

dr hab. inż. Katarzyna Wystalska prof. PCz
Katedra Sieci i Instalacji Sanitarnych
Wydział Infrastruktury i Środowiska
Politechnika Częstochowska
katarzyna.wystalska@pcz.pl

Częstochowa, dn. 09.05.2022 r.

Recenzja

Rozprawy doktorskiej mgr inż. Kacpra Świechowskiego

pt. „Waloryzacja odpadów i biomasy o niskich wartościach energetycznych w procesie toryfikacji”

1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Podstawą formalną opracowania recenzji była umowa o dzieło nr UCP/2022/03/0304/Z zawarta pomiędzy Uniwersytetem Przyrodniczym we Wrocławiu a autorką niniejszej recenzji oraz uchwała Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska Górnictwo i Energetyka Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu z dnia 16 marca 2022 r.

2. Celowość podjęcia tematu

Wzrost zużycia energii na świecie i pojawiające się różnego rodzaju ograniczenia związane z wykorzystaniem paliw konwencjonalnych wymuszają podejmowanie działań zmierzających do pozyskania paliw alternatywnych. Biomasa oraz produkty odpadowe mogą być surowcem który wypełni określone zapotrzebowanie. Pozyskaniu energii z biomasy czy z odpadów, często jednak towarzyszą trudności wynikające z ich niskiej wartości energetycznej oraz problemy technologiczne pojawiające się np. w systemach współspalania z węglem. Materiały te, często charakteryzuje duża wilgotność i heterogeniczność, zaś ich atrakcyjność w aspekcie energetycznym może być podniesiona wskutek waloryzacji. Wśród procesów termicznej konwersji, które skutkują poprawą właściwości paliwowych, istotne miejsce zajmuje toryfikacja, umożliwiająca przekształcenie surowca w produkt o właściwościach fizykochemicznych podobnych do niskokalorycznych węgli. Toryfikacja umożliwia m.in. wzrost gęstości energetycznej surowca, zwiększa hydrofobowość, przemiałowość, co może zniwelować problemy techniczne pojawiające się w procesach spalania czy współspalania z innymi paliwami. Dlatego proces ten, może być zastosowany do waloryzacji biomasy i materiałów odpadowych. Jednak pojawia się pytanie jak proces toryfikacji wpłynie na poszczególne rodzaje materiałów odpadowych i biomasy? Jakie parametry procesowe okażą się najkorzystniejsze dla danego surowca, aby zabieg waloryzacji okazał się opłacalny

i uzasadniony? Doktorant planując i realizując swoje badania podjął się uzyskania odpowiedzi na te bardzo istotne pytania.

Dlatego, w aspekcie istniejących potrzeb: zastępowania paliw konwencjonalnych paliwami alternatywnymi, zagospodarowania wzrastającej ilości odpadów i postępowania z nimi zgodnie z obowiązującą hierarchią, tematyka podjęta w rozprawie doktorskiej pana mgr inż. Kacpra Świechowskiego jest jak najbardziej aktualna i uzasadniona.

3. Struktura rozprawy doktorskiej

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska stanowi cykl 6 artykułów naukowych (oznaczonych w pracy jako A1, A2, A3, A4, A5, A6) opublikowanych w języku angielskim, które w manuskrypcie poprzedzono swoistym syntetycznym opisem, składającym się z 8 rozdziałów, zawartych na 59 stronach. W skład pracy wchodzi również jeden załącznik z danymi niepublikowanymi. Na początku rozprawy doktorskiej znajduje się streszczenie w języku polskim oraz angielskim. Tytuł rozprawy odpowiada jej treści.

Zasadniczą część przedstawionej do oceny pracy doktorskiej stanowi, jak już wspomniano, cykl 6 artykułów naukowych, opublikowanych w czasopismach *Materials* (3 artykuły) oraz *Energies* (3 artykuły). Są to oryginalne prace naukowe opublikowane w latach 2019-2021. Publikacje te charakteryzują się łącznym IF = 17,015 i łączną liczbą 840 punktów (co świadczy o wysokim poziomie zrealizowanych prac badawczych). Wszystkie publikacje są wieloautorskie, jednak w 5 z nich doktorant jest pierwszym autorem. Średni udział procentowy doktoranta w przygotowaniu omawianych artykułów naukowych wynosi 42,5%. Łączna długość artykułów to 156 stron, zaś liczba zacytowanych pozycji literaturowych wynosi 350, z czego większość publikowana była w ostatnim dziesięcioleciu. Dobór i ilość cytowanej literatury, świadczy o dobrym teoretycznym przygotowaniu doktoranta do realizacji podjętego zagadnienia badawczego.

Rozdział 1 recenzowanej pracy to dwustronicowe teoretyczne wprowadzenie, w którym autor krótko charakteryzuje proces toryfikacji i uzasadnia wybór tego procesu do waloryzacji 7 materiałów odpadowych.

W opinii recenzenta rozdział ten mógłby zawierać nieco więcej informacji na temat procesu toryfikacji innych substratów oraz pozostałych metod waloryzacji, ich wad i zalet. Jednak szerszy opis pewnych zagadnień zamieszczono w *Introduction* poszczególnych publikacji stanowiących trzon niniejszej pracy.

W *Rozdziale 2* autor jasno określił problem badawczy dotyczący ustalenia warunków technologicznych pozwalających na zbilansowanie ilości energii zużytej na proces z ilością energii zachowanej w toryfikacie tak, aby stosowanie toryfikacji do waloryzacji odpadów i biomasy było energetycznie uzasadnione. Precyzyjnie sformułował cel pracy jakim było określenie wpływu parametrów technologicznych toryfikacji odpadów i biomasy: temperatury, czasu trwania procesu i ciśnienia na ilość produkowanego toryfikatu, jego właściwości paliwowe oraz energochłonność procesu. Autor sformułował aż 5 hipotez badawczych, oznaczonych w pracy jako H1, H2, H3, H4, H5.

W *Rozdziale 3* autor przedstawił strukturę pracy, krótko opisał zawartość publikacji stanowiących trzon niniejszej pracy, podał ich IF, obowiązującą punktację oraz swój

procentowy wkład w przygotowanie każdej z nich. Dodatkowo ogólną strukturę pracy autor zaprezentował w sposób graficzny.

Rozdział 4 to charakterystyka wykorzystanych materiałów oraz zastosowanych metod badawczych. Wśród materiałów wykorzystanych do badań znalazły się: drewno odpadowe, osady ściekowe, poferment z biogazowni, borowina po zabiegowa, odchody słonia, polilaktyd (PLA) i papier. Doktorant scharakteryzował miejsce poboru, bądź proces z jakiego pobrane próbki pochodzą. W przypadku procesu toryfikacji realizowanego w ciśnieniu atmosferycznym autor opisał etap przygotowania substratów do badań, scharakteryzował sam proces toryfikacji oraz wymienił analizowane właściwości paliwowe nieprzetworzonych materiałów

i toryfikatów. W opisie metod badawczych scharakteryzował sposób analizy efektywności procesu toryfikacji, modelowanie wpływu temperatury i czasu trwania procesu na ilość i właściwości paliwowe toryfikatów, opisał sposób analizy termogravimetrycznej oraz skaningowej kalorymetrii różnicowej, zaprezentował schemat obliczania bilansu masy i energii procesu toryfikacji oraz zastosowaną metodykę analizy statystycznej. Dla procesu toryfikacji realizowanego w nadciśnieniu opisał sposób przygotowania materiału badawczego, przebieg procesu toryfikacji, budowę reaktora ciśnieniowego i zastosowaną metodę analizy statystycznej.

W celu zobrazowania przebiegu prowadzonych badań, doktorant sporządził schemat blokowy na którym pokazał tok postępowania w trakcie całego eksperymentu.

W *Rozdziale 5* autor pracy na 21 stronach przedstawił wyniki badań, które poparł 5 tabelami i 3 rysunkami wraz z ich obszerną dyskusją.

Rozdział 6 zawiera wnioski i konkluzje sformułowane przez autora na podstawie przeprowadzonych badań.

W *Rozdziale 7* autor umieścił spis bibliografii zawierający 60 pozycji literaturowych (głównie anglojęzycznych).

Rozdział 8 to lista załączników umieszczonych w pracy.

Po ostatnim numerowanym rozdziale, w pracy znajduje się: załącznik Z1 z danymi niepublikowanymi będącymi wynikami badań procesu toryfikacji realizowanej w nadciśnieniu oraz 6 artykułów naukowych wraz z oświadczeniami współautorów o ich udziale w przygotowaniu każdego z nich. Wszystkie artykuły dotyczą procesu toryfikacji. Natomiast poszczególne publikacje zawierają wyniki badań dotyczące różnych substratów. W publikacjach A1 i A2 materiałem badawczym było drewno odpadowe Oxytree. W pierwszej publikacji przedstawiono metodykę wyznaczania modeli empirycznych opisujących wpływ temperatury i czasu przebywania materiału w zadanej temperaturze na ilość i właściwości paliwowe wytworzonych toryfikatów. Zaprezentowano również dane określające dokładność modeli oraz ich graficzną prezentację. W publikacji A2 wyznaczono parametry kinetyczne procesu toryfikacji i modelowano wydajność produkcji toryfikatu w funkcji temperatury i czasu trwania procesu, metodą dokładniejszą niż w przypadku modeli zaproponowanych w publikacji A1. W publikacji A3 jako materiał badawczy wykorzystano odchody słonia. W publikacji A4 badano proces toryfikacji osadów ściekowych oraz pofermentu. Publikacja A5 dotyczy badań procesu toryfikacji borowiny pozabiegowej. W publikacji A6 zaprezentowano wyniki badań nad toryfikacją PLA oraz papieru. W publikacjach tych, wyznaczono modele

matematyczne opisujące wpływ temperatury i czasu przebywania danego materiału w zadanej temperaturze na ilość i właściwości paliwowe wytwarzanych toryfikatów. Wyznaczono parametry kinetyczne (z przyczyn technicznych nie wyznaczono parametrów kinetycznych w warunkach izotermicznych dla toryfikacji PLA i papieru) i energochłonność procesu, wyliczono teoretyczny bilans masy i energii procesu toryfikacji.

W załączniku Z1 zawarto informacje o masie materiałów poddanych analizie i ilości wytworzonych toryfikatów, właściwościach paliwowych toryfikatów, zużyciu energii na proces toryfikacji oraz charakterystyki zmiany parametrów technologicznych.

Podsumowując analizę formalnej strony pracy stwierdzam, że opiniowana praca posiada poprawną strukturę, układ poszczególnych części jest logiczny i jasny dla czytelnika.

Praca (część w języku polskim) jest napisana i zredagowana bardzo starannie, zarówno pod względem językowym jak i graficznym. W tekście zauważono kilka drobnych błędów stylistycznych i redakcyjnych, które jednak w żaden sposób nie umniejszają wartości recenzowanej pracy.

Są to:

- str. 12, wiersz 4, jest „dotyczy wyznaczeniu” powinno być „dotyczy wyznaczenia”,
- str. 14, wiersz 8, jest „metodykę z poprzednich artykułów”, powinno być „metodykę opisaną w poprzednich artykułach”,
- str. 17, wiersz 5, jest „poddano analizą”, powinno być „poddano analizom”,
- str. 17, wiersz 9, jest „wykonane w 300°C i 60 min”, powinno być „wykonane w temperaturze 300°C i czasie 60 min”,
- str.17, wiersz 32, jest „z oczyszczalni ścieków w Janówek”, powinno być „z oczyszczalni ścieków Janówek”, bądź „z oczyszczani ścieków w miejscowości Janówek”,
- str. 20, wiersz 6, jest „W skład właściwości”, lepiej byłoby „Wśród właściwości”,
- str. 20, wiersz 11, 15, 17, jest „wartości w publikacjach”, powinno być „wartości podane w publikacjach”,
- str. 20, wiersz 19, jest „materie organiczną”, powinno być „materię organiczną”,
- str. 25, wiersz 1, jest „energii zwartej”, powinno być „energii zawartej”,
- str. 26, wiersz 20/21, jest „Celem kratki”, powinno być „Celem umieszczenia kratki”,
- str. 27, wiersz 3, jest „w który”, powinno być „w którym”, bądź „przez który”,
- str. 30, wiersz 13, 15, rozpoczęcie zdania od słów „Z kolei” nie jest zbyt poprawne,
- str. 30, wiersz 17, jest „Energiją pierwotna” powinno być „Energiją pierwotną”,
- str. 30, wiersz 18, jest „być mniejsze”, powinno być „być mniejsza”,
- str. 30, wiersz 19, jest „ponieważ wartości”, powinno być „ponieważ wartość”,
- str. 32, wiersz 22, rozpoczęcie zdania od słów „Gdzie najprawdopodobniej materiał” nie jest zbyt poprawne,
- str. 33, wiersz 12, oznaczenie części dziesiętnych po kropce „78.6% i 95.2%”, w pozostałym tekście po przecinku,
- str. 35, wiersz 12, jest „współczynnik przedwykładniczego”, powinno być „współczynnika przedwykładniczego”,

- str. 36, tabela 5, w wartościach ciśnienia pojawia się kropka, natomiast wartości dziesiętne pozostałych parametrów podaje się po przecinku,
- str. 42, pierwsze powołanie w tekście na tabelę 6 powinno znajdować się przed miejscem zamieszczenia samej tabeli, np. na stronie 40,
- str. 42, wiersz 1, jest „każdy z przebadanych materiałów posiada odmienne warunki procesu”, powinno być „każdy z przebadanych materiałów wymaga odmiennych warunków procesu zapewniających”,
- str. 42, wiersz 11, jest „uproszczonego sposoby”, powinno być „uproszczonego sposobu”,
- str. 46, wiersz 9, jest „Do reaktora umieszczano”, powinno być „W reaktorze umieszczano”,
- str. 50, wiersz 17, jest „powoduję”, powinno być „powoduje”.

W pracy dostrzeżono omyłkowe powołanie się na rysunki:

- str. 43, wiersz 32, jest „Na rysunku 5”, powinno być „Na rysunku 7”,
- str. 44, wiersz 4, jest „na rysunku 5h”, powinno być „na rysunku 7h”,
- str. 47, wiersz 7, jest „na rysunku 6”, powinno być „na rysunku 8”,
- str. 48, wiersz 10, jest „na rysunku 8”, powinno być „na rysunku 9”.

W tekście pojawiło się też kilka niejasnych sformułowań:

- na stronie 17, wiersz 4 i 5, autor stwierdza: „Wytworzone toryfikaty poddano analizom mającym na celu wyznaczenie właściwości procesu oraz właściwości paliwowych toryfikatów.” Jakie właściwości procesu autor miał na myśli?
- na stronie 41, autor umieścił tabelę nr 6, którą zatytułował „Zestawienie bilansu masy i energii dla skrajnych wartości”. Jakie (czego?) skrajne wartości autor miał na myśli?
- na stronie 45, autor pisze: „Wyniki symulacji wskazują, że materiały jak osad ściekowy, poferment i borowina ze względu na wysoką początkową wilgotność nie mogą być procesami samowystarczalnymi energetycznie bez względu na zastosowane parametry technologiczne”. Czy materiały mogą być procesami?
- na tej samej stronie, autor w odniesieniu do drewna odpadowego, odchodów słonia oraz papieru użył określenia, że mogą być samowystarczalne w pewnych temperaturach.

4. Ocena merytoryczna

Celem pracy było określenie wpływu parametrów technologicznych toryfikacji odpadów i biomasy, takich jak temperatura, czas trwania procesu i ciśnienie na ilość produkowanego toryfikatu, jego właściwości paliwowe oraz energochłonność procesu. Aby osiągnąć ten cel doktorant przyjął zakres pracy, który następnie konsekwentnie realizował. Tu należy pozytywnie ocenić i podkreślić wagę celu jakim było nie tylko określenie wpływu parametrów procesu toryfikacji na ilość produkowanego toryfikatu i jego właściwości paliwowe, ale również na jego energochłonność. Wiele realizowanych prac badawczych, dotyczących tej problematyki skupia się przede wszystkim na właściwościach otrzymywanych toryfikatów bez analizy energetycznych aspektów samego procesu, a tym samym zasadności jego stosowania. Natomiast autor pracy dążył do ustalenia warunków technologicznych pozwalających na zbilansowanie ilości energii zużytej na proces z ilością

energii zachowanej w toryfikacji tak, aby stosowanie toryfikacji do waloryzacji odpadów i biomasy było energetycznie uzasadnione.

W grupie materiałów badawczych o niskich wartościach energetycznych, wybranych przez doktoranta, znalazło się 7 substratów o zróżnicowanej genezie. Optymalizacja procesu toryfikacji tych materiałów, może stać się odpowiedzią na pewne lokalne zapotrzebowania paliwowe.

Autor realizując badania założył, że:

- ❖ wzrost temperatury toryfikacji prowadzi do polepszenia właściwości paliwowych przetwarzanego materiału,
- ❖ wydłużenie czasu prowadzenia procesu toryfikacji prowadzi do polepszenia właściwości paliwowych przetwarzanego materiału,
- ❖ wzrost ciśnienia procesu toryfikacji prowadzi do polepszenia właściwości paliwowych przetwarzanego materiału,
- ❖ toryfikacja w nadciśnieniu skutkuje zmniejszeniem zapotrzebowania energii na proces,
- ❖ toryfikacja materiału o większej trwałości termicznej charakteryzuje się wyższym zapotrzebowaniem na energię.

Do weryfikacji postawionych tez i realizacji celu pracy doktorant wykorzystał odpowiednie metody badawcze, analityczne, statystyczne i obliczeniowe. Na podkreślenie zasługuje fakt, że doktorant zaplanował i przeprowadził eksperyment badawczy dla procesu toryfikacji przy ciśnieniu atmosferycznym oraz nadciśnieniu, zakładając, że warunki te mogą wpłynąć na właściwości toryfikatów oraz zapotrzebowanie energetyczne procesu toryfikacji.

Wśród zastosowanych metod badawczych wykorzystano analizę termogravimetryczną oraz skaningową kalorymetrię różnicową, których wyniki umożliwiły m.in. wyznaczenie kinetycznych parametrów procesu toryfikacji oraz ilości energii pochłoniętej lub wydzielonej przez próbkę w trakcie procesu. Prawidłowe metody analityczne wykorzystano również do określenia właściwości paliwowych materiałów nieprzetworzonych oraz toryfikatów.

W tym miejscu należy podkreślić kompleksowe podejście doktoranta do badanego procesu, przeprowadzona analiza dotyczyła nie tylko zmian właściwości paliwowych badanych materiałów, ale również parametrów kinetycznych i energochłonności toryfikacji.

Uzyskane wyniki pozwoliły autorowi pracy na stworzenie modeli matematycznych opisujących wpływ temperatury procesu i czasu przebywania materiału w zadanej temperaturze na ilość i właściwości paliwowe toryfikatów. Do stworzenia modeli matematycznych wykorzystano odpowiednie oprogramowanie i metody statystyczne. Metodyka użyta do wyznaczania modeli matematycznych ewoluowała nieco na poszczególnych etapach badań, prezentowanych w kolejnych publikacjach. Doktorant bazując na zdobytych doświadczeniach, dokonywał pewnych zmian skutkujących lepszą dokładnością modelowania – świadczy to o umiejętności wykorzystania zdobytej wiedzy i dokonywania koniecznych modyfikacji.

W celu określenia efektywności procesu toryfikacji i określenia bilansu masy i energii procesu toryfikacji autor pracy wykonał odpowiednie obliczenia matematyczne.

Wyniki badań procesu toryfikacji poszczególnych substratów zawarto i omówiono w cyklu 6 spójnych tematycznie artykułów naukowych stanowiących oryginalne osiągnięcie rozprawy doktorskiej. W części poprzedzającej, doktorant zaprezentował syntetyczne zestawienie i porównanie uzyskanych wyników badań. Przeprowadził ich wyczerpującą analizę i

dyskusję. Scharakteryzował toryfikaty (wytworzone przy ciśnieniu atmosferycznym) o najlepszych właściwościach paliwowych, omówił również wpływ nadciśnienia na wydajność procesu toryfikacji oraz zmianę właściwości paliwowych toryfikatów. Scharakteryzował wpływ temperatury i czasu trwania toryfikacji na ilość energii zużytej na przetworzenie suchego materiału a na podstawie wykonanego bilansu masy i energii, wykonał symulację zużycia energii na proces toryfikacji uwzględniając pierwotną wilgotność materiału. Omówił również wpływ nadciśnienia i trwałości termicznej przetwarzanego materiału na energochłonność procesu toryfikacji. Poziom dyskusji naukowej oraz przeprowadzone rozważania poparte danymi literaturowymi potwierdzają posiadaną przez niego wiedzę oraz przygotowanie do samodzielnej pracy naukowej.

Formułując wnioski doktorant odniósł się do przyjętych tez, wskazał, że dwie pierwsze hipotezy (H1 - *Wzrost temperatury toryfikacji prowadzi do polepszenia właściwości paliwowych przetwarzanego materiału*, oraz H2 - *Wydłużenie czasu prowadzenia procesu toryfikacji prowadzi do polepszenia właściwości paliwowych przetwarzanego materiału*) prawdziwe są tylko dla pewnego zakresu temperatur i czasu, różniących się w zależności od przetwarzanego materiału. Natomiast hipoteza H3 - *Wzrost ciśnienia procesu toryfikacji prowadzi do polepszenia właściwości paliwowych przetwarzanego materiału* potwierdziła się dla wszystkich badanych materiałów. Wyniki badań prowadzonych w celu potwierdzenia hipotezy H4 - *Toryfikacja w nadciśnieniu skutkuje zmniejszeniem zapotrzebowania energii na proces* nie pozwoliły doktorantowi jednoznacznie potwierdzić postawionej hipotezy, po dokonaniu przeliczeń okazało się, że tylko 3 z badanych substratów charakteryzowało niższe zużycie energii w przypadku zastosowania toryfikacji w nadciśnieniu. Podobnie w przypadku hipotezy H5 - *Toryfikacja materiału o większej trwałości termicznej charakteryzuje się wyższym zapotrzebowaniem na energię*, nie określono jednoznacznie zależności między trwałością termiczną a zużyciem energii, gdyż każdy z materiałów charakteryzował się inną trwałością termiczną w badanych temperaturach.

Doktorant przeprowadzając zaplanowane badania i interpretując ich wyniki, w pełni zrealizował założony cel swej pracy. Brak pełnego potwierdzenia wszystkich hipotez oraz analiza warunków przeprowadzonego eksperymentu skłoniły go do nakreślenia kierunków przyszłych badań, które mogą pozwolić na wyjaśnienie skomplikowanych przemian zachodzących w trakcie procesu toryfikacji oraz nasuwających się wątpliwości. Do kierunków tych zaliczono: przeprowadzenie badań uwzględniających szybkość ogrzewania wsadu i czas chłodzenia w piecu muflowym i reaktorze ciśnieniowym, konieczność przeprowadzenia badań w reaktorze z wykorzystaniem większej ilości wsadu oraz w klimatyzowanym pomieszczeniu, co wyeliminuje możliwość utraty ciepła do otoczenia wskutek niedostatecznej izolacji reaktora. Niewątpliwie świadczy to o dojrzałości naukowej doktoranta.

Na podkreślenie zasługuje również aplikacyjny charakter recenzowanej pracy. Wyniki badań uzyskane przez doktoranta mogą znaleźć praktyczne zastosowanie i mogą być wykorzystane przy ustalaniu parametrów technologicznych procesu toryfikacji różnych substratów, tak, aby zastosowanie tego procesu do waloryzacji odpadów i biomasy było energetycznie uzasadnione

Analiza recenzowanej rozprawy doktorskiej pozwala na stwierdzenie, że doktorant posiada wystarczającą wiedzę teoretyczną w dyscyplinie w której mieszczą się realizowane przez

niego badania. Pozwoliło mu to odpowiednio zaplanować i przeprowadzić eksperyment badawczy oraz zinterpretować uzyskane wyniki i sformułować wnioski końcowe. Świadczy to o umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Jednocześnie z bardzo pozytywną opinią o recenzowanej rozprawie doktorskiej autorce nasuwają się pewne drobne uwagi oraz pytania:

1. Czy rzeczywista temperatura panująca w trakcie procesu toryfikacji w piecu muflowym i reaktorze ciśnieniowym była monitorowana?
2. Czy doktorant może uzasadnić wybór przyjętej szybkości nagrzewania (50°C/min)? W procesie toryfikacji stosowane są także nieco niższe szybkości nagrzewania. Ponadto na stronie 34 rozprawy autor pisze, że „relatywnie niska temperatura toryfikacji oraz niska wartość szybkości ogrzewania pozwala uniknąć reakcji karbonizacji, maksymalizując tym samym wydajność masową”. Czy tempo nagrzewania do zadanej temperatury w przypadku procesu realizowanego w piecu muflowym i reaktorze ciśnieniowym było porównywalne?
3. Dlaczego w zakresie realizowanych badań materiałów nieprzetworzonych i toryfikatów nie uwzględniono analizy elementarnej?
4. Czy istniała możliwość zwiększenia ilości materiału wsadowego w przypadku procesu toryfikacji w nadciśnieniu? Doktorant wskazał, że mogłoby to wpłynąć na uzyskanie bardziej jednoznacznych wyników dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na energię w procesie toryfikacji?
5. Czy doktorant analizował możliwości przeniesienia eksperymentu na większą skalę, np. półtechniczną? Czy przeprowadzenie eksperymentu w takiej skali musi być poprzedzone przeprowadzeniem dodatkowych badań? Jeśli tak to jakich?
6. Na stronie 19, autor podał, że czas przebywania materiału w zadanej temperaturze wynosił odpowiednio 20, 40 i 60 minut. Sformułowanie to, wydaje się jednak trochę nieprecyzyjne ponieważ podany czas obejmuje również czas nagrzewania do zadanej temperatury.
7. Na stronie 26, w opisie przygotowania materiału do badań zamieszczono zdanie: „W przypadku odchodów słońca i papieru zabezpieczono niewystarczającą masę materiału”. Czy to znaczy, że ze względu na brak materiału nie wykonano wszystkich zaplanowanych badań? Wymaga to wyjaśnienia.
8. Na stronie 47 autor wspomina o modernizacji reaktora wykorzystanej w omawianej pracy doktorskiej. O jaką modernizację chodzi i jak ona wpłynęła na uzyskane wyniki badań?
9. Czy wytworzone toryfikaty mogą być wykorzystane w inny sposób niż przekształcanie w celach energetycznych?

5. Podsumowanie i wnioski końcowe

Recenzowana rozprawa doktorska stanowi istotne z punktu widzenia dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka opracowanie naukowe. Opisane i zinterpretowane w niej wyniki badań są bardzo interesujące i znacznie poszerzają dostępną wiedzę dotyczącą optymalizacji warunków procesu toryfikacji różnych substratów.

Podsumowując pragnę stwierdzić, że tematyka recenzowanej pracy mieści się w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka i spełnia wymogi stawiane

rozprawom doktorskim określone w art. 187. ust 1. Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U.2022 poz.574).

Wnioskuje zatem do Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska Górnictwo i Energetyka Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu o dopuszczenie jej autora do publicznej obrony.

Wnioskuje również o wyróżnienie pracy doktorskiej mgr inż. Kacpra Świechowskiego pt. „Waloryzacja odpadów i biomasy o niskich wartościach energetycznych w procesie toryfikacji”.

Uzasadniając swój wniosek o wyróżnienie pracy, pragnę podkreślić:

- trafny wybór, zasadność oraz aktualność tematyki badawczej,
- istotność celu jakim było nie tylko określenie wpływu parametrów procesu toryfikacji na ilość produkowanego toryfikatu i jego właściwości paliwowe, ale również na jego energochłonność,
- przeprowadzenie kompleksowej analizy procesu toryfikacji,
- stworzenie modelu matematycznego opisującego wpływ temperatury procesu i czasu przebywania materiału w zadanej temperaturze na ilość i właściwości paliwowe toryfikatów,
- możliwość praktycznego zastosowania pozyskanych wyników do optymalizacji procesu toryfikacji różnych materiałów, z uwzględnieniem lokalnych możliwości i potrzeb paliwowych,
- zaplanowanie i przeprowadzenie eksperymentu badawczego dla procesu toryfikacji przy ciśnieniu atmosferycznym oraz nadciśnieniu,
- nakreślenie kierunków przyszłych badań, które mogą pozwolić na wyjaśnienie skomplikowanych przemian zachodzących w trakcie procesu toryfikacji.

Częstochowa dn. 09.05.2022r.

Kataryna Wystalska

