

Streszczenie

Rozwiązanie kwestii unieszkodliwienia osadów ściekowych stanowi jeden z poważniejszych problemów krajowej gospodarki odpadami. Obowiązujące od 1 stycznia 2016 roku Rozporządzenie Ministra Gospodarki (Dz.U. 2015 poz. 1277), zakazujące składowania tych odpadów wywarło wpływ na poszukiwanie nowych rozwiązań, mających na celu ich zagospodarowanie. Innowacyjne technologie przetwarzania stwarzają możliwości wykorzystania osadów jako produkt wykorzystywany w różnych gałęziach przemysłu. Przekształcenie osadu ściekowego w nawóz lub środek poprawiający właściwości gleby powoduje, że podlega on obrotowi handlowemu tak jak każdy nawóz produkowany przemysłowo, a co najważniejsze, traci status odpadu. Takie traktowanie odpadów jest szczególnie istotne w świetle komunikatów Komisji Europejskiej, dotyczących planów działania dążenia Unii Europejskiej do gospodarki o obiegu zamkniętym. Jednym z planowanych założeń jest całkowite uniknięcie problemu odpadów poprzez przekształcanie ich w wysokojakościowe surowce wtórne, które będą ponownie wprowadzane do obiegu.

Celem podjętych badań było opracowanie metody zagospodarowania osadów ściekowych oraz ubocznych produktów spalania węgla i biomasy do stworzenia produktu przeznaczonego do wykorzystania na cele przyrodnicze – rekultywację gleb antropogenicznych, zamykania składowisk odpadów lub jako materiał budowlany. Właściwości fizykochemiczne analizowanych produktów spełniać będą wymogi postawione w normach oraz rozporządzeniach a metoda ich przygotowania pozwalać będzie na zagospodarowanie odpadów bez konieczności stosowania skomplikowanych i kosztownych technologii.

Przygotowano mieszanki osadowo-popiołowe, poprzez wymieszanie osadów z komponentami mineralnymi w stosunku wagowym 1:1 w przeliczeniu na suchą masę osadu. Z uwagi na duże uwodnienie osadu przemysłowego pralniczego, został on połączony z wybranymi odpadami mineralnymi w stosunku objętościowym 1:2. W celu wybrania najbardziej wartościowych komponentów i przygotowanych na ich bazie mieszanek, ocenione zostały one pod kątem właściwości nawozowych – poprzez przeprowadzenie badań fizykochemicznych oraz testu fitotoksyczności. Przedstawiono również badania dotyczące samodzielnego zagospodarowania popiołów i żużli powstających po spalaniu osadów ściekowych (SSA) jako surowca do produkcji materiałów budowlanych jak i innych zastosowań, określonych w art. 96 ust 1 (Dz.U.2020 poz. 797). Metody badawcze obejmowały oznaczenie wybranych właściwości fizykochemicznych, zawartości metali ciężkich, badania właściwości geometrycznych oraz wyznaczenie rozkładu wielkości cząstek, obserwację widma stężeń pierwiastków, badania składu fazowego metodą dyfrakcji rentgenowskiej (XRD), analizę EDS oraz analizę termogravimetryczną, sprzężoną ze spektrometrią mas (TG-MS) z analizą gazów wylotowych przy użyciu spektrometru masowego.

Przeprowadzone badania wykazały możliwość zastosowania przygotowanych mieszanek jako produkt przeznaczony na cele przyrodnicze. Stężenia metali ciężkich (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Cr) oznaczonych w komunalnych i przemysłowych osadach ściekowych nie przekraczały dopuszczalnych zawartości określonych w załączniku do Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 6 lutego 2015 r. (Dz. U. 2015 poz. 257) i mogą być wykorzystywane w rolnictwie oraz do rekultywacji gruntów na cele rolne, do rekultywacji terenów na cele nierolne, oraz przy dostosowaniu gruntów do określonych potrzeb wynikających z planów gospodarki odpadami, planów zagospodarowania przestrzennego lub decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu, do uprawy roślin przeznaczonych do produkcji kompostu, do uprawy roślin nieprzeznaczonych do spożycia i produkcji pasz. Oznaczona zawartość makroskładników (N, P, K, Ca, Mg) we wszystkich analizowanych osadach ściekowych była większa, niż występująca w nawozach naturalnych, a mieszanki przygotowane na podstawie komunalnych osadów ściekowych pochodzących z pierwszej serii poboru z Oczyszczalni Ścieków Pomorzany wraz z popiołami po spaleniu drewna oraz po spaleniu osadów ściekowych spełniły wymagania określone w Rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi (Dz.U. 2008 nr 119 poz. 765) i mogą być stosowane jako nawóz organiczno-mineralny. Przygotowanie mieszanek osadów z dodatkiem popiołów po spaleniu drewna oraz popiołów lotnych przyczynia się do wzrostu pH, co poprawia proces dalszej stabilizacji osadów ściekowych. Analizowane odpady z powodzeniem można przetwarzać w procesie R12 – wymiana odpadów w celu poddania ich któremukolwiek z procesów wymienionych w pozycji R1–R12 (Dz.U. 2013 poz. 21) na produkt odpadowy bądź też na produkt i mogą być wykorzystywane do produkcji nawozów organiczno-mineralnych lub materiałów budowlanych. Zaproponowana metoda przekształca odpady pochodzące z różnych gałęzi przemysłu w wysokojakościowe surowce wtórne, które ponownie mogą być wprowadzane do obiegu.

Przyszłe plany badawcze będą obejmować kontynuację prac nad metodą wykorzystania mieszanek osadowo-popiołowych zarówno do celów przyrodniczych jak i przemysłowych oraz badania nad możliwością odzysku fosforu obecnego w odpadach po spaleniu osadów ściekowych (SSA), wykorzystaniu odpadu popocesowego jako recyklat w budownictwie, a fosforu jako składnik do produkcji nawozów.

09.05.2022

Justyna Lipińska

Abstract

Solving the issue of neutralizing sewage sludge is one of the most serious problems of the national waste management. The Regulation of the Minister of Economy, effective from January 1, 2016 (Journal of Laws of 2015, item 1277), prohibiting the waste storage, had an impact on new solutions research, aimed at their management. Innovative processing technologies make it possible to use sludge as a product used in various industries. Converting sewage sludge into a fertilizer or soil conditioner causes that it is traded like any industrially produced fertilizer, and most importantly, it loses its status as a waste. Such treatment of waste is particularly important in the light of the communications of the European Commission on the European Union's roadmap towards a circular economy. One of the planned objectives is to completely avoid the problem of waste by transforming it into high-quality secondary raw materials that will be re-circulated.

The aim of the research was to develop a method of managing sewage sludge and by-products of coal and biomass combustion to create a product intended for use for natural purposes - reclamation of anthropological soils, closing waste landfills or as a building material. The physicochemical properties of the analyzed products will meet the requirements set out in standards and regulations, and the method of their preparation will allow waste management without the need to use complex and costly technologies.

Sludge-ash mixes were prepared by mixing the sludge with mineral components in a weight ratio of 1: 1 based on the dry mass of the sludge. Due to the high hydration of industrial laundry sludge, it was combined with selected mineral waste in a 1: 2 volume ratio. In order to select the most valuable components and the mixtures prepared on their basis, they were assessed in terms of fertilizing properties - by conducting physicochemical tests and a phytotoxicity test. The paper also presents research on the independent management of ashes and slags generated after sewage sludge incineration (ASS) as a raw material for the production of building materials as well as other applications specified in Art. 96 section 1 (Journal of Laws 2020, item 797). The research methods included the determination of selected physicochemical properties, heavy metal content, tests of geometric properties and determination of particle size distribution, observation of the element concentration spectrum, X-ray diffraction (XRD) phase composition tests, EDS analysis and thermogravimetric analysis coupled with mass spectrometry (TG-MS) with exhaust gas analysis using a mass spectrometer.

The conducted research showed the possibility of using the prepared mixtures as a product intended for natural purposes. The concentrations of heavy metals (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Cr) determined in municipal and industrial sewage sludge did not exceed the permissible content specified in the annex to the Regulation of the Minister of the Environment of February 6, 2015 (Journal of Laws of 2015, item 257) and can be used in agriculture and for land reclamation for agricultural purposes, for land reclamation for non-agricultural purposes, and for adapting the land to specific needs resulting from waste management plans, spatial

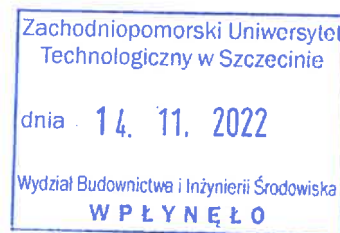
development plans or decisions on building conditions and land development, for plant cultivation intended for the production of compost, for the cultivation of plants not intended for consumption and for the production of fodder. The determined content of macronutrients (N, P, K, Ca, Mg) in all analyzed sewage sludge was higher than that present in natural fertilizers, and mixtures prepared on the basis of municipal sewage sludge from the first collection series from the Pomorzany Sewage Treatment Plant together with ashes after combustion wood and after incineration of sewage sludge, meet the requirements set out in the Regulation of the Minister of Agriculture and Rural Development (Journal of Laws 2008 No. 119 item 765) and can be used as an organic and mineral fertilizer. Preparation of sludge mixtures with the addition of ash after wood combustion and fly ash contributes to the increase of pH, which improves the process of further stabilization of sewage sludge. The analyzed waste can be successfully processed in the R12 process - waste exchange in order to undergo any of the processes listed in items R1-R12 (Journal of Laws of 2013, item 21) into a waste product or a product and can be used for the production of organic fertilizers - mineral or building materials. The proposed method transforms waste from various industries into high-quality secondary raw materials that can be recycled.

Future research plans will include the continuation of work on the method of using sludge-ash mixtures both for natural and industrial purposes, and research on the possibility of recovering phosphorus present in waste after sewage sludge incineration (SSA), using post-process waste as a recyclate in construction, and phosphorus as a component for the production of fertilizers.

09.05.2022 *Justyna Ling*

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 mikroskładników 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 Dymański

prof. dr hab. Kazimierz Szymański

Koszalin, 28. 07. 2022

Politechnika Koszalińska

75-453 Koszalin

ul. Śniadeckich 2

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Justyny Kiper

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

1. Podstawa opracowania recenzji

Senat Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie na posiedzeniu w dniu 30 maja 2022 roku podjął uchwałę nr 122 powołującą moją osobę na recenzenta w przewodzie doktorskim mgr inż. Justyny Kiper pt. **"Metody zagospodarowania osadów ściekowych z ubocznymi produktami spalania węgla oraz biomasy"** W przygotowanej recenzji zostaną uwzględnione obowiązujące dokumenty prawne - art. 179 ust. 1 Ustawy z dnia 3 lipca 2018 roku, Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2018 r. poz. 1669 z późn. zm.), art. 14 ust. 1 pkt 1, ust. 2 pkt 2 ustawy z dnia 14.03.2003r, o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. nr 65, poz. 595, z późn. zm.) oraz Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz.U. poz.261). Promotorem rozprawy jest dr hab. inż. Anna Głowacka, prof. ZUT. Rozprawa doktorska została wykonana w Katedrze Inżynierii Środowiska, Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie

2. Ogólna charakterystyka rozprawy

Rozprawa została zredagowana na 48 stronach, w tym Doktorantka załączyła 18 rysunków oraz 8 tabel. W rozprawie powołuje się na 61 pozycji literaturowych w tym 24 anglojęzyczne. Integralną część rozprawy stanowi 9 załączników (fotokopie publikacji) oraz załączniki oświadczeń o wkładzie procentowym współautorów poszczególnych publikacji. Do rozprawy dołączono nośnik elektroniczny zawierający omówienie osiągnięć naukowych stanowiących cykl 8 publikacji powiązanych tematycznie z rozprawą. Część tekstowa rozprawy stanowią rozdziały zawierające: hipotezę i cel naukowy podjętych badań, wprowadzenie, selekcję materiałów organicznych oraz mineralnych, przygotowanie i właściwości mieszanek osadowo-popiołowych, przeprowadzenie testów fitotoksyczności, wykorzystanie popiołów do różnych celów, podsumowanie i wnioski, plany badawcze, zestawienia literaturowe, streszczenie, abstract w j. angielskim oraz wykaz załączników.

Doktorantka, przedkładając do oceny osiągnięcia naukowe, jako cykl ośmiu publikacji powiązanych tematycznie, w ramach realizowanej rozprawy doktorskiej pt. **"Metody zagospodarowania osadów ściekowych z ubocznymi produktami spalania węgla oraz biomasy"** spełnia warunki niezbędne do uzyskania stopnia naukowego doktora. Czołowe miejsce należy przypisać współautorskim publikacjom za 70 punktów wg obecnej punktacji MNiSW, posiadające IF - 0,402 opublikowane w *Przemysłe chemiczne* w 2017 roku, jak też publikację wydaną w *Journal of Ecological Engineering* w 2019 roku, nie posiadającą IF. Doktorantka jest również współautorem (dwie osoby) artykułu naukowego za 50 pkt. wg punktacji ministerialnej, opublikowanej w 2021 roku w czasopiśmie *Advances in Environmental Engineering Research in Poland*. W grupie ośmiu publikacji posiada jeden samodzielny artykuł z 2017 roku za 20 pkt, który został opublikowany w *Ecological Engineering & Environmental Technology*. Tę samą 20 punktową ocenę wg MNiSW uzyskał artykuł z 2018 roku, opublikowany w czasopiśmie technicznym *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*. Mimo niewielkiej punktacji (5 pkt) stanowią dwa artykuły konferencyjne z 2017 roku, co można pozytywnie ocenić mając na uwadze aktualny etap rozwoju naukowego Doktorantki. Należy również pozytywnie ocenić udział Doktorantki w czasopismach nie zaliczanych do grupy osiągnięć naukowych w tym za 100 pkt w *DESALINATION ND WATER TREATMENT* z 2020 roku oraz za 5 pkt w czasopiśmie *Wodociągi - Kanalizacja*, jak również artykuł zgłoszony do czasopisma *Materials*.

Doktorantka zamieściła je w formie tabelarycznej (bez numeracji) na stronie 38, jako literatura własna. Wymienione tu artykuły z grupy osiągnięć naukowych, w formie oryginalnych załączników, cytowane są w materiale tekstowym rozprawy doktorskiej . Recenzent nie widzi potrzeby powtórnego recenzowania wymienionych artykułów. Tym niemniej swoje uwagi, pytania itd. wniesie do materiału stanowiącego rozprawę doktorską.

3. Analiza i ocena merytoryczna rozprawy

Doktorantka formułuje trafną hipotezę, która zakłada możliwość tworzenia mieszanek osadowo-popiołowych, których właściwości fizykochemiczne spełniać będą wymogi stawiane materiałom wykorzystywanym na cele przyrodnicze lub przy produkcji materiałów budowlanych w świetle obowiązujących norm i rozporządzeń. Wskazuje przy tym wykorzystanie ich, przykładowo do rekultywacji gleb antropogenicznych, jako materiał przy zamykaniu wyeksploatowanych składowisk a też jako recyklat stanowiący materiał budowlany. Tym samym prowadzone badania i wynikające z nich informacje wykazują szereg elementów aplikacyjnych. Z tak sformułowanej hipotezy wyłaniają się cele naukowe poszczególnych etapów badań, publikowanych w latach 2017 - 2021 w formie monotematycznego zbioru ośmiu opracowań. Ich rangę recenzent przedstawił w rozdziale 2 niniejszej opinii. Doktorantka, poczynawszy od wprowadzenia do tematyki zagospodarowania osadów ściekowych generowanych w oczyszczalniach ścieków, wskazuje na ich stały przyrost w Polsce, jak również w poszczególnych krajach UE. Jak można zauważyć, w warunkach polskich, uwzględniających Ustawę o odpadach z 2013 roku a też Rozporządzenie Ministra Środowiska z 2015 roku, wskazuje na poszczególne metody zagospodarowania komunalnych osadów ściekowych (KOŚ) z dominującą metodą wykorzystania ich w rolnictwie i przekształcaniu termicznym. Jak można zauważyć w niewielkim stopniu osady te trafiają na składowiska odpadów co było zasługą zmiany prawa polskiego w tym zakresie. Inny pozytywny element gospodarki osadowej w Polsce wynika z faktu coraz większego udziału metod przekształcania termicznego. Tym samym można bardzo pozytywnie ocenić prowadzenie badań Doktorantki w zakresie zagospodarowania osadów ściekowych z jednoczesnym wykorzystaniem ubocznych produktów powstających ze spalania węgla i biomasy. Otrzymywany w tym procesie produkt nawozowy, zawierający znaczące ilości substancji organicznej i biogennej w tym związków azotu i fosforu, jak również potasu może stanowić alternatywę nawozową w stosunku do nawozów komercyjnych. Poglądowy schemat postępowania z osadami komunalnymi przeznaczonymi do rolniczego zagospodarowania ilustruje Doktorantka na rysunku 3, korzystając z Ustawy o odpadach z 2013 roku. Zgodnie z

zaleceniami unijnymi wszelkie działania w tym zakresie winny mieć na uwadze na realizacji prowadzenia gospodarki odpadami o obiegu zamkniętym (GOZ). Mamy wówczas taką formę gospodarki odpadami, w której każdy odpad po niewielkim przekształceniu staje się surowcem i może być wprowadzany do obiegu. Możliwa jest przy tym poprawa bilansu energetycznego zakładów oczyszczania ścieków (recykling energetyczny) oraz recykling nawozowy, wykorzystujący potencjał glebotwórczy (nawozowy). Doktorantka oba rodzaje problemów naukowych prezentuje w swoich pracach (1 - 8) wskazujących na możliwości wykorzystania potencjału substancji biogennych zawartych w osadzie ściekowym oraz minerałach zawartych w popiołach z procesu spalania węgla lub biomasy.

Część badawcza rozprawy wymagała pozyskania materiału o walorach substancji organicznych oraz mineralnych. Próbki materiału pochodziły z dwóch komunalnych oczyszczalni ścieków oraz trzech oczyszczalni przemysłowych. Recenzent uważa taki wybór za reprezentatywny. Warto podkreślić, że odpady pochodzenia mineralnego stanowiły popioły ze spalania słomy i drewna w kotłach fluidalnych, popiół lotny z Elektrowni "Dolna Odra" również ze spalania węgla kamiennego pobrane z elektrofiltrów a też popioło-żużel z Elektrowni "Dolna Odra". Równolegle pobierano żużel po spaleniu osadów ściekowych w Oczyszczalni Ścieków "Pomorzany" oraz "Zdroje". Doktorantka przedstawia też diagram blokowy gospodarki osadowej realizowanej na obu oczyszczalniach. Miejsca poboru próbek materiałów do badań szczegółowo omawiają załączone do rozprawy publikacje. W tabeli 1 rozprawy zamieszczono kody poszczególnych odpadów oraz przyjęte oznaczenia poszczególnych próbek. Charakterystykę tych obiektów Doktorantka omawia dość szczegółowo, jednocześnie skład fizykochemiczny osadów ściekowych. Wyniki badań interpretuje, korzystając ze stosownych aktów prawnych. Dla porównania powołuje się na inne oczyszczalnie ścieków zlokalizowane w województwie warmińsko-mazurskim a też na opracowaniach innych autorów. Wyniki tych badań zostały zestawione w tabeli nr 2. Na uwagę i podkreślenie zasługuje wykorzystanie unikalnych metod badawczych, wykorzystujące specjalne techniki analityczne do których możemy zaliczyć: scanningowy mikroskop elektronowy (SEM) Hitachi TM 3000 wyposażony w jednostkę EDS. Pozwoliło to, dzięki poszczególnym zdjęciom widm energetycznych pierwiastków w tym metali ciężkich, na identyfikację obserwowanej powierzchni badanych osadów odwodnionych i wysuszonych osadów z oczyszczalni "Pomorzany" oraz "Zdroje". Jak wynika z cytowanego przez Doktorantkę Rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie komunalnych osadów ściekowych (Dz.U. 2015 poz.257) dot. stosowania komunalnych osadów ściekowych na cele

rolnicze oraz rekultywację gruntów na cele rolne, do rekultywacji terenów na cele nierolne. Analizując wyniki badań wszystkich parametrów, zebranych w tabeli 2, rzeczywiście nie występują tam przekroczenia wartości dopuszczalnych. To jest korzystny wynik dla urzędów, które decydują o możliwościach wykorzystania osadów ściekowych do różnych celów. Jednakże w przypadku niektórych metali, przykładowo chromu, można podjąć dyskusję naukową stwierdzając, że istnieje możliwość kumulacji tego toksycznego pierwiastka w komunalnych osadach ściekowych i kolejne partie osadów mogą dyskwalifikować dalsze użycie osadów do produkcji nawozów. Zjawisko to może występować również w przypadku wykorzystania przemysłowych osadów ściekowych z przemysłu garbarskiego, który stosował niegdyś duże ilości związków chromu w procesie garbowania skór. Możliwe, że nadal stosuje tego rodzaju związki w procesie technologicznym. Recenzent nie widzi potrzeby dokonywania korekty rozprawy. Tym niemniej Doktorantka może dodać kilka zdań o chromie w trakcie obrony rozprawy a już śmielej przy okazji redagowania kolejnych publikacji. Jak mi wiadomo, również w osadach ściekowych pochodzących z pralni dywanów, zlokalizowanej na terenie Pomorza Środkowego stwierdzono podwyższone stężenie związków chromu. Nie były one usuwane w trakcie typowego procesu oczyszczania ścieków, ale odnotowano ich obecność w osadach ściekowych. W pracy nr 5 Doktorantka przy okazji rozważań nad ściekami pralniczymi pominęła w tym medium udział metali ciężkich (oczywiście nie było to obowiązkowe). Bardzo praktyczne i przebadane rozwiązanie zastosowano zajmując się pilotową oczyszczalnią ścieków pralniczych. Kolejne rysunki (7,8, 9) wskazują na znaczący zakres prowadzonych tam badań, uwzględniający również metale ciężkie. W przypadku osadów pobranych z zakładów browarniczych stężenie chromu stwierdzono w serii pomiarowej nr 2 na poziomie ok. 300 mg/kg s.m. Poproszę jednak Doktorantkę o komentarz tego zjawiska na obronie rozprawy. W nawiązaniu do tematu rozprawy, jako szczególnie ciekawy, stwierdzam rozdział zatytułowany "przygotowanie i właściwości mieszanek osadowo-popiołowych". Doktorantka temu zagadnieniu poświęciła dużo uwagi, ze względu na potrzebę doboru mieszanek o korzystnych właściwościach nawozowych, wymagających badań fizykochemicznych i testu fitotoksyczności. Mieszanki te, w przeliczeniu na suchą masę, połączono w stosunku 1 : 1. Skład fizykochemiczny uwzględniał badania zawartości związków nawozowych: N, P, K i metali alkalicznych: Ca i Mg oraz mikroskładników: Cu, Zn, Mn, Mo i Fe. Tabele 4 i 5 ilustrują skład fizykochemiczny tych mieszanek. Badania te uzupełnione o szereg innych składników mieszanek osadowo-popiołowych. Zagadnienie to zostało szczegółowo omówione w recenzowanym materiale i poszczególnych publikacjach. Recenzenta nieco poruszają

określenia typu "na bazie", typowe dla opracowań z dyscypliny *budownictwo*. Proponuję w przyszłości stosować zamiennie "z użyciem, wykorzystaniem itd". Nie dziwi recenzenta podwyższona zawartość cynku w badanym materiale. Pierwiastek ten uznawany jest "za wszędobyłski" i zazwyczaj w ośrodku gruntowym występuje w ilościach nadmiarowych.. Zauważono również przekroczenia w badanych próbkach, w stosunku do obowiązujących aktów prawnych, w przypadku związków kadmu, nieznacznego niklu oraz chromu. Poproszę Doktorantkę o wskazanie prawdopodobnych form występowania tych metali w środowisku gruntowym. Pomocne w wyjaśnieniu mogą być prace naukowe dotyczące tzw. specjacji metali ciężkich w danym środowisku. Częściową odpowiedź na to pytanie znajdujemy w pracach Doktorantki I.2 i I.3. Bardzo pogładowo elementy zawartości składników pokarmowych w poszczególnych mieszankach dla nawozów organiczno-mineralnych ilustruje rysunek 10. Tym samym limituje to wykorzystanie wspomnianych mieszanek w rolnictwie i rekultywacji gruntów na cele rolnicze. Potwierdzenie przydatności poszczególnych mieszanek do szerokiego stosowania przyrodniczego potwierdzają testy fitotoksyczności. Badania te przeprowadzono w dwóch seriach, stosując dwie różne metody badawcze. Pierwsza seria to wykorzystanie ogólnodostępnych narzędzi laboratoryjnych. Metoda ta została bardzo szczegółowo opisana w rozprawie. Druga seria badań fitotoksyczności to wykorzystanie specjalistycznych mikrobiotestów diagnostycznych Phytotoxit. Wykorzystano wówczas roślinę jednolistną (*Sorghum saccharatum*) oraz dwoma roślinami dwuletnimi (*Lepidium sativum*, *Sinapis alba*). Badania są standardowe i pozwalają na obliczenie toksyczności. System klasyfikacji został opracowany na podstawie doniesień literaturowych oraz zestawione na rysunku 11. Druga seria testów, określająca wpływ mieszanek osadowo-popiołowych na wschody roślin testowych wraz z analizą poszczególnych zjawisk ilustruje rysunek 12, natomiast wzrost roślin testowych na przygotowanym podkładzie zamieszczono na rysunku 13. Analiza poszczególnych serii badań na podkładach charakteryzowała się opóźnionym wzrostem roślin z wyjątkiem podkładu przygotowanego z osadu przemysłowego oraz odpadu po spaleniu osadu ściekowego, w którym wystąpiła stymulacja wzrostu korzeni (*Lepidium sativum*) na poziomie 7,4 %. Doktorantka wskazuje również na możliwości wykorzystania popiołów z procesów termicznych osadów ściekowych do celów przyrodniczych i materiałów budowlanych. W pierwszym przypadku to ze względu na zawartość składników nawozowych a w drugim przypadku jako alternatywnych komponentów w produkcji materiałów budowlanych, ze względu na właściwości pucolanowe i hydrauliczne. Możliwe, że największe ilości popiołów trafiają do budownictwa drogowego. Rozdział poświęcony tym zagadnieniom został

rozbudowany o charakterystyki istotne w budownictwie i znajduje znaczące odzwierciedlenie w pracach Doktorantki w tym: I.1, I.2 i I.3. Większość tych badań wykonano z uwzględnieniem stosownych ustaw oraz norm budowlanych. Z tych badań wynikają zestawienia tabelaryczne (tab. 9) oraz opracowania graficzne - dyfraktogramy (rys. 15 - 18), poczynając na badaniach wykorzystujących metodę dyfrakcji rentgenowskiej (XRD), analizę EDS oraz analizę termograwimetryczną, sprzężoną ze spektrometrią mas (TG - MS). Ten etap rozprawy doktorskiej recenzent ocenia bardzo pozytywnie. Podsumowując stwierdzam, że rozprawa doktorska Opiniowanej zawiera istotne elementy, charakterystyczne dla tego typu opracowań. Została zredagowana z należytą starannością, z zachowaniem właściwej formy językowej i merytorycznej. Znajduje to odzwierciedlenie w załączonych publikacjach. Recenzent kila uwag i pytań zamieścił w tekście recenzji i prosi o ustosunkowanie się Doktorantki w trakcie obrony rozprawy. Nie rzutują one w żadnym stopniu negatywnie na wartość naukową rozprawy.

4. Podsumowanie i wniosek końcowy

Osiągnięcia naukowe Doktorantki poparte cyklem 8. publikacji powiązanych tematycznie mogą stanowić rozprawę doktorską. Rozprawa zawiera dobrze udokumentowaną hipotezę i zrealizowany cel naukowy podjętych badań. Doktorantka w trakcie badań dokonała selekcji materiałów organicznych oraz mineralnych. Wykorzystała osady ściekowe oraz popioły i żużle, jako materiały odpadowe, do produkcji pełnowartościowych produktów. Wymagało to przeprowadzenia szczegółowych badań właściwości mieszanek osadowo-popiołowych, testów fitotoksyczności oraz popiołów z procesów termicznych. W rezultacie wskazała na możliwości wykorzystanie materiałów odpadowych do różnych celów, co podkreśla aplikacyjny charakter prowadzonych badań. Wyniki badań opublikowała w czasopismach naukowych załączonych do recenzji. Rangę tych czasopism recenzent omawia w rozdziale drugim.

Tym samym rozprawę doktorską mgr inż. Justyny Kiper pt. **"Metody zagospodarowania osadów ściekowych z ubocznymi produktami spalania węgla oraz biomasy"** mając na uwadze obowiązujące dokumenty prawne - art. 179 ust. 1 Ustawy z dnia 3 lipca 2018 roku, Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2018 r. poz. 1669 z późn. zm.), art. 14 ust. 1 pkt 1, ust. 2 pkt 2 ustawy z dnia 14.03.2003r, o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. nr 65, poz. 595, z późn. zm.) oraz Rozporządzenie Ministra Nauki i

Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz.U. poz.261) przedkłada Senatowi Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie do dalszego procedowania o nadanie mgr inż. Justynie Kiper stopnia naukowego doktora, w dziedzinie *nauk technicznych*, w dyscyplinie *inżynieria środowiska*.

Krzysztof Symonik

UCHWAŁA NR 2
Senatu Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie
z dnia 16 stycznia 2023 r.

w sprawie nadania mgr inż. Justynie Kiper
stopnia doktora

Na podstawie art. 179 ust. 1 i 3 pkt 2b ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. poz. 1669, z późn. zm.) w związku z art. 14 ust. 2 pkt 5 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (tekst jedn. Dz. U. z 2017 r. poz. 1789, z późn. zm.) uchwala się, co następuje:

§ 1.

Senat Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie nadaje mgr inż. Justynie Kiper stopień doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

§ 2.

Uchwała wchodzi w życie z dniem podjęcia.

Przewodniczący Senatu

Rektor

dr hab. inż. Jacek Wróbel, prof. ZUT

UCHWAŁA NR 3
Senatu Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie
z dnia 16 stycznia 2023 r.

w sprawie wyróżnienia rozprawy doktorskiej dr inż. Justyny Kiper

Na podstawie art. 179 ust. 1 i 3 pkt 2b ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. poz. 1669, z późn. zm.) w związku z § 3 pkt 4 i § 21 rozporządzenia Prezesa Rady Ministrów z dnia 21 maja 2019 r. w sprawie kryteriów i trybu przyznawania nagród Prezesa Rady Ministrów oraz wzoru wniosku o ich przyznanie (Dz. U. poz. 976, z późn. zm.) oraz z § 11a uchwały nr 113 Senatu ZUT z dnia 23 września 2019 r. w sprawie określenia sposobu postępowania w sprawie nadania stopnia doktora w Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technologicznym w Szczecinie (z późn. zm.) uchwala się, co następuje:

§ 1.

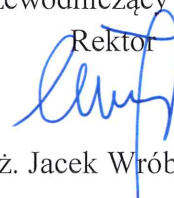
Senat Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie wyróżnia rozprawę doktorską dr inż. Justyny Kiper, pt. „Metody zagospodarowania osadów ściekowych z ubocznymi produktami spalania węgla oraz biomasy”.

§ 2.

Uchwała wchodzi w życie z dniem podjęcia.

Przewodniczący Senatu

Rektor



dr hab. inż. Jacek Wróbel, prof. ZUT