

dr hab. inż. Mariusz Dudziak, prof. nzw. w Pol. Śl.
Politechnika Śląska
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Instytut Inżynierii Wody i Ścieków
Konarskiego 18, 44-100 Gliwice
Tel./Fax.: 32 237 10 47
e-mail: mariusz.dudziak@polsl.pl

Gliwice, 7 listopada 2016 r.

Recenzja
rozprawy doktorskiej mgr inż. Katarzyny Jaromin-Gleń
pt. „*Emisja metanu i ditlenku węgla podczas oczyszczania ścieków osadem czynnym
w bioreaktorze typu SBR (doświadczenia modelowe)*”
wykonanej pod kierunkiem
dr hab. inż. Andrzeja Bieganowskiego, prof. IA PAN (promotor)
oraz dr Romana Babko (promotor pomocniczy)
w Instytucie Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego Polskiej Akademii Nauk
w Lublinie

Podstawa opracowania

Niniejsza recenzja została opracowana na zlecenie Dyrektora Instytutu Agrofizyki im. B. Dobrzańskiego PAN z Lublina z dnia 19 października 2016 roku w oparciu o uchwałę Rady Naukowej tego Instytutu podjętą 14 października 2016 roku.

Celowość podjęcia tematu

Ścieki wraz odpadami stanowią kilka procent udziału w całkowitej emisji gazów cieplarnianych powodowanej działalnością człowieka. Jednym z aspektów różnorodności i specyfiki oczyszczalni ścieków jest zastosowana technologia. Przepływowe oczyszczalnie ścieków wykorzystujące metodę osadu czynnego są bardzo często opisywane w literaturze przedmiotowej. Z kolei technologia oczyszczania ścieków prowadzona w sposób cykliczny w jednym zbiorniku określana jako SBR z ang. *Sequencing Batch Reactors* nie jest do końca rozpoznana. Dotyczy to między innym aspektu emisji gazów cieplarnianych z tego typu oczyszczalni ścieków.

Autorka przedstawionej do oceny rozprawy podjęła badania nad oceną emisji metanu i ditlenku węgla podczas oczyszczania ścieków osadem czynnym w bioreaktorze typu SBR. Celowość podjęcia pracy doktorskiej o tej tematyce jest zatem jak najbardziej uzasadniona.

Ogólna charakterystyka rozprawy

Przedstawiona do recenzji praca liczy 107 stron i zawiera 37 rysunków, 23 tabele, spis 134 cytowanych pozycji bibliograficznych oraz 2 załączniki.

Rozprawę podzielono na 11 podstawowych rozdziałów zawierających m.in. cel i zakres pracy, przegląd literaturowy, opis stosowanych metod badawczych, prezentację i analizę wyników badań, podsumowanie oraz wnioski.

Krótkie wprowadzenie jest uzasadnieniem wyboru tematyki badawczej wynikającym z potrzeby identyfikacji i opisu źródeł gazów cieplarnianych. Doktorantka stwierdziła, że tematyka emisji gazów cieplarnianych z oczyszczalni ścieków podjęta została dopiero w ostatnich latach, przy czym najczęściej opisywane są oczyszczalnie przepływowe niż porcjowe typu SBR.

W kolejnych rozdziałach przedstawiona została hipoteza, cel i zakres pracy. Doktorantka założyła, że poziom emisji dwóch gazów cieplarnianych tj. CH_4 i CO_2 w trakcie procesu oczyszczania ścieków komunalnych zależy od:

- składu osadu czynnego oraz temperatury zmieniających się w kolejnych porach roku (lato, jesień, zima i wiosna),
- etapu technologicznego pracy (adaptacja i stabilna praca),
- fazy cyklu pracy (mieszanie i napowietrzanie).

Jednocześnie ditlenek węgla emitowany w czasie procesu oczyszczania jest wynikiem aktywności zarówno organizmów, które są elementami osadu czynnego tj. bakterii (prokariota) jak i organizmów wyższych (eukariota).

Zasadniczym celem prac było:

- wyznaczenie emisji gazów cieplarnianych (CH_4 i CO_2) w trakcie procesu oczyszczania ścieków komunalnych,
- określenie udziału jaki w ogólnej ilości emitowanego CO_2 mają organizmy wyższe eukariota stanowiące składowe osadu czynnego oraz pośrednie określenie udziału bakterii (prokariota).

Do realizacji celu pracy Doktorantka zaplanowała 2 zadania cząstkowe tj.:

1. zaprojektowanie i wykonanie stanowiska laboratoryjnego składającego się z 3-ech laboratoryjnych modeli bioreaktorów typu SBR pozwalających na oczyszczanie ścieków i jednocześnie umożliwiających pomiar m.in. emisji badanych gazów cieplarnianych.
2. doświadczalny dobór parametrów technologicznych procesu oczyszczania oraz ich walidacja pod kątem skuteczności oczyszczania.

Przegląd literaturowy przedstawia piśmiennictwo dotyczące gazów cieplarnianych oraz biologicznego oczyszczania ścieków. Doktorantka stwierdziła, że oczyszczanie ścieków w bioreaktorach typu SBR jest korzystne ze względu na możliwości sterowania zmiennymi w czasie warunkami aerobowymi. Przyczynia się to do uzyskiwania wysokich efektów usuwania związków węgla, azotu i fosforu na poziomie pozwalającym spełnić wymagania stawiane podczas ich odprowadzania do naturalnego odbiornika ścieków. Jednak również i w tym przypadku prowadzone procesy oczyszczania ścieków wpływają na emisję gazów cieplarnianych.

Część badawcza zawiera charakterystykę instalacji doświadczalnych oraz sposób prowadzenia eksperymentów. Przedstawiono także stosowane metody oznaczeń analitycznych.

Prezentację i analizę wyników badań rozpoczyna opis zmian potencjału redox i pH ścieków w trakcie ich oczyszczania w bioreaktorze typu SBR w zależności od etapu (adaptacja, stabilizacja) i fazy pracy (mieszanie, napowietrzanie, sedymentacja) oraz pory roku (lato, jesień, zima, wiosna). W tej części pracy bardzo ciekawa jest koncepcja przyjęcia kryterium, w oparciu o wartość potencjału redox umożliwiającego rozróżnienie zakończenia fazy adaptacji pracy bioreaktora typu SBR. Udokumentowane zależności dla potencjału redox i pH były zbliżone.

W oparciu o pomiar wartości zawiesiny i mętności ścieków Doktorantka wykazała, że prowadzony proces oczyszczania w bioreaktorze typu SBR przebiegał stabilnie i na wysokim poziomie sprawności przekraczającym 96% bez względu na porę roku. Chociaż trzeba zaznaczyć, że ocena sprawności oczyszczania ścieków w bioreaktorze typu SBR powinna być prowadzona w oparciu o obniżenie takich wskaźników jak BZT₅ czy też ChZT. Badając tylko zawiesinę i mętność oceniono głównie mechaniczną sprawność tego urządzenia.

Następnie w pracy przedstawiono wyniki dotyczące identyfikacji zespołu organizmów, w tym głównie gatunków eukariota w osadzie czynnym w zależności od etapu pracy i pory roku. Doktorantka określiła, że najliczniejszą grupę stanowiły orzęski i dlatego zmiany w ich liczebności przejęła za kryterium w porównywaniu składu osadu czynnego w różnych porach roku. Udokumentowano, że ilość gatunków eukariota obniżała się w czasie etapu wpracowania, ale średnia sumaryczna ich liczba wzrosła. W czasie stabilnej pracy zarówno ilość gatunków jak i osobników pozostawała na stałym poziomie (za wyjątkiem sezonu jesiennego, w którym liczebność osobników kolejno wzrastała i obniżała się). Podkreślam tu również fakt wykorzystania przez Doktorantkę dwóch indeksów biocenotycznych tj. różnorodności Shannona oraz bogactwa gatunkowego Margalefa w analizie badanych zależności.

W następnych rozdziałach pracy zamieszczono wyniki głównych badań dotyczących emisji gazów cieplarnianych z bioreaktora typu SBR w oparciu o wyznaczenie dwóch wielkości tj. zawartości CH_4 i CO_2 w objętości gazów emitowanych (w ppm) oraz gęstość strumienia tlenu umożliwiającą określenie ilości gazu powstającego w określonej jednostce czasu (wyrażoną w $\text{g/m}^2\cdot\text{min}$). Przeprowadzono również obliczenia udziału eukariota w całkowitej emisji ditlenku węgla. Doktorantka stwierdziła, że emisja metanu, bez względu na wyznaczaną wielkość nie zależała od etapu pracy bioreaktora typu SBR. W odniesieniu do pory roku zdecydowanie największa emisja CH_4 występowała latem, a w pozostałych porach roku parametr ten był na zbliżonym poziomie. Z kolei emisja ditlenku węgla zależała zarówno od etapu pracy bioreaktora typu SBR jak i pory roku. Była ona, podobnie jak w przypadku metanu największa latem. Wpływu etapu pracy na emisję tego gazu nie udało się określić. Z kolei udział eukariota w całkowitej emisji CO_2 został wyliczony jako zakres od 0,0002 do 0,001%. W tym momencie warto by było zaznaczyć, że biorąc pod uwagę fakt toksyczności metanu wobec mikroorganizmów osadu czynnego jest to zjawisko niekorzystne i niepożądane z punktu prowadzenia prawidłowego procesu technologicznego.

Przedostatni rozdział pracy to podsumowanie, a ostatni zawiera zestawienie najważniejszych osiągnięć Doktorantki, które zostały wskazane w 8-punktowych wnioskach.

Merytoryczna ocena rozprawy

Zdaniem recenzenta tematyka pracy jest oryginalna, aktualna i interesująca. Praca jest napisana poprawnie oraz została podzielona na logicznie ułożone rozdziały. Na uwagę

zasługuje zrealizowanie obszernego programu badań oraz staranne ich przedstawienie. Za główne osiągnięcia Autorki pracy uważam:

- zaprojektowanie i wykonanie układu do modelowania procesów biologicznych w oczyszczalni ścieków typu bioreaktor SBR;
- propozycja kryterium, w oparciu o wartość potencjału redox umożliwiającego rozróżnienie zakończenia fazy adaptacji pracy bioreaktora typu SBR;
- określenie emisji metanu i ditlenku węgla w zależności od etapu i fazy pracy bioreaktora typu SBR jak i pory roku;
- identyfikacja i opisanie zespołu organizmów osadu czynnego w pracującym bioreaktorze typu SBR w zależności od pory roku, w tym zakresie wykorzystanie indeksów biocenotycznych;
- wyznaczenie udziału eukariota w całkowitej emisji ditlenku węgla.

Uwagi dyskusyjne

W pracy dostrzeżono pojedyncze przypadki błędów redakcyjnych. W dalszej części recenzji przedstawię natomiast kilka uwag jakie nasunęły mi się podczas lektury pracy, które są istotne dla dalszej dyskusji podczas publicznej obrony:

- W części literaturowej pracy Doktorantka opisując bioreaktory typu SBR pominęła aspekt wykorzystania w tych układach membran. Jakże są więc zalety czy też wady takiego rozwiązania?
- Czy zastosowane przerwy w trakcie fazy napowietrzania byłyby słuszne pod względem prowadzenia technologii w warunkach rzeczywistych?
- Z powyższym związane jest również inne pytanie tj. jak można wyjaśnić, że emisja CO₂ w wybranych punktach pomiarowych w fazie napowietrzania (biorąc nawet pod uwagę stosowanie przerw) przyjmowała wartości zero?
- Zastosowane w pracy bioreaktory typu SBR w ramach układ napowietrzającego wyposażono w średniopęcherzykowe dyfuzory dyskowe. Interesuje mnie jaki byłby wpływ na badane zależności napowietrzania drobnopęcherzykowego?
- Czy zdaniem Doktorantki etap adaptacji osadu czynnego przez okres 5-10 dni daje możliwość skutecznej eliminacji azotu ze ścieków?

- Doktorantka klasyfikuje osad czynny jako czynnik procesowy. Jest to pewnego rodzaju skrót myślowy. Proszę zatem wymienić jakie parametry procesowe osadu czynnego mają wpływ na efektywność oczyszczania ścieków tą metodą.

Podsumowanie i wniosek końcowy

W podsumowaniu pragnę podkreślić, że wysoko oceniam pracę przedstawioną do recenzji. Na tę ocenę zasługuje teoretyczny i doświadczalny wkład Doktorantki. Zamieszczone w recenzji uwagi mają charakter dyskusyjny. Uważam, że mgr inż. Katarzyna Jaromin-Gleń opisała oryginalny problem naukowy mający istotne znaczenie w agronomii, który to został jasno sformułowany w przedłożonej rozprawie doktorskiej pt. *„Emisja metanu i ditlenku węgla podczas oczyszczania ścieków osadem czynnym w bioreaktorze typu SBR”*. W swojej pracy Doktorantka wykazała wiedzę zarówno w zakresie technologii oczyszczania ścieków jak i instrumentalnych metod analitycznych oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Stwierdzam, że przedstawiona do recenzji praca mgr inż. Katarzyna Jaromin-Gleń spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązujące ustawowe przepisy. Wnoszę o przyjęcie pracy przez Radę Naukową Instytutu Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego Polskiej Akademii Nauk w Lublinie i dopuszczenie jej Autorki do publicznej obrony. Wnioskuję także o wyróżnienie ocenionej pracy doktorskiej. Biorę pod uwagę przede wszystkim kompleksowe zbadanie procesu emisji metanu i ditlenku węgla podczas oczyszczania ścieków w bioreaktorze typu SBR. Ponad to godnym zauważenia jest fakt uzyskania przez Doktorantkę Diamentowego grantu.

