prof. dr hab. inż. Elżbieta Grabińska-Sota
Politechnika Śląska
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Katedra Biotechnologii Środowiskowej

Gliwice, 22. 08. 2017 r.

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Renaty Stoińskiej

pt. ***„Wpływ form specjacyjnych fosforu na możliwości jego uwalniania z osadów ściekowych".***

Promotor pracy: **prof. dr hab. Elżbieta Bezak-Mazur**

Formalna podstawa pracy

Podstawą do opracowania niniejszej recenzji jest pismo Dziekana Wydziału Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki Politechniki Świętokrzyskiej z dnia 20.07. 2017 r, zgodnie z uchwałą Rady Wydziału z dnia 10 maja 2017r.

Celowość podjęcia tematu

Nieodłącznym produktem procesu oczyszczania ścieków są osady ściekowe. Ich ilość wzrasta w miarę rozwoju wysokoefektywnych metod biologicznego oczyszczania ścieków. Systematyczny wzrost masy generowanych osadów ściekowych, a także zakaz ich składowania po 1 stycznia 2013 roku sprawia, że ostateczne unieszkodliwianie ich stało się bardzo ważnym problemem technicznym, ekologicznym i ekonomicznym. Najbardziej naturalnym kierunkiem zagospodarowania osadów ściekowych jest ich przyrodnicze wykorzystanie, ponieważ obfitują one w bogate źródła składników pokarmowych dla roślin, w tym fosforu. Zatem potrzebna jest wiedza na temat warunków, w jakich ilość form biodostępnych tego pierwiastka w osadach ściekowych jest największa, by wykorzystanie ich rolniczo było jak najbardziej efektywne. Również bardzo ważne są informacje na temat form specjacyjnych fosforu w ściekach oczyszczonych, gdyż pozwalają oszacować ilość

SEKRETARIAT DZIEKANA
Wpłynęło dnia 28 08 2017
Podpis .....

tego pierwiastka, który może potencjalnie być zasymilowany przez fitoplankton rzeczny i powodować niekorzystne zjawisko, jakim jest eutrofizacja.

Biorąc powyższe pod uwagę, wybór tematyki rozprawy doktorskiej uważam za w pełni uzasadniony.

Analiza treści i ocena merytoryczna

Opiniowana rozprawa obejmuje 167 stron maszynopisu, w tym 34 tabele, 82 rysunki i 15 załączników. Zamieszczono w niej 189 pozycji literaturowych, z których większość jest w języku angielskim z okresu ostatnich 10 lat co świadczy o tym, że Autorka na bieżąco śledziła literaturę światową z zakresu tematyki swojej pracy.

Recenzowana rozprawa ma charakter doświadczalny. Praca podzielona została tradycyjnie na cztery części:

1) część teoretyczną (rozdziały: 1-4),
2) część doświadczalną (rozdziały: 5 i 6),
3) omówienie wyników (rozdział 7),
4) wnioski (rozdział 8).

Powyższe rozdziały są poprzedzone wstępem.

Część literaturowa rozprawy świadczy o dobrym przygotowaniu Doktorantki do samodzielnego realizowania eksperymentów naukowych i stanowi ich teoretyczną podbudowę. Autorka przedstawiła w niej informacje o występowaniu w środowisku fosforu oraz omówiła procesy usuwania go ze ścieków, a także metody odzysku tego pierwiastka z osadów ściekowych. W osobnym rozdziale przytoczyła procedury dotyczące analizy specjacyjnej fosforu w glebie i osadach dennych.

W rozdziale 5 określone zostały cele pracy i sformułowano cztery hipotezy badawcze. Głównym celem pracy było „ znalezienie optymalnych warunków prowadzenia defosfatacji, które umożliwiają powstawanie formy specjacyjnej fosforu mobilnego ułatwiającej jego odzyskanie z osadów oraz wykazanie wpływu działania mikroorganizmów intensywnie pobierających fosfor na ilość form mobilnych w osadzie ściekowym".

Realizacja celu badań wymagała od Autorki przyjęcia szerokiego zakresu badań, który podzielono na cztery etapy obejmujące: ocenę wpływu cyklicznych zmian temperatury na specjacje fosforu w różnych rodzajach osadów ściekowych, badanie procesu defosfotacji pod kątem analiz chemicznych i mikrobiologicznych, analizę wpływu procesu higienizacji oraz

działania bakterii *Bacillus megaterium* na specjację fosforu w osadzie ściekowym, a także określenie ilości form mobilnych fosforu w osadach spęczniałych, przedostających się do ścieków oczyszczonych .

Warsztat badawczy przedstawiony został w rozdziale 6. W tej części pracy Autorka zamieściła charakterystykę oczyszczalni ścieków, z których pobrano osad ściekowy do badań oraz metodykę badań analitycznych, technologicznych i mikrobiologicznych, a także opis metody służącej identyfikacji bakterii nitkowatych. Badaniami objęto osady ściekowe (wstępne, czynne, nadmierne) pochodzące z sześciu oczyszczalni ścieków (różniących się stosowaną technologią i przepustowością) oraz ścieki surowe i oczyszczone przywiezione z wybranej oczyszczalni mechaniczno-biologicznej. Metodyka badań doświadczalnych została opracowana precyzyjnie, w logicznej sekwencji planowanych doświadczeń.

Oryginalne osiągnięcia rozprawy znalazły się w rozdziale 7, w którym przedstawiono wyniki badań i ich analizę. W podrozdziałach kolejno omówione zostały wyniki badań wpływu zmian temperatury w cyklu rocznym na udziały form fosforu w osadach; nadmiernym, czynnym i wstępnym. Doktorantka posiłkując się tymi wynikami opracowała model matematyczny, w którym opisana została zależność udziału form mobilnych fosforu w osadzie od temperatury. Dzięki niemu można prognozować ilości przyswajalnych form fosforu w zależności od temperatury osadu, jak również od rodzaju oczyszczalni. Następnym etapem pracy była ocena procesu defosfatacji biologicznej ścieków na podstawie występowania bakterii nitkowatych w osadzie czynnym przy równocześnie prowadzonej analizie specjacji fosforu. Zaobserwowano, że istnieje zależność pomiędzy obecnością poszczególnych gatunków bakterii nitkowatych a udziałami form specjacyjnymi fosforu w przypadku zmieniających się warunków tlenowych w reaktorze osadu czynnego. Kolejny cykl doświadczeń obejmował badanie wpływu higienizacji wapnem osadu nadmiernego na zmianę udziałów form specjacyjnych fosforu. Wykazano, że dodatek wapna do badanego osadu wpływał na udziały frakcji fosforu, w tym udziały form biodostępnych, co może wpłynąć na przyswajalność tego pierwiastka przez rośliny. Ponadto wykazano, że zaaplikowanie na osad higienizowany bakterii *Bacillus megaterium* spowodowało zwiększenie się frakcji mobilnej fosforu w pierwszych dniach doświadczenia. Są to cenne informacje, zważywszy, że najtańszym i najprostszym sposobem zagospodarowania osadów ściekowych jest ich przyrodnicze wykorzystanie.

Ostatnia część rozprawy poświęcona była określeniu ilości form mobilnych fosforu w zawiesinie zawartej w ściekach oczyszczonych w przypadku namnożenia się

mikroorganizmów z grupy *Acitnomycetes* w osadzie czynnym. Dzięki dokonanej analizie specjacyjnej fosforu, oszacowano stężenie fosforu mobilnego, który może przyczynić się do zakwitu glonów. Pewien niedosyt można odczuć w zakresie ubogiej dyskusji uzyskanych wyników z wynikami otrzymanymi przez innych badaczy. Rozprawę zamykają wnioski oraz spis cytowanej literatury.
Bardzo obszerne badania Autorki dały rzetelne podstawy do interpretacji wyników, a przedstawione wnioski są w pełni udokumentowane i dają wyczerpującą odpowiedź na postawiony przez Doktorantkę cel pracy.

Do najważniejszych, oryginalnych osiągnięć rozprawy doktorskiej należy zaliczyć:

- udowodnienie, że temperatura ma istotny wpływ na udziały form specjacyjnych fosforu, zarówno w osadzie czynnym jak i nadmiernym,
- wykazanie, że dodanie tlenku wapnia do osadu nadmiernego w procesie higienizacji powoduje zmianę udziału form przyswajalnych fosforu przez rośliny, co jest istotne przy zastosowaniu osadu higienizowanego na cele przyrodnicze.
- udokumentowanie, że szczep bakterii *Bacillus megaterium* (wchodzący w skład biopreparatów) skutecznie solubilizuje i asymiluje związki fosforu zawarte w osadzie ściekowym poddanym higienizacji wapnem.
- oszacowanie ilości foforu biodostępnego w ściekach oczyszczonych, który może zostać zasymilowany przez mikroorganizmy odbiornika ścieków i powodować jego eutrofizację.

Uzyskane rezultaty mają bardzo duże **znaczenie praktyczne**, gdyż dostarczają cennych informacji eksploatorom badanych obiektów, jak również rolnikom, którzy potencjalnie mogą wykorzystywać osady ściekowe na cele rolnicze do nawożenia gleb i roślin.

Uwagi dyskusyjne i szczegółowe

Mimo niezaprzeczalnych wartości poznawczych dysertacji pozwolę sobie zamieścić kilka uwag dyskusyjnych:

mogą znaleźć zastosowanie w praktyce. Doktorantka wykazała się umiejętnością i dużą dociekliwością w samodzielnym rozwiązywaniu niewątpliwie trudnych zagadnień badawczych. Autorka udowodniła, że doskonale umie korzystać z metod badawczych, statystycznych oraz z dobrze dobranej literatury. Należy podkreślić również wykonanie bardzo czasochłonnych badań, których wyniki potrafiła zwięźle i właściwie zinterpretować. Uważam, że praca przyczyniała się do wyraźnego postępu w dziedzinie inżynierii środowiska i zasługuje na wyróżnienie.

Rozprawa doktorska mgr inż. Renaty Stoińskiej zatytułowana „*Wpływ form specjacyjnych fosforu na możliwości jego uwalniania z osadów ściekowych*" spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim w świetle Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r. (Dz.U.Nr 65, poz. 595, art. 13.1 z późn. zm). W związku z tym wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony przed Radą Wydziału Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki Politechniki Świętokrzyskiej.