobne potknięcia językowe oraz błędy edycyjne zaznaczono w tekście egzemplarza rozprawy. Należy tu wspomnieć także o potrzebie uzupełnienia wzorów (8), (15) i (16) o opis wszystkich zawartych w nich zmiennych oraz konieczności uzupełnienia jednostek na rysunkach 2 i 12, a także w niektórych nagłówkach tabel (zaznaczono w tekście).

Uwagi do cytowania źródeł literatury

W recenzowanej pracy, w aspekcie cytowania literatury, dostrzeżono najwięcej błędów i uchybień.

1. W spisie literatury pracy Doktorantka zamieszcza Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. „w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego”. W tekście rozprawy nie dostrzegłem powołania się na omawiane Rozporządzenie. Zarazem rozprawa opublikowana jest w roku 2016, zatem stosowne byłoby powoływanie się na nowelizację tego Rozporządzenia z dnia 18 listopada 2014 r.
2. W rozprawie bardzo często Autorka powołuje się na pozycję bibliograficzną pt. „Nowoczesne systemy oczyszczania ścieków”, której Głównym Autorem jest Promotor Doktorantki Prof. dr hab. inż. Janusz Łomotowski, przy tym raz podaje rok wydania tej pozycji jako 1999, który jest poprawny, a innym razem, jak w spisie literatury rok 2002.
3. Zauważono 8-krotne powoływanie się na rok cytowanej publikacji rozbieżny z rokiem podanym w spisie literatury, przykładowo: str. 9 – w tekście pracy Karcz 2008 – w spisie literatury podano 1991; str. 10 – w tekście pracy Wolany 2008 – w spisie literatury podano 2000; str. 10 – w tekście pracy Steliga 2011 – w spisie literatury podano 2008; str. 13 – w tekście pracy Auffret 2009 – w spisie literatury podano 1999; str. 14 – w tekście pracy Siuta 2008 – w spisie literatury podano 2006; str. 17 – w tekście pracy Cardinal i in. 1994 – w spisie literatury podano 1991; str. 20 – w tytule tabeli 4 powołano się na Klein i Śliwka 2011 – w spisie literatury podano 2009; str. 31 – w tekście pracy Singh i in. 2002 – w spisie literatury podano 2006.
4. W tekście pracy powołano się na 13 źródeł bibliograficznych, których nie zamieszczono w spisie literatury. Dotyczy to pozycji: Krawczyńska i in. 2008 – str. 10, Gibson 1984 – str. 11, Wu i in. 2013 – str. 12, Chatteries 2012 – str. 13, Li i in. 2008 – str. 14, Xu i in. 2014 – str. 14, Widde 2007 – str. 26, Christian i in. 1982 – str. 57, Kirchman 2001 – str.

57, Breidt i in. 1994 – str. 57, Osiki i in. 2011 – str. 57, Wróblewski i Zakrzewski 1976 – str. 89, Bednarek i in. 2012 – str. 108.

5. W spisie literatury znajduje się 8 pozycji, które nie zacytowano w tekście pracy. Dotyczy to źródeł: Ames i in. 1975, Bednarski i in. 2012, Bossert i in. 1984, Brandys 1999, Khanna i in. 2011, Klein i in. 2012, Pasternak i in. 2008, Rozporządzenie... 2006, Steliga i in. 2007.
6. Autorka 11-krotnie nie dodała przy cytowaniu wieloautorskich publikacji dopisku „i in.”, co błędnie sugeruje tylko jednego autora oraz utrudnia odnalezienie danego źródła w spisie literatury. Dotyczy to pozycji: str. 12 – Bębenek 2000, Łuniewski 2000, Ferguson 2007, Cordova-Rosa 2009, Steliga 2007, Śliwka 2008; str. 14 – Ferguson 2007, Haritash 2009, Mirdamadian 2010, Rekha 2013, Furdyn 1996.
7. W przypadku cytowania kilku źródeł literatury na raz, wg standardu APA, powinno się je posortować chronologicznie. W pracy są one nieuporządkowane. Zauważono również, że w spisie literatury kilka pozycji nie jest ułożonych alfabetycznie, co utrudnia ich znalezienie (przykładowo Makuch i in. 2010, Maron i in. 1983).

4. Podsumowanie i końcowa konkluzja recenzji

Wszystkie zawarte w niniejsze recenzji uwagi merytoryczne, dyskusyjne oraz edycyjne nie umniejszają wartości samej rozprawy. Powinny być one wykorzystane przez Doktorantkę na etapie przygotowania publikacji, bądź referatów konferencyjnych.

Pod względem formalnym oraz merytorycznym rozprawa doktorska Pani mgr inż. Justyny Klein została opracowana poprawnie i stanowi nowy oraz oryginalny wkład w tematyce oczyszczania ścieków oraz w zakresie dyscypliny naukowej inżynieria środowiska. Doktorantka wykazała się rozległą wiedzą z zakresu unieszkodliwiania zanieczyszczeń zawierających szkodliwe węglowodory. Nabyła także umiejętności poprawnego stawiania celów naukowych, planowania i realizacji złożonych i wieloetapowych prac badawczych, analizy wyników oraz formułowania poprawnych wniosków. Opanowała również zaawansowane narzędzia i metody niezbędne w prowadzeniu badań naukowych.

W konkluzji końcowej stwierdzam, że **recenzowana dysertacja w pełni spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim, określonym w art. 13 ust. 1 Ustawy z dnia 14 marca 2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595, z późn. zm.) oraz wnoszę o dopuszczenie mgr inż. Justyny Klein do publicznej obrony przed Radą Wydziału Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki Politechniki Świętokrzyskiej.**

Kraków, dn. 18.04.2016r.

