

Prof. dr hab. inż. Robert Sekret
Politechnika Częstochowska
Wydział Infrastruktury i Środowiska
42 – 201 Częstochowa, ul. J.H. Dąbrowskiego 69
E-mail: robert.sekret@pcz.pl

Częstochowa, dn. 05.09.2022 r.

Szanowny Pan
Prof. dr hab. inż. Andrzej Rusin
Przewodniczący Rady Dyscypliny
Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka
Politechniki Śląskiej
ul. Konarskiego 18
44-100 Gliwice

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Jakuba Sobieraja

nt. Waloryzacja popiołów w celu ich dalszego wykorzystania w materiałach antropogenicznych

1. Wprowadzenie

Recenzja niniejsza została napisana w odpowiedzi na pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej z dnia 12 lipca 2022 roku nr RIE-BD.512.32.2022.

2. Charakterystyka Kandydata

Mgr inż. Jakub Sobieraj we wrześniu 2018 roku uzyskał tytuł magistra w Instytucie Maszyn i Urządzeń Energetycznych na Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej. Kandydat nigdy wcześniej nie ubiegał się o nadanie stopnia doktora w żadnej jednostce organizacyjnej. Dotychczasowe doświadczenie zawodowe Doktoranta to:

- Konstruktor CAD w Sumitomo SHI FW, 07.2016 – 02.2018,
- Doktorant i stanowisko asystenta w Politechnice Śląskiej w ramach projektu Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej, 11.2018 – 06.2022,

- Inżynier FEA w Sumitomo SHI FW, 09.2019 – 08.2020,
- Mechanical Engineer (CFD & FEA) w Creadis Sp. z o.o., obecnie.

3. Ocena rozprawy doktorskiej

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska mgr inż. Jakuba Sobieraja „Waloryzacja popiołów w celu ich dalszego wykorzystania w materiałach antropogenicznych” zawiera łącznie 182 strony. Rozprawa została podzielona na 11 głównych rozdziałów i uzupełniona bibliografią, spisem rysunków oraz tabel. We wprowadzeniu do rozprawy doktorskiej (rozdział 1 pracy) Doktorant odniósł się do problematyki wykorzystania paliw kopalnych w procesach konwersji energii w energetyce oraz regulacji prawnych dotyczących postępowania z ubocznymi produktami procesu spalania. W rozdziale 2 Doktorant wskazał konieczność rozwoju technologii zagospodarowania UPS z uwzględnieniem zasad gospodarki obiegu zamkniętego, w tym scharakteryzował ideę GOZ. W rozdziale 3 Doktorant przedstawił charakterystykę UPS i możliwości ich gospodarczego wykorzystania. Jako szczegółowe uwarunkowania mające istotne znaczenie na sposób zagospodarowania UPS wskazał wpływ paliwa stałego na własności UPS oraz opisał wpływ UPS na: produkcję betonu, rekultywację terenów, poprawę jakości gleby oraz jej nawożenie, wykorzystanie jako adsorbentu lub wypełniacza, odzyskiwanie pierwiastków bądź związków chemicznych. Doktorant w rozdziale 3 odniósł się również do problematyki UPS na instalacjach indywidualnych, tj. ze spalania paliw stałych w instalacjach małej mocy. W rozdziale 4 recenzowanej rozprawy doktorskiej Doktorant przedstawił stan wiedzy dotyczący waloryzacji ubocznych produktów spalania. Rozdział ten podzielił na trzy części, tj. modyfikację paliwa przed procesem spalania z uwzględnieniem dodatków glinokrzemianowych, modyfikację procesu spalania i modyfikację UPS po procesie spalania. W rozdziale 5 Doktorant przedstawił cel i zakres rozprawy oraz tezy rozprawy doktorskiej. W rozdziale 6 Autor rozprawy zaprezentował metodologię badań podstawowych wraz z zastosowanym wyposażeniem laboratoryjnym. Jako badania podstawowe przyjęto: mieszanie (homogenizacja) próbek, spopielenie próbek, analizy rozkładu ziarnowego, analizy techniczne i elementarne paliwa, analizy składu tlenkowego popiołów, analizy temperatur przemian fazowych popiołu, analizy procesu adsorpcji gazu, badania morfologii próbek z wykorzystaniem elektronowego mikroskopu skaningowego oraz analizy zawartości części palnych. W rozdziałach

7-10 Doktorat przedstawił wyniki badań zasadniczych zgodnie z zawartym w rozdziale 5 zakresem pracy. Rozdział 7 to ocena wpływu addytywów w postaci glinokrzemianów na temperatury przemian fazowych popiołu oraz jego skład. W ramach tej części pracy Doktorant zwrócił uwagę na zanieczyszczenia powierzchni ogrzewanych kotła. Na potrzeby badań wykorzystano 4 różne paliwa w postaci biomasy. Rozdział 8 to określenie wpływu dodatków paliwowych na proces adsorpcji CO₂. Celem tej części badań było określenie możliwości wykorzystania popiołu ze spalania biomasy wraz z dodatkami paliwowymi jako potencjalnego adsorbentu do separacji i magazynowania ditlenku węgla. Jako dodatki Doktorant wykorzystał cztery rodzaje glinokrzemianów. Rozdział 9 to określenie wpływu rozkładów ziarnowych oraz strat prażenia popiołów lotnych i żużli na proces adsorpcji CO₂. Wykorzystane UPS pochodziły z przemysłowego (rusztowy kocioł ciepłowniczy) spalania biomasy drzewnej pochodzącej ze ścinki drzew. Rozdział 10 to badania waloryzacji popiołu z wykorzystaniem procesu mielenia. Celem tego zakresu pracy doktorskiej była ocena podatności przemiałowej, a także wpływu procesu mielenia na usuwanie amoniaku. W rozdziale 11 Doktorant przedstawił wnioski końcowe. Po zapoznaniu się z rozprawą doktorską nie wnoszę uwag do jej układu. Biorąc pod uwagę specyfikę badań, tj. kilka niezależnych serii badań, w których Doktorant przedstawił wpływ waloryzacji na końcową postać i wybrane właściwości UPS, jej struktura jest czytelna i logicznie ułożona. Uważam, że Doktorat nabył umiejętności poprawnej organizacji rozprawy doktorskiej.

Przedstawiony w ocenianej rozprawie doktorskiej stan wiedzy w podjętym problemie naukowym jest aktualny i ściśle odnosi się do tematu pracy. Przedstawiony przegląd literaturowy Doktorant wykonał w oparciu o 203 pozycje bibliograficzne, z czego większość (ponad 60%) to publikacje i źródła internetowe z ostatnich 10 lat. W przedstawionym przeglądzie literatury Doktorant trafnie wskazał uzasadnienie podjęcia się zdefiniowanego problemu naukowego. Uważam, że Doktorant nabył umiejętności poprawnego wykonania krytycznego przeglądu aktualnego stanu wiedzy naukowej.

Podstawowym celem ocenianej rozprawy doktorskiej było uzyskanie wiedzy w zakresie możliwości waloryzacji, czyli poprawy właściwości pozwalających na ponowne wykorzystanie w myśl idei GOZ, popiołów powstających w procesie spalania

paliw stałych, w tym biomasy. Badania ukierunkowane zostały na określenie wpływu dodatków glinokrzemianowych na temperaturę przemian fazowych popiołów i skład popiołów, następnie wykorzystania ich jako potencjalnego adsorbentu do separacji i magazynowania ditlenku węgla, wykorzystania popiołu lotnego oraz mieszanek popiołu lotnego i żużla do adsorpcji ditlenku węgla, oraz oceny podatności przemiałowej popiołu i wpływu procesu mielenia na usuwanie amoniaku z UPS. Uważam, że z punktu widzenia zwiększania udziału odnawialnych źródeł energii w procesach konwersji energii na cele energetyczne i ciepłownicze zastosowanie biomasy jako paliwa jest nadal aktualnym problemem badawczym. Z jednej strony biomasę zalicza się do głównych odnawialnych nośników energii pierwotnej w kraju ale z drugiej strony jej termiczne przetwarzanie wiąże się z szeregiem problemów eksploatacyjnych instalacji kotłowych, jak również zagospodarowania UPS, znacznie różniących się od wykorzystania w tym celu paliw w postaci węgla. Ze względu na bardzo duże ilości oraz specyficzne właściwości UPS, powstających z procesów spalania biomasy, stanowią one znaczące wyzwanie w kontekście gospodarki obiegu zamkniętego. Dlatego też uważam, że podjęty problem naukowy waloryzacji popiołów w celu ich dalszego wykorzystania w materiałach antropogenicznych, świadczy o trafności wyboru tematyki naukowo-badawczej przez Doktoranta zarówno z punktu widzenia celu naukowego, jak i celu użytecznego. Należy podkreślić, że obecnie pomimo znacznego stanu wiedzy w zakresie energetycznego wykorzystania biomasy aspekty zagospodarowania UPS zgodnie z zasadami GOZ są nadal problemami do rozwiązania. Uważam, że przedstawione cel i zakres pracy szczegółowo informują o kierunku pracy oraz aplikacyjności wyników. Tezy pracy są czytelne. Uważam, że Doktorant nabył umiejętności poprawnego formułowania celu rozprawy doktorskiej.

Przyjęte metody badawcze zarówno w zakresie badań podstawowych, tj.: mieszania próbek, spopielania próbek, analiz rozkładu ziarnowego, analiz technicznych i elementarnych paliwa, analiz składu tlenkowego popiołów, analiz charakterystycznych temperatur przemian fazowych popiołu czy analiz procesu adsorpcji gazu, badań morfologii próbek z wykorzystaniem elektronowego mikroskopu skaningowego, analiz zawartości części palnych są poprawne. Doktorant szczegółowo opisał kolejne laboratoryjne stanowiska badawcze oraz zastosowane procedury pomiarów. Równie szczegółowo Doktorant przedstawił opis stanowisk badawczych

i metody analiz w części głównej badań (rozdział 7-10), w tym: stanowisko laboratoryjne oraz charakterystykę próbek przy określaniu temperatur przemian fazowych, badania zrealizowane na ruszcie wibracyjnym na stanowisku laboratoryjnym o mocy 0,5 MW_t, procedury wytwarzania adsorbentu, procedury doboru paliw i analiz popiołów. Należy podkreślić bardzo szeroki zakres badań laboratoryjnych i konieczność opanowania obsługi aparatury laboratoryjnej oraz procedur realizacji pomiarów. Świadczy to o dużym już doświadczeniu Doktoranta. Dlatego też, uważam, że Doktorant nabył umiejętności poprawnego wyboru metodyki i realizacji badań dla przyjętego celu naukowego.

Nie wnoszę uwag do uzyskanych przez Doktoranta wyników badań. Są one wiarygodne, czytelne i wnoszą istotny nowy stan wiedzy w podjętej problematyce. Ich analiza jest szczegółowa i wnikliwa. Należy podkreślić staranne opracowanie tabelaryczne i graficzne uzyskanych wyników. Przedstawione przez Doktoranta wnioski szczegółowe i wnioski końcowe jednoznacznie odnoszą się do przyjętych celu i zakresu pracy oraz wynikają z przedstawionego materiału w rozprawie. W związku z tym stwierdzam, że Doktorant nabył umiejętności poprawnej prezentacji uzyskanych wyników badań, ich analizy oraz formułowania wniosków.

Recenzowana rozprawa doktorska charakteryzuje się silnym aspektem aplikacyjnym zarówno z punktu widzenia zagospodarowania popiołów uzyskanych bezpośrednio po procesie spalania biomasy, jak również popiołów już składowanych. Uzyskane wyniki pozwalają na możliwości wdrożeniowe dla istniejących i nowych instalacji energetycznej konwersji biomasy z zachowaniem zasad gospodarki obiegu zamkniętego. Kluczowym poparciem mojego stanowiska jest m.in. fakt, że wymiernym užitarnym efektem recenzowanej rozprawy jest wytworzenie adsorbentu na bazie UPS, którego zdolności adsorpcji ditlenku węgla uległy od ponad 5 do 27 krotnej poprawie w stosunku do popiołu, który stanowił jego źródło, odpowiednio popiół lotny lub mieszanka popiołu lotnego i żużla. Uzyskana wiedza naukowa może być wykorzystania w projektowaniu technologicznym.

Należy podkreślić, że praca realizowana była w ramach projektu badawczego finansowanego przez Fundację na Rzecz Nauki Polskiej w programie TEAM-TECH

Core Facility, co świadczy również o istotności i wadze podjętego problemu naukowego w ocenie szerszej grupy specjalistów.

Uwagi dyskusyjne

W rozdziale 10.6 wskazano, że w wyniku procesu mielenia redukcja zawartości amoniaku w popiołach wyniosła od 2% (A1) do 36% (A4). Czy uzyskane wartości są istotne z punktu widzenia dalszego zagospodarowania popiołu? Czy ten proces waloryzacji jest akceptowalny z punktu widzenia jego wpływu na środowisko?

Uwagi szczegółowe

- str. 59: zamiast „metodologia” to „metodyka” lub „metody badawcze”,
- str. 58: trafne byłoby przedstawienie wszystkich celów naukowych w rozdziale 5, tj. również celów szczegółowych – wskazanie na str. 58, że zostały „opisane dla każdego z zagadnień we właściwym miejscu” nie jest czytelne,
- brak w rozprawie informacji o niepewności uzyskanych wyników,
- trafniejsze byłoby wyrażenie ciśnienia nie w [bar] a w jednostkach układu SI,
- w tekście pracy występuje często brak zapisu oznaczeń z wykorzystaniem indeksu dolnego, np. „CO₂”,
- str. 141: zamiast „Waloryzacja popiołu procesem mielenia” to czytelniej będzie „Waloryzacja popiołu z wykorzystaniem procesu mielenia”.

3. Wniosek końcowy

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska mgr inż. Jakuba Sobieraja pt. „Waloryzacja popiołów w celu ich dalszego wykorzystania w materiałach antropogenicznych” stanowi oryginalne rozwiązanie istotnego problemu naukowego z obszaru efektywności energetycznej i środowiskowej instalacji energetycznych i stanowi istotny wkład w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Uważam, że rozprawa doktorska potwierdza ogólną wiedzę teoretyczną Kandydata w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka oraz umiejętności do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Jej poziom merytoryczny spełnia wymagania obecnych przepisów w tym zakresie.

Wobec powyższego wnioskuję o dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony.

Podpisał Robert Sekret