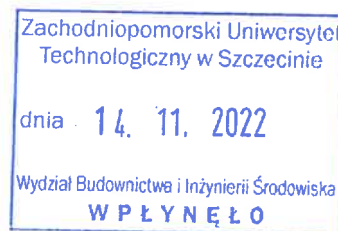


Poznań, 10.11.2022 r.

Dr hab. inż. Zbysław Dymaczewski, prof.PP
Instytut Inżynierii Środowiska i Instalacji Budowlanych
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Politechniki Poznańskiej



R E C E N Z J A

ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Justyny Kiper

**pt. „Metody zagospodarowania osadów ściekowych z ubocznymi
produktami spalania węgla oraz biomasy”**

Recenzowana rozprawa doktorska została wykonana na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Promotorem pracy jest dr hab. inż. Anna Głowacka, prof. ZUT.

PODSTAWA FORMALNA RECENZJI

Recenzję opracowano na podstawie uchwały nr 122 Senatu Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. z dnia 30.05.2022 oraz obowiązujących przepisów.

CHARAKTERYSTYKA ROZPRAWY

Recenzowana praca dotyczy opracowania metod zagospodarowania osadów ściekowych wraz popiołami i żużlem w celu przekształcenia tych odpadów w pełnowartościowy produkt do wykorzystania przyrodniczego lub w budownictwie. Przedstawione badania wpisują się w ideę zrównoważonego rozwoju i gospodarki cyrkulacyjnej.

Przedłożona do recenzji rozprawa składa się z monotematycznego cyklu ośmiu publikacji naukowych, w tym czterech w języku polskim i czterech w języku angielskim, oraz obszernego omówienia całości rozprawy.

Omówienie zawiera 48 ponumerowanych stron, w którym Autorka przedstawia hipotezę i cel naukowy podjętych badań, wprowadzenie do zagadnień będących treścią rozprawy, a następnie szczegółowo opisuje wykonane badania, z odniesieniem się do treści przedstawionej w poszczególnych publikacjach. W omówieniu zaprezentowano też część badań niepublikowanych, które uzupełniają wyniki opisane w artykułach. Na końcu omówienia Doktorantka zamieściła podsumowanie i wnioski oraz dalsze plany badawcze a także spis własnego dorobku publikacyjnego, literaturę wykorzystaną w opracowaniu, streszczenia w języku polskim i angielskim oraz wykaz załączników – publikacji włączonych do rozprawy wraz z oświadczeniami współautorów o ich procentowym udziale.

W skład pracy wchodzi następujące publikacje wydane w latach 2017 – 2021 (oznaczone od I1 do I8):

- Kiper, J. (2017). The possibilities of natural development of ash-sludge blends. *Ecological Engineering & Environmental Technology (formerly: Inżynieria Ekologiczna)*, 18(3), 74-82. **(I1)**
- Głowacka, A., Rucińska, T., Kiper, J. (2017). The slag original from the process of sewage sludge incineration selected properties characteristic. In *E3S Web of Conferences (Vol. 22, p. 00054)*. EDP Sciences. **(I2)**
- Głowacka, A., Tarnowski, K., Bering, S., Mazur, J., Kiper, J., Wołoszyk, C. (2017). Energy crops cultivated on the slag from incineration of the sewage sludge energy value assessment. In *E3S Web of Conferences (Vol. 22, p. 00055)*. EDP Sciences. **(I3)**
- Tarnowski, K., Bering, S., Kiper, J., Lendzion-Bieluń, Z., Mazur, J., Głowacka, A. (2017). Studies of phytoremediation of heavy metals-containing sewage sludge-ash mixtures with spring barley. *Przemysł Chemiczny*, 96(8), 1733-1735. **(I4)**

- Kiper, J., Głowacka, A., Bering, S., Tarnowski, K. (2017). Studies on the possibilities of environmental applicability of sludge from industrial laundry. *Przemysł Chemiczny*, 96(8), 1684-1686. (I5)
- Kiper, J., & Głowacka, A. (2018). Analiza osadów powstałych podczas oczyszczania spalin odlotowych i możliwości ich zagospodarowania. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*. (I6)
- Kiper, J., Głowacka, A., Rucińska, T. (2019). Analysis of the Variability of the Composition of Sewage Sludge Before and After Drying Treatment–SEM Studies. *Journal of Ecological Engineering*, 20(7). (I7)
- Kiper, J., & Głowacka, A. (2021). Assessment of the possibility of using sludge and ash mixtures for nature/reclamation purposes based on the PHYTOTOKKIT test. In *Advances in Environmental Engineering Research in Poland* (pp. 125-134). Routledge. (I8)

Wymieniony wyżej cykl ośmiu publikacji obejmuje pięć artykułów w czasopismach naukowych (I1, I4, I5, I6, I7), dwie pozycje E3S Web of Conferences (I2, I3) oraz rozdział w monografii (I8). Zgodnie z załączonym wykazem i oświadczeniami współautorów dla publikacji wieloautorskich, w przypadku pozycji I2, I3, I4, I5, I7 zastosowano równy podział procentowy, natomiast dla pozycji I6 oraz I8 procentowy udział mgr inż. Justyny Kiper był większościowy i wynosił 60%. W pięciu publikacjach Doktorantka jest pierwszym lub jedynym autorem. W czterech została podana jako autor korespondencyjny. Biorąc powyższe pod uwagę mogę stwierdzić, że ogólny udział pani mgr inż. Justyny Kiper w przedłożonym do recenzji cyklu publikacji był znaczący i może być uznany jako wystarczający by cykl ten stanowił jej rozprawę doktorską.

OCENA MERYTORYCZNA ROZPRAWY

Praca doktorska pani mgr inż. Justyny Kiper jest wynikiem przeprowadzonych obszernych i wnikliwych studiów literaturowych oraz starannie zaplanowanych i zrealizowanych badań doświadczalnych mających za zadanie osiągnięcie założonych celów naukowych oraz weryfikację postawionej hipotezy.

Przy ocenie merytorycznej rozprawy istotnym czynnikiem jest atrakcyjność i znaczenie podjętego problemu badawczego, sposób jego rozwiązania oraz jakość uzyskanych rezultatów. W tym kontekście uważam wybór przez Doktorantkę tematu związanego z opracowaniem

metod zagospodarowania mieszanek osadów ściekowych i niektórych popiołów za trafny i aktualny, o dużym potencjale praktycznym.

Istotnym elementem recenzowanej pracy jest omówienie, które łączy cykl publikacji w merytoryczną całość oraz uzupełnia go o elementy nie występujące w poszczególnych publikacjach. Opracowanie to zostało przez Autorkę bardzo dobrze skomponowane, co powoduje, że pracę czyta się z dużym zainteresowaniem i łatwością. Zarówno treść jak i przyjęty układ wraz z odniesieniami do poszczególnych pozycji cyklu, dobór źródeł bibliograficznych oraz forma przekazu pozwalają wysoko ocenić zarówno wiedzę Doktorantki jak i swobodę poruszania się w obrębie tematyki rozprawy.

Autorka pracy postawiła sobie dwa cele naukowe:

- opracowanie metody wykorzystania osadów ściekowych oraz popiołów i żużli, będących ubocznymi produktami procesów technologicznych, do stworzenia pełnowartościowego produktu,
- opracowanie metody pozwalającej na zagospodarowanie odpadów bez konieczności stosowania skomplikowanych i kosztownych technologii.

Aby je zrealizować, zaplanowała składające się z pięciu etapów badania obejmujące:

- zapoznanie się z procesami technologicznymi przeróbki osadów, przegląd literatury, poszukiwanie i pozyskanie materiałów badawczych wraz z wykonaniem analiz fizykochemicznych,
- selekcję wybranych materiałów,
- wybór metody oraz przygotowania materiałów docelowych – mieszanek osadowo-popiołowych wraz z wykonaniem analiz fizykochemicznych,
- ocenę przydatności poszczególnych kompozytów oraz przygotowanych na ich podstawie mieszanek osadowo-popiołowych,
- przeprowadzenie badań fitotoksyczności przygotowanych mieszanek.

Doktorantka sformułowała hipotezę, że istnieje możliwość stworzenia mieszanek osadowo-popiołowych, których właściwości fizykochemiczne będą spełniać wymogi postawione w normach oraz rozporządzeniach, dla materiałów przeznaczonych do wykorzystania na cele przyrodnicze lub jako materiał budowlany i możliwe będzie wykorzystanie tych produktów w rekultywacji gleb antropogenicznych, zamykania składowisk odpadów lub jako recyklat stanowiący materiał budowlany.

Postawiona do weryfikacji teza pracy jest poprawnie sformułowana, a przyjęte wcześniej etapy badań pozwalają tę weryfikację przeprowadzić.

Takie zaplanowanie całości badań świadczy o dojrzałości naukowej Doktorantki i jej dużej samodzielności.

Publikacja I1. Samodzielny artykuł Doktorantki w czasopiśmie Inżynieria Ekologiczna/Ecological Engineering, w języku polskim. Autorka przedstawia możliwości przyrodniczego zagospodarowania odwodnionych osadów ściekowych wraz z dodatkowymi komponentami będącymi pozostałością z procesów spalania różnych rodzajów biomasy w celach energetycznych. Doktorantka opisuje wyniki swoich badań charakterystyki komponentów służących do sporządzenia mieszanek osadowo-popiołowych mających mieć zastosowanie w rolnictwie i rekultywacji terenów zdegradowanych oraz, co jest bardzo cenne, przeprowadziła dla nich testy fitotoksyczności aby sprawdzić przydatność tych mieszanek jako nawóz organiczno-mineralny, materiał do rekultywacji składowisk odpadów lub materiał nawozowy pod uprawy pasz i roślin do celów przemysłowych. Artykuł napisany jest poprawnie a przeprowadzona dyskusja i wyciągnięte wnioski wskazują na dobre przygotowanie merytoryczne Autorki i swobodę poruszania się w tematyce dotyczącej rozprawy.

Publikacja I2. Artykuł w języku angielskim, opublikowany w materiałach E3S Web of Conferences, gdzie Doktorantka jest jednym z trzech współautorów. W pracy skupiono się na charakterystyce popiołu i żużla pochodzącego ze spalania osadów ściekowych w oczyszczalni ścieków Pomorzany w Szczecinie. Badania obejmowały zarówno granulometrię powstałego w procesie spalania odpadu, jak i zawartość fosforu, potasu, wapnia i magnezu oraz metali ciężkich oraz podstawowe właściwości fizykochemiczne. Badania stanowiły wstępne rozpoznanie tematu i punkt wyjścia do dalszych badań nad zagospodarowaniem analizowanego produktu odpadowego, które opisano w kolejnej publikacji cyklu.

Publikacja I3. Artykuł w języku angielskim, opublikowany w materiałach E3S Web of Conferences, gdzie Doktorantka jest jednym z sześciu współautorów. W pracy skupiono się na przydatności popiołów i żużli ze spalania osadów ściekowych w oczyszczalni Pomorzany do uprawy roślin na cele energetyczne oraz ich ewentualnego wpływu na wartość opałową i skład pierwiastkowy uprawianych roślin. Opisane wyniki potwierdziły zasadność takiego zagospodarowania odpadów z procesu spalania. Uważam, że zaprezentowane w obu publikacjach badania zostały dobrze zaplanowane i wykonane przez Doktorantkę wraz ze współautorami

Publikacja I4. Artykuł w języku polskim, opublikowany w czasopiśmie Przemysł Chemiczny (posiadającym współczynnik wpływu IF), gdzie Doktorantka jest jednym z sześciu współautorów. W pracy podjęto temat wykorzystania mieszanek osadów powstających w oczyszczalni przemysłowych ścieków palniczych wraz z odpadami paleniskowymi

z elektrowni Dolna Odra. Na uwagę zasługuje przeprowadzone porównanie otrzymanych mieszanek osadowo-popiołowych z mieszankami na bazie osadów z oczyszczalni ścieków komunalnych. Uzyskane wyniki pozwoliły udowodnić, że osady te są podobne i mogą być zagospodarowywane w taki sam sposób. Cennymi informacjami uzyskanymi z badań zawartości metali ciężkich jest ich pochodzenie przede wszystkim ze strukturotwórczych żużli i popiołów z elektrowni oraz ustalenie, że osad pochodzący z oczyszczania ścieków pralniczych zawiera znacznie mniejsze stężenia metali niż osad z oczyszczania ścieków komunalnych. Dodatkowym wnioskiem wynikającym z badań było wykazanie, że jęczmień jary może być wykorzystany do usuwania metali ciężkich z podłoża, na którym wzrasta (fitoremediacja).

Publikacja I5. Artykuł w języku polskim, opublikowany w czasopiśmie *Przemysł Chemiczny* (posiadającym współczynnik wpływu IF), gdzie Doktorantka jest jednym z czterech współautorów. Praca dotyczy tych samych osadów z oczyszczania ścieków pralniczych, które są przedmiotem badań opisanych w publikacji I4. W artykule I5 podjęto temat przyrodniczego wykorzystania mieszanek tych osadów z pozostałościami ze spalania węgla kamiennego, słomy i drewna. Przeprowadzone testy fitotoksyczności wykazały negatywny wpływ domieszek popiołów ze spalania słomy i drewna na wzrost roślin z powodu wysokiej zawartości potasu. Ogólna konkluzja z badań potwierdza jednak możliwość wykorzystania mieszanek osadowo-popiołowych do rekultywacji składowisk odpadów komunalnych oraz jako nawóz organiczno-mineralny w uprawie roślin na paszę i do celów energetycznych, co stanowi kolejny przyczynek do pozytywnego zweryfikowania postawionej hipotezy badawczej.

Publikacja I6. Artykuł w języku polskim, opublikowany w czasopiśmie *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*. Doktorantka jest jednym z dwóch współautorów, z większościovym udziałem 60%, jest też autorem korespondencyjnym. W publikacji przedstawiono propozycję łącznego zagospodarowania różnych odpadów przemysłowych powstających w elektrowni Dolna Odra – osadu z oczyszczania ścieków z instalacji odsiarczania spalin oraz popiołów i drobnej frakcji żużli ze spalania węgla oraz żużli ze spalania osadów ściekowych z oczyszczalni komunalnej Pomorzany. Podobnie jak we wcześniejszych publikacjach, zarówno komponenty jak i przygotowane mieszanki poddano analizie fizykochemicznej i na zawartość metali ciężkich oraz przeprowadzono testy fitotoksyczności. Również podobnie jak w poprzednich badaniach, wykazano możliwość przyrodniczego zagospodarowania przygotowanych mieszanek osadowo-popiołowych, w szczególności do rekultywacji składowisk odpadów oraz hałd pozostałości po spalaniu węgla w elektrowni.

Publikacja I7. Artykuł w języku angielskim, opublikowany w czasopiśmie *Journal of Ecological Engineering*. Doktorantka jest jednym z trzech współautorów, jest też autorem korespondencyjnym. W pracy przedstawiono charakterystykę odwodnionych i wysuszonych osadów z komunalnych oczyszczalni ścieków Pomorzany i Zdroje w Szczecinie. Określono parametry fizykochemiczne, zawartość wybranych mikro i makroelementów oraz analizowano strukturę z wykorzystaniem skaningowej mikroskopii elektronowej.

Publikacja I8. Artykuł w języku angielskim, opublikowany jako rozdział w monografii wydawnictwa Taylor & Francis. Doktorantka jest jednym z dwóch współautorów, z większościowym udziałem 60%, jest też autorem korespondencyjnym. W publikacji przedstawiono wyniki trzech serii testów fitotoksyczności przeprowadzonych dla osadów ściekowych z oczyszczalni Pomorzany (seria 1), wraz z domieszką osadów z przemysłu browarniczego (seria 2) i z domieszką popiołów ze spalania osadów ściekowych (seria 3). Badania potwierdziły dużą przydatność testów PHYTOTOKKIT oraz możliwość przyrodniczego zagospodarowania badanych osadów i mieszanek.

Analiza przedstawionego do oceny dorobku publikacyjnego Doktorantki pozwala prześledzić jej stopniowy rozwój naukowy. Poza pierwszą publikacją cyklu, powstałą w 2017 roku i napisaną samodzielnie, gdzie dokonuje ona oceny możliwości zagospodarowania osadów i mieszanek osadu z popiołami i żużłami oraz prezentuje przeprowadzone wstępne badania, kolejne cztery publikacje z tego samego roku są wieloautorskie, z równym, często niewielkim, procentowym udziałem poszczególnych członków zespołu. Kolejne publikacje, przypadające odpowiednio na lata 2018, 2019 i 2021 to już widoczne duże zaangażowanie Doktorantki, gdzie jej potwierdzony udział jest znacznie wyższy. Jest też ona – jako autor korespondencyjny – odpowiedzialna za końcowy kształt publikacji.

Analizując przyjęte cele pracy oraz zakres badań i uzyskane rezultaty, a także postawioną i zweryfikowaną w tych badaniach tezę, stwierdzam, że pani mgr inż. Justyna Kiper wyznaczyła sobie ciekawe i ważne zadanie naukowe, które w pełni zrealizowała.

Do najistotniejszych osiągnięć pracy zaliczam przede wszystkim:

- określenie charakterystyki fizykochemicznej, w tym zawartości mikro i makroelementów, mieszanek osadów ściekowych z popiołami ze spalania węgla oraz biomasy i przebadanie ich przydatności do przyrodniczego wykorzystania z wykorzystaniem testów fitotoksyczności, zarówno w odniesieniu do osadów z oczyszczania ścieków komunalnych jak i wybranych osadów przemysłowych,

- wykazanie przydatności popiołów ze spalania osadów ściekowych do wykorzystania przyrodniczego. Ciekawe są też rozważania dotyczące wykorzystania tych popiołów jako recyklat w budownictwie.

Na podkreślenie zasługuje też fakt sformułowania przez Doktorantkę dalszych planów badawczych, ukierunkowanych na kontynuację badań mieszanek osadowo-popiołowych do wykorzystania przyrodniczego i w budownictwie, w tym odzysku fosforu z pozostałości po spalaniu osadów ściekowych (SSA) przed ich wykorzystaniem jako dodatek do cementów. Badania dotyczące zagospodarowania popiołów przy produkcji cementu powinny obejmować również kwestie związane z właściwościami, przede wszystkim wytrzymałością otrzymywanego w ten sposób betonu.

Poniżej przedstawiono uwagi krytyczne do pracy. Częściowo mają one charakter dyskusyjny, nie umniejszają też ogólnej wysokiej oceny recenzowanej rozprawy.

- Zastanawiające jest dlaczego Autorka w badaniach zawartości makro i mikrośladników w komponentach do przygotowania mieszanek opisywanych w publikacjach I1, I5, I6 oznaczała takie składniki jak azot, fosfor, sód, potas i magnez a zupełnie pominęła wapń, który jest nie bez znaczenia w przypadku wykorzystania przyrodniczego.
- W przypadku wieloautorskich publikacji, gdzie przy równym podziale procentowym formalny udział jednej osoby waha się od 16,7 (6 współautorów) do 33,3 % (3 współautorów), taki zapis nie odzwierciedla faktycznego istotnego wkładu Doktorantki w przeprowadzone badania. Zdaniem recenzenta, Doktorantka mogłaby poświęcić w omówieniu trochę więcej uwagi kwestii swojego wkładu w powstanie poszczególnych publikacji składających się na jej rozprawę, aby ten wkład uwypuklić.

Reasumując, ogólna ocena merytoryczna przedstawionej do recenzji rozprawy jest bardzo pozytywna. Wszystkie elementy składające się na pracę doktorską mgr inż. Justyny Kiper są napisane zrozumiałym, poprawnym językiem i stoją na dobrym poziomie naukowym. Dołączone do zbioru publikacji omówienie pracy bardzo dobrze odzwierciedla zamysł Autorki i konsekwentną realizację poszczególnych zadań cząstkowych, a w poszczególnych publikacjach znajdujemy rozwinięcie omawianych treści. Pani mgr inż. Justyna Kiper wykazała się dużą wiedzą, umiejętnością postawienia problemu badawczego i zaplanowania oraz przeprowadzenia badań potrzebnych do jego rozwiązania. Świadczy to o wystarczającej dojrzałości Doktorantki do samodzielnego prowadzenia badań naukowych. Uzyskane w części

badawczej wyniki są bardzo ciekawe, wiarygodne i wartościowe zarówno w aspekcie poznawczym jak i w odniesieniu do przyszłych zastosowań praktycznych oraz zawierają elementy nowości i oryginalności. Uzupełniają one dotychczasowe wyniki badań prezentowane przez innych naukowców.

WNIOSEK KOŃCOWY

Rozprawa doktorska mgr inż. Justyny Kiper pt. „Metody zagospodarowania osadów ściekowych z ubocznymi produktami spalania węgla oraz biomasy” jest pracą o charakterze poznawczym i aplikacyjnym, poszerzającą wiedzę na temat możliwości zagospodarowania osadów ściekowych i pozostałości po spalaniu wybranych paliw stałych oraz przekształcenia tych odpadów w pełnowartościowe produkty możliwe do wykorzystania przyrodniczego i w budownictwie. Pani mgr inż. Justyna Kiper wykazała się dużą wiedzą w zakresie tematyki poruszanej w rozprawie oraz umiejętnością samodzielnego prowadzenia badań i interpretacji uzyskiwanych wyników.

Moim zdaniem **rozprawa ta w pełni spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim** określone zarówno w aktualnie obowiązujących przepisach jak i zwyczajowo oczekiwane od rozpraw doktorskich.

Upoważnia mnie to do zaproponowania **przyjęcia rozprawy doktorskiej mgr inż. Justyny Kiper przez Senat Zachodniopomorskiego Uniwersytetu w Szczecinie i dopuszczenie jej do dalszych etapów w przewodzie doktorskim.**

Zbysław Dymacowski