

Rzeszów, 16.04.2021r

Prof. dr hab. inż. Piotr Koszelnik,
Politechniki Rzeszowskiej im. I. Łukasiewicza
Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury
Katedra Inżynierii i Chemii Środowiska

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Magdy Kasprzyk pt.: „Badanie efektywności usuwania związków fosforu ze ścieków z zastosowaniem wybranych materiałów sorpcyjnych”,
napisanej pod promotorstwem prof. dr. hab. inż. Magdaleny Gajewskiej i promotorstwem
pomocniczym dr hab. inż. Elizy Kulbat

Recenzję niniejszą wykonano na zlecenie Dziekan Wydziału Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej, dr hab. inż. Joanny Żukowskiej, prof. PG, zgodnie z pismem, z dnia 15 marca 2021 roku.

Ocena celowości podjętej tematyki

Jest oczywiste, że usuwanie substancji biogenych w tym fosforu ze ścieków, było i jest przedmiotem tysięcy badań i rozpraw naukowych. Niemniej dla każdego, kto interesuje się tą tematyką jest jasne, że nie ma obecnie technologii, o której można by powiedzieć, że jest doskonała albo nawet bliska doskonałości tj. usuwa znaczącą ilość tych substancji przy minimalnym nakładzie energetycznym i bez powstawania trudnych do zagospodarowania produktów powstających w trakcie tych procesów. Dlatego też badania nad takimi technologiami długo jeszcze będą aktualne. Doktorantka w ocenianej pracy podjęła próbę badań nad technologią, która będzie wydajna, tania i ogranicza powstawanie produktów stanowiących materiał odpadowy, bez możliwości wykorzystania. I już samo to stanowi uzasadnienie potrzeby podjęcia tematyki będącej przedmiotem ocenianej rozprawy.

Ocena formalna i merytoryczna

Przedstawiona do recenzji rozprawa posiada klasyczną budowę, tj. składa się z trzech podstawowych części: teoretycznej, doświadczalnej oraz z podsumowania z wnioskami. Zamyka się w objętości 191 stron i 61 stron załączników, zawiera w części zasadniczej 106 rysunków oraz 60 tabel. W pracy zamieszczono osobne zestawienia tabel i rysunków. Nie

zestawiono spisu skrótów, który stanowi czasem pewne ułatwienie dla czytelników. Spis literatury zawiera 292 pozycji, głównie artykułów z czasopism, ale także monografii, norm i opracowań zbiorczych. Są to pozycje opublikowane głównie w ostatnich latach. Pracę zamykają streszczenia w j. polskim i w j. angielskim, w sposób właściwy syntezyzujące zagadnienia będące tematem doktoratu.

Aktualny stan wiedzy dotyczącej prowadzonych badań zawarto w trzech rozdziałach: 1. Podstawy teoretyczne usuwania fosforu ze ścieków; 2. Sorbenty w usuwaniu fosforu ze ścieków oraz modele matematyczne do opisu procesów sorpcyjnych; 3. Odzysk fosforu w koncepcji gospodarki o obiegu zamkniętym (strony 6-45). Pierwszy z nich jest bardzo ogólny. Przedstawiono w nim podstawowe informacje dotyczące obiegu fosforu w przyrodzie i metod usuwania fosforu ze ścieków. W drugim przedstawiono materiały sorpcyjne stosowane w technologii wody i ścieków oraz modele matematyczne najczęściej stosowane do opisu przebiegu sorpcji w roztworach wodnych. Trzeci rozdział teoretyczny to bardzo ciekawe informacje dotyczące gospodarki o obiegu zamkniętym ze szczególnym uwzględnieniem odzysku fosforu ze ścieków i ze wskazaniem zalet i wad aktualnie znanych technologii. Jedyny drobny niedosyt to brak opisu możliwego, innego niż rolnicze wykorzystania odzyskanego fosforu, choć recenzent zdaje sobie sprawę, że jest to zagadnienie bardzo mało rozpoznane.

Rozdziały te zostały napisane na podstawie zebranej literatury w większości anglojęzycznej. Doktorantka omówiła zebrany materiał w sposób syntetyczny, umożliwiając czytelnikowi zrozumienie dlaczego podjęty problem jest ważny, dodatkowo wyjaśniając intencje wyboru metodyki badawczej. Można się zastanowić, czy pierwszy z tych rozdziałów, zawierający bardzo podstawowe, wręcz podręcznikowe informacje jest niezbędny w pracy doktorskiej, ale recenzent uznaje prawo doktorantki do samodzielnego budowania narracji części teoretycznej własnej rozprawy doktorskiej. Układ ten jest zapewne przemyślany i informacje przekazywane czytelnikowi w poszczególnych rozdziałach od najbardziej ogólnego do specjalistycznego są logicznie uporządkowane i świadczą o właściwym rozpoznaniu aktualnego stanu wiedzy w analizowanym zagadnieniu badawczym, co jest obowiązkiem doktoranta.

Na stronach 46-48 zaprezentowano cele, tezy i zakres pracy. Głównym celem była ocena efektywności usuwania fosforu ze ścieków w warunkach statycznych przy zastosowaniu wybranych materiałów sorpcyjnych różnego pochodzenia: (i) antropogenicznego, (ii) naturalnego, ale modyfikowanego termicznie oraz (iii) materiału odpadowego. Cel ten został osiągnięty po rozwiązaniu sześciu, zdefiniowanych w postaci pytań, problemów naukowych, których kolejność jest logiczna i wskazuje na etapy prowadzonych badań. Są to: P.N.1 Jakie

właściwości i odpowiadające im parametry powinny charakteryzować dobry sorbent? P.N.2 Czy istnieje sorbent pochodzenia odpadowego o dobrych właściwościach sorpcyjnych, spełniający jednocześnie założenia gospodarki o obiegu zamkniętym? P.N.3 Czy sorbent pochodzenia odpadowego, może być równie skuteczny w usuwaniu zanieczyszczeń jak produkty komercyjne? P.N.4 Czy występuje zależność w postaci obniżenia skuteczności procesu sorpcji dla ścieków rzeczywistych w odniesieniu do ścieków syntetycznych? P.N.5 Czy możliwe jest zastosowanie złoża z materiału sorpcyjnego jako ostatniego elementu oczyszczania w obiekcie hydrofitowym? P.N.6 Czy wyczerpany sorbent może stanowić materiał nawozowy lub domieszkę do nawozu? Ponadto zaproponowano trzy tezy pracy, które udowodniono rozwiązując wspomniane powyżej problemy naukowe. Tezy te sformułowano poprawnie. Zakres pracy obejmuje sześć szczegółowych zadań. Przedstawione w tym rozdziale założenia pracy zawierają one elementy użytkowe, np. P.N. 1 czy P.N. 6, a także naukowe, np. P.N. 2 czy P.N. 8, co również świadczy o kompletności ocenianej pracy. W sposób graficzny zaprezentowano kolejność i zakres badań. Doktorantka wskazuje też na konkretne materiały sorpcyjne różnego pochodzenia, które badała (Phoslock, Rockfos, odpad poprodukcyjny Rockfos). Dlaczego z góry założono wykorzystanie akurat tych sorbentów?

Rozdział 5 (strony 49-74) to obszerny, ilustrowany zdjęciami materiał, gdzie charakteryzowano badane materiały oraz metodyki badawcze. Szczególnie metodyka pracy jest opisana i zilustrowana bardzo szczegółowo, co umożliwia powtórzenie przeprowadzonych eksperymentów. To wartościowy rozdział ocenianej pracy. Zaproponowana metodyka badań sorpcji, jest oczywiście oparta na literaturze, ale jednak w szczegółach jest to praca i założenia doktorantki. Zazwyczaj przy takich badaniach pojawiają się pytania np. dlaczego prowadzono eksperyment 5 minut, albo dlaczego badano 6 próbek itp. Recenzent uznaje, że założone czasy i liczby próbek pozwalają właściwie wykreślić krzywe modeli i wyznaczyć izotermy absorpcji, a o to chodzi.

Rozdział 4: Wyniki badań (strony 80-131) zawiera sześć podrozdziałów z których trzy pierwsze zawierają wyniki badań nad doбором najlepszych warunków sorpcji fosforu na trzech wybranych materiałach sorpcyjnych. Skutkiem było wyliczenie pojemności sorpcyjnych tych materiałów. Rozdziały te mają wartość naukową. Krytyczna analiza wskazała na niską skuteczność materiału Rockofos i w dalszych analizach nie był on badany. Rockfos jest komercyjnie dostępnym sorbentem wykorzystywanym już do usuwania fosforu. Czy doktorantka zastanawiała się dlaczego w przypadku tych badań skuteczność nie była zadowalająca? W kolejnych dwóch podrozdziałach wykorzystano wyniki tych badań do usuwania fosforu w ściekach rzeczywistych z wykorzystaniem materiałów Phoslock i

odpadowego. Stwierdzono wydajne usuwanie fosforu ogólnego i fosforanowego. Analizowano także możliwe symultaniczne usuwanie form azotu, ale w tym przypadku nie zaobserwowano wysokiej skuteczności. Takich wyników można się było spodziewać, szczególnie w przypadku materiału Phoslock powszechnie stosowanego do inaktywacji fosforu w toni wodnej jezior. Ostatni podrozdział zawiera wyniki badań gazonowych nad odzyskiem fosforu z wykorzystanych materiałów odpadowych.

Na stronach 109-154 zawarta jest najbardziej wartościowa część pracy, objęta rozdziałem „Dyskusja wyników”. Omówiono w niej uzyskane wyniki odnosząc je do aktualnego stanu wiedzy. Nie wnoszę uwag krytycznych do tego rozdziału. Na szczególną uwagę zasługuje analiza skuteczności materiałów sorpcyjnych różnego pochodzenia i o względnie różnej charakterystyce w usuwaniu fosforu oraz ich wpływu na jakość oczyszczanych ścieków. Interesująca jest też wielowskaźnikowa analiza ekonomicznych aspektów zastosowania materiałów sorpcyjnych różnego pochodzenia. Szczególną wartością naukową stanowi próba weryfikacji dopasowania modeli matematycznych za pomocą wielu kryteriów optymalizacyjnych, zaś utylitarną, analiza skuteczności wykorzystania materiałów sorpcyjnych nie tylko w ściekach syntetycznych ale również w rzeczywistych, co pokazało znaczący wpływ jakości ścieków na otrzymane rezultaty.

Na stronach 155-157 zawarte jest krótkie podsumowanie zawierające pozytywną weryfikację postawionych tez oraz wnioski wynikające z pracy wraz z kierunkami dalszych badań. Wnioskowanie jest prawidłowe i wynika z rezultatów przeprowadzonych badań.

Uwagi ogólne

Doktorantka wykazała się umiejętnością zaprojektowania i przeprowadzenia badań naukowych. W bardzo dobrym stopniu opanowała współczesne narzędzia i techniki badawcze wykorzystując je do przeprowadzenia kompleksowych analiz w założonym zakresie. Prowadziła badania laboratoryjne, których wyniki wykorzystano w procesie modelowania przebiegu sorpcji. Dostosowywała przebieg kolejnych doświadczeń na podstawie wyciąganych wniosków z poprzednich badań. Praca ta stanowi kompleksowe omówienie zagadnienia od prostej interpretacji wydajności usuwania fosforu, po analizę możliwości wykorzystania sorbentu jako elementu gospodarki cyrkulacyjnej.

Rozprawa została napisana w poprawnym języku polskim. Zwięzłym, inżynierskim stylem. Bardzo starannie wykonano zarówno tabele jak i rysunki. Kilka powyższych i poniższych uwag nie obniża jakości pracy. Zamieszczam je, jako rady nieco bardziej doświadczonego kolegi, z nadzieją że zostaną przyjęte przychylnie.

- Praca jest obszerna i autorce nie udało się uniknąć kilku błędów edycyjnych (np. tekst zawieszony na str. 24), literówek itp. Nie widzę potrzeby, aby wymieniać je w recenzji. Radzę w przyszłości zwracać uwagę na tego typu niedociągnięcia.
- Być może w wyniku bezpośredniego przełożenia z j. angielskiego w pracy pojawiają się słowa, które mają polskie odpowiedniki. Np. na str. 4 napisano, że fosfor „pierwiastkiem krytycznym” w zakresie eutrofizacji. Lepiej napisać, że jest pierwiastkiem limitującym eutrofizację.
- Nie powinno pisać się, że odczyn zmieniał się od wartości x do wartości y (np. str. 132, gdzie opisano zmianę od wartości 12 do 7,1). Zmienia się wartość pH, a za tym nie zawsze musi iść zmiana odczynu.

Podsumowanie

Uważam, że przedłożona mi do recenzji rozprawa doktorska mgr. inż. Magdy Kasprzyk pt.: „Badanie efektywności usuwania związków fosforu ze ścieków z zastosowaniem wybranych materiałów sorpcyjnych” prezentuje interesujące i nowatorskie wyniki badań. Jest oryginalnym rozwiązaniem problemu naukowego, zaś doktorantka wykazała się ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka oraz umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Uzyskane rezultaty mają charakter zarówno teoretyczny jak i praktyczny, wobec tego stanowią dobrą bazę do dalszych działań. Systematyka opisu eksperymentów, analiza i dyskusja wyników oraz wnioskowanie są prawidłowe. Powyżej wyszczególnione uwagi nie obniżają merytorycznej wartości pracy. Stwierdzam zatem, że rozprawa doktorska **mgr. inż. Magdy Kasprzyk pt.: „Badanie efektywności usuwania związków fosforu ze ścieków z zastosowaniem wybranych materiałów sorpcyjnych” spełnia wymogi stawiane zwyczajowo i normatywnie pracy doktorskiej**, dlatego też **wnioskuję o dopuszczenie** mgr. inż. Magdy Kasprzyk do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Jednocześnie biorąc pod uwagę bardzo dobry dorobek naukowy doktorantki w tym publikacje jako pierwszy autor w bardzo dobrych czasopismach (Ecol. Eng., Sci. Tot. Env., Resour. Conserv. Recyc.) oraz elementy takie jak:

- podjęcie tematyki gospodarki cyrkularnej oraz ponownego wykorzystania materiałów sorpcyjnych dla zamknięcia obiegu surowca;

- podjęcie próby zagospodarowania materiałów sorpcyjnych zgodnie z założeniami gospodarki o obiegu zamkniętym w celu odzysku fosforu jako surowca krytycznego dla gospodarki;
- porównanie skuteczności materiałów sorpcyjnych różnego pochodzenia (komercyjnego i odpadowego) oraz ich wpływu na jakość oczyszczanych ścieków (kompleksowe podejście);
- wieloskaźnikowa analiza ekonomicznych aspektów zastosowania materiałów sorpcyjnych różnego pochodzenia;
- próba weryfikacji dopasowania modeli matematycznych za pomocą wielu kryteriów optymalizacyjnych;
- dostosowywanie przebiegu kolejnych doświadczeń na podstawie wyciąganych wniosków z poprzednich badań;

składam wniosek o wyróżnienie rozprawy doktorskiej pani mgr inż. Magdy Kasprzyk pt.: „Badanie efektywności usuwania związków fosforu ze ścieków z zastosowaniem wybranych materiałów sorpcyjnych”.

Piotr Uweleń