

dr hab. inż. Renata Gnatowska, prof. P.Cz.

Częstochowa, 24.11.2025

Katedra Maszyn Ciepłych

Wydział Inżynierii Mechanicznej

Politechnika Częstochowska

email: renata.gnatowska@pcz.pl

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Pawła Szczeska
"Optymalizacja układu przenośników taśmowych"**

1. Podstawa formalna wykonania recenzji

Recenzja została opracowana na podstawie uchwały Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Śląskiej z dnia 22 października 2025 roku. Pismo w tej sprawie zostało wystosowane przez Przewodniczącą Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Śląskiej, dr hab. inż. Alicję Piasecką-Belkhat, prof. PŚ, w dniu 23 października 2025 roku (nr pisma RDIMe.512.74.2025).

2. Przedmiot i cel recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgra inż. Pawła Szczeska pt. „Optymalizacja układu przenośników taśmowych”. Promotorem pracy jest dr hab. inż. Tatiana Karkoszka, prof. uczelni, natomiast promotorem pomocniczym dr inż. Andrzej Jastrząb.

Ocena rozprawy została przeprowadzona w odniesieniu do wymagań zawartych w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, w szczególności do zapisów Art. 187 ust. 1, który określa, że rozprawa doktorska ma na celu prezentację ogólnej wiedzy teoretycznej kandydata w danej dyscyplinie oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej. Zgodnie z Art. 187 ust. 2, przedmiotem rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, oryginalne zastosowanie wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej lub społecznej, bądź oryginalne dokonanie artystyczne.

3. Charakterystyka pracy

Rozprawa doktorska liczy 173 strony i składa się z siedmiu rozdziałów oraz podsumowania i wniosków. Tematyka pracy koncentruje się na analizie transportu biomasy oraz emisji hałasu w Elektrowni Połaniec. Celem jest ocena efektywności energetycznej Systemu Zasilania Biomasa (SZB) oraz zaproponowanie optymalizacji układu transportowego, w tym systemu przenośników taśmowych, w kontekście ograniczenia emisji hałasu i CO₂. Praca zaczyna się od wprowadzenia do tematyki oraz określenia celów badawczych. W kolejnych rozdziałach przedstawiono przegląd metod transportu biomasy, regulacji prawnych dotyczących emisji oraz dostępnych systemów transportowych, z naciskiem na przenośniki taśmowe. Omówiono także aspekty związane z poprawą efektywności energetycznej systemu oraz spełnianiem norm akustycznych, szczególnie w odniesieniu do „wymagania 550”.

Biurowo Dzielana

1

wpłynęło dnia 28.11.2025
RD JMe/25115112025
nr zał.

Badania własne obejmowały analizę stanu aktualnego SZB, w tym efektywności energetycznej i wpływu na środowisko. Przeprowadzono również symulacje różnych wariantów pracy systemu, umożliwiające proponowanie zmian w układzie transportowym, które poprawiają jego efektywność i redukują emisję hałasu.

Badania zostały zrealizowane w następujących etapach:

Etap I – Analiza stanu aktualnego SZB – rozdział 5.

Etap II – Określenie paliwa i założeń dla SZB – rozdziały 6.1, 6.2.

Etap III – Opracowanie modeli SZB – rozdział 6.3.

Etap IV – Propozycje modernizacji układu przenośników – rozdział 7.1.

Etap V – Symulacje wariantów pracy układu po modernizacji – rozdziały 7.2.1, 7.2.2.

Etap VI – Identyfikacja rozwiązania optymalnego – rozdziały 7.2.3, 7.3.

Podsumowanie zawiera rekomendacje dotyczące dalszego rozwoju systemu transportu biomasy, szczególnie w kontekście integracji nowych technologii oraz modernizacji istniejących systemów. Praca dostarcza cennych informacji na temat wyzwań i możliwości związanych z transportem biomasy w elektrowniach, oferując konkretne rozwiązania techniczne i organizacyjne.

4. Ocena merytoryczna rozprawy

Praca doktorska pt. „Optymalizacja układu przenośników taśmowych” stanowi cenny wkład w badania nad efektywnością transportu biomasy oraz optymalizacją systemów energetycznych. Tematyka pracy jest szczególnie ważna w kontekście wyzwań związanych z dekarbonizacją sektora energetycznego oraz spełnianiem restrykcyjnych norm środowiskowych. Badania nad optymalizacją transportu biomasy mają istotne znaczenie dla rozwoju odnawialnych źródeł energii, zarówno w Polsce, jak i w Unii Europejskiej, w szczególności w kontekście współpalania biomasy z węglem kamiennym w elektrowniach. Takie działania wpisują się w strategię zmniejszania udziału paliw kopalnych w produkcji energii elektrycznej, przy jednoczesnym ograniczeniu emisji CO₂ oraz innych zanieczyszczeń.

Kluczowym osiągnięciem pracy jest opracowanie cyfrowego bliźniaka (Digital Twin) układu transportowego, który skutecznie integruje trzy podstawowe aspekty: przestrzenny (układ dostaw i logistyki), wydajnościowy (przepustowość przenośników w zależności od składu paliwa) oraz akustyczny (emisja hałasu i identyfikacja źródeł). Dzięki zastosowaniu tego modelu możliwe było precyzyjne odwzorowanie rzeczywistego działania systemu transportowego, co pozwoliło na testowanie różnych scenariuszy modernizacyjnych. Wykorzystanie cyfrowych bliźniaków do modelowania transportu biomasy umożliwia dokładną symulację rozwiązań przed ich wdrożeniem, a metodologia oparta na symulacjach FlexSim oraz analizach akustycznych i energetycznych zapewnia rzetelną i kompleksową ocenę proponowanych technologii.

Z kolei analiza akustyczna układu transportu biomasy stanowi kolejne istotne osiągnięcie pracy. Uwzględniając zarówno źródła hałasu punktowe, jak i liniowe (np. napędy oraz węzły przesypowe), Doktorant proponował efektywne metody ograniczenia hałasu, w tym zmiany organizacji pracy w trybach nocnych oraz zastosowanie innowacyjnych technologii

akustycznych. Dzięki tym rozwiązaniom udało się spełnić wymagania norm ochrony środowiska. Dodatkowo przeprowadzona analiza cyklu życia systemu transportu biomasy uwzględniła zarówno koszty operacyjne, jak i wpływ na środowisko, co pozwoliło na ocenę rentowności proponowanych rozwiązań oraz ich zgodności z wymaganiami zrównoważonego rozwoju.

Struktura pracy:

- Wstęp. Rozprawa rozpoczyna się szczegółowym omówieniem polityki energetycznej Polski oraz założeń dotyczących transformacji sektora energetycznego, z naciskiem na wykorzystanie odnawialnych źródeł energii, w tym biomasy.
- Analiza stanu wiedzy zawiera przegląd dostępnych technologii transportu biomasy, w tym przenośników taśmowych, oraz zagadnienia związane z emisją CO₂ i hałasem. W tej części pracy podkreślono znaczenie optymalizacji transportu biomasy w kontekście poprawy efektywności energetycznej i spełnienia norm emisji CO₂.
- Badania własne. Ta część pracy zawiera szczegółową analizę aktualnego stanu transportu biomasy w Elektrowni Połaniec, uwzględniając zmienność właściwości biomasy oraz wymagania dotyczące emisji CO₂ i hałasu. Zaproponowane rozwiązania optymalizacyjne mają na celu poprawę efektywności energetycznej, osiągnięcie standardu emisji CO₂ na poziomie „550 g/kWh” oraz spełnienie norm ochrony środowiska w zakresie hałasu. Część ta obejmuje szczegółową analizę układu przenośników taśmowych, w tym modernizację systemu, optymalizację prędkości przenośników oraz zastosowanie narzędzi symulacyjnych, takich jak FlexSim, w celu zwiększenia efektywności transportu i redukcji emisji hałasu.
- Podsumowanie i wnioski. W tej części pracy oceniono wyniki przeprowadzonych badań, wskazując na skuteczność zaproponowanych rozwiązań w kontekście optymalizacji transportu biomasy w Elektrowni Połaniec.

Praca doktorska stanowi kompleksowe podejście do wyzwań związanych z transportem biomasy, uwzględniając zarówno aspekty techniczne, organizacyjne i środowiskowe. Istotnym osiągnięciem jest przygotowanie cyfrowych modeli symulacyjnych, które umożliwiają optymalizację procesu transportu, redukcję emisji hałasu oraz poprawę efektywności energetycznej. Mimo że praca jest bardzo wartościowa i zasługująca na uznanie, warto rozważyć wprowadzenie szczegółowej analizy ekonomicznej proponowanych rozwiązań, aby uzyskać pełniejszy obraz opłacalności zaproponowanych technologii. Struktura pracy jest dobrze zorganizowana, a wyniki przedstawione w sposób jasny i przystępny. Szczegółowe uwagi dotyczące dalszych możliwych usprawnień przedstawiam w kolejnej części recenzji.

5. Uwagi krytyczne

Po zapoznaniu się z treścią rozprawy, pragnę przedstawić szereg uwag, które podzieliłam na trzy grupy: dotyczące merytorycznej zawartości, języka i redakcji oraz uwagi szczegółowe. Poniższe komentarze nie mają wpływu na moją ogólną, pozytywną ocenę pracy. Wszystkie uwagi krytyczne, szczególnie te odnoszące się do merytorycznej zawartości rozprawy, traktuję jako propozycję dyskusji, mając nadzieję, że będą one pomocne i zostaną uwzględnione przez Doktoranta w przyszłych badaniach oraz publikacjach.

5.1. Uwagi odnośnie merytorycznej zawartości rozprawy

Po zapoznaniu się z rozprawą doktorską mgr inż. Pawła Szczeszka, dotyczącą optymalizacji układu przenośników taśmowych do transportu biomasy, w kontekście spełniania wymagań emisyjnych standardu „550” oraz ograniczenia oddziaływania akustycznego, pragnę przedstawić następujące uwagi merytoryczne, organizacyjne oraz redakcyjne. Uwagi te mają na celu poprawienie przejrzystości i adekwatności szczegółowości omawianych zagadnień.

Walidacja i niepewność modeli

W pracy poruszono temat emisji hałasu przemysłowego, lecz nie przedstawiono w wystarczającym stopniu, w jaki sposób dane pomiarowe zostały uwzględnione w walidacji modeli akustycznych. Należy dokładniej określić, jakie dane pomiarowe, np. hałas w różnych częściach elektrowni, zostały wykorzystane przy tworzeniu modelu. Ponadto, powinny zostać wyjaśnione procedury kalibracji i walidacji modelu oraz wskazane, czy porównano wyniki z rzeczywistymi danymi instalacyjnymi. W szczególności warto przedstawić wyniki pomiarów hałasu przed i po wdrożeniu zaproponowanych rozwiązań, zwłaszcza w różnych warunkach operacyjnych. **Podsumowując, chciałabym zapytać, które parametry (np. prędkość taśmy, stan techniczny napędów) miały największy wpływ na dokładność wyników oraz efektywność zaproponowanych rozwiązań w kontekście rzeczywistych warunków pracy?**

Aspekty ekonomiczne

W pracy poruszone zostały kwestie ekonomiczne dotyczące modernizacji systemu transportu biomasy, jednak nie zostały przedstawione szczegółowe dane dotyczące kosztów inwestycyjnych oraz kosztów operacyjnych związanych z wdrożeniem zaproponowanych rozwiązań optymalizacyjnych. Kalkulacja zwrotu z inwestycji oraz okresu amortyzacji dla zaproponowanych zmian pomogłaby w ocenie ich efektywności finansowej. Szkoda, że w pracy nie przedstawiono szerszej dyskusji, jakie szacunkowe koszty inwestycyjne oraz koszty operacyjne zostały uwzględnione w analizie proponowanej modernizacji systemu transportu biomasy, w jaki sposób te koszty przekładają się na oszczędności i korzyści środowiskowe, takie jak zmniejszenie emisji CO₂ i zużycie energii?

Długoterminowe efekty technologiczne

Rozprawa koncentruje się na optymalizacji układu przenośników taśmowych, jednak brakuje w niej analizy długoterminowych efektów wprowadzenia zaproponowanych technologii. W kontekście zastosowania proponowanych rozwiązań warto uwzględnić przewidywania dotyczące wpływu tych technologii na koszty operacyjne, konserwację oraz żywotność urządzeń w długim okresie eksploatacji. Istotnym elementem analizy powinny być zmiany w zakresie utrzymania systemu transportowego, takie jak częstotliwość konserwacji, koszty wymiany części oraz ogólny wpływ tych technologii na trwałość całego systemu. Rozwinięcie tego zagadnienia pozwoliłoby na uzyskanie pełniejszego obrazu kosztów związanych z optymalizacją transportu biomasy, a także umożliwiłoby ocenę długoterminowej rentowności zaproponowanych rozwiązań. **Proszę o komentarz dotyczący długoterminowych efektów technologicznych zaproponowanych rozwiązań, szczególnie w kontekście ich wpływu na koszty operacyjne, wymagania konserwacyjne oraz żywotność urządzeń.**

Alternatywne technologie dotyczące transportu biomasy

Doktorant, koncentrując się na przenośnikach taśmowych, nie uwzględnił szerszego porównania tej technologii z innymi metodami transportu biomasy, takimi jak przenośniki pneumatyczne, hydrauliczne czy systemy podciśnieniowe. Rozważenie alternatywnych rozwiązań mogłoby pozwolić na pełniejszą ocenę efektywności transportu biomasy, zwłaszcza pod kątem kosztów, efektywności energetycznej oraz wpływu na środowisko. Tego typu analiza wzbogaciłaby pracę, umożliwiając lepsze zrozumienie, czy przenośniki taśmowe są rzeczywiście optymalnym rozwiązaniem w kontekście Elektrowni Połaniec, czy też inne technologie mogą okazać się korzystniejsze w procesie optymalizacji. Czy Doktorant rozważał zastosowanie nowych materiałów w konstrukcji przenośników taśmowych? Jakie innowacyjne materiały mogą okazać się najbardziej odpowiednie do transportu biomasy, zwłaszcza w kontekście zmiennej wilgotności i właściwości biomasy? Jakie korzyści płyną z ich zastosowania w kontekście wydajności oraz trwałości systemu?

Powyższe uwagi mają na celu doprecyzowanie kluczowych aspektów rozprawy i mogą stanowić punkt wyjścia do dalszych badań i publikacji naukowych w obszarze optymalizacji transportu biomasy.

5.2. Uwagi szczegółowe dotyczące układu, języka i redakcji rozprawy

Poniżej zamieszczam część uwag redakcyjnych, które odnotowałam w trakcie lektury:

1. W pracy Doktorant podał cel rozprawy, którym w skrócie jest optymalizacja układu przenośników taśmowych wykorzystywanych w transporcie biomasy na terenie Elektrowni Połaniec. Zabrakło jednak precyzyjnego sformułowania problemu naukowego lub tez, które miały zostać udowodnione.
2. Dokument zawiera typowe sekcje rozprawy doktorskiej, takie jak wstęp, przegląd literatury, metodologia, wyniki i wnioski. Niemniej jednak, należy zadbać o płynniejsze przejścia między sekcjami. W kilku miejscach przejście między rozdziałami jest zbyt nagłe, co powoduje brak spójności narracyjnej.
3. Wyrażenie „w oparciu o” jest nadużywane i niezalecane przez językoznawców. Zalecane wyrażenie synonimiczne: „na podstawie”. Na przykład: „Jeżeli jednak instalacja pracuje w oparciu o pozwolenie zintegrowane, badania akustyczne muszą być realizowane co 2 lata.” powinno brzmieć „Jeżeli jednak instalacja pracuje na podstawie pozwolenia zintegrowanego, badania akustyczne muszą być realizowane co 2 lata.”, czy „Jeżeli właściwy organ ochrony środowiska (marszałek, starosta lub RDOŚ) – w oparciu o przeprowadzone przez siebie pomiary...” powinno brzmieć: „... na podstawie przeprowadzonych pomiarów.”
4. W kilku zdaniach brakuje lub są zbędne przecinki. Na przykład: „W państwach członkowskich Unii Europejskiej dostrzegalny jest mocno zróżnicowany poziom zaawansowania procesu odchodzenia od wytwarzania konwencjonalnego i kraje, w których węgiel kamienny oraz brunatny stanowiły od dawna podstawę dla produkcji energii elektrycznej, mają w tym zakresie najwięcej do wykonania.”, „Dalej strumień biomasy z przenośników PT211 lub PT212 jest kierowany na jeden z przenośników PT231 lub PT251

i dalej przez PT252 na jeden z przenośników PT271 lub PT272, które ...”, „Scenariusze te potwierdzają jednak adekwatność modelu do analizy różnych – w tym ekstremalnych – scenariuszy.”, „Aby spełnić „wymaganie 550” emisja CO₂ powstająca w czasie spalania węgla z wytworzeniem 1 MWh nie może być większa niż 550 kg.”, „W Polsce, zgodnie z zestawionymi wynikami pomiarów monitoringowych...”.

6. Błędy literowe i gramatyczne

Poniżej przedstawiam wybrane uwagi dotyczące literówek oraz błędów gramatycznych, które odnotowałam w trakcie lektury:

- w zapisach miejscowości: „miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego obszarów wsi: Brzozowa, Luszyca, Łęg, Tursko Małe, Tursko Mała Kolonia i Zawada w gminie Połaniec.” powinno być: „...Tursko Mała Kolonia i Zawada w gminie Połaniec.”
- w zdaniu „Pokazuje, że właściwym jest ograniczenie stosowania paliwa o niskich parametrach energetycznych” powinno być: „... właściwe jest ograniczenie stosowania...”
- w zdaniu „Strumień biomasy zawierający tylko pellet drzewny, z uwagi na jego wysoką energetyczność, może stanowić paliwo dla dolnego oszacowania potrzebnego strumienia biomasy... zamiast „energetyczność” powinno być „wartość energetyczna”.
- zamiast: „Podawanie biomasy w postaci pelletu jest realizowane z rozładunku na bocznicy kolejowej, zlokalizowanej w północnej części terenu Elektrowni z wykorzystaniem przenośników” powinno być: „przenośników”.
- zamiast: „Możliwe jest wykorzystanie obu silosów do komponowania mieszanki poprzez zasypywanie każdego z silosów różnymi rodzajami biomasy, na przykład wysokoenergetycznym pellem drzewnym i średnioenergetycznym pellem ze słomy” powinno być: „wysokoenergetycznym pellem drzewnym”.
- zamiast: „System pracuje cyklicznie wypełniając zbiorniki w przedziale 43-95 % dla ZMW” powinno być: „System pracuje cyklicznie”.
- zamiast: „Według obliczeń maksymalne zmniejszenie stanu ZMW, występujące między ostatnim cyklem węglowym zmiany bieżącej” powinno być: „Według obliczeń, maksymalne zmniejszenie stanu ZMW, występujące między ostatnim cyklem węglowym a zmianą bieżącą, ...”
- zamiast: „Różnica w wynikach jest efektem optymalizacji wydajności przenośników umożliwiającej utrzymanie stanu wypełnienia zasobników młynowych nie mniejszego ...” powinno być: „Różnica w wynikach jest efektem optymalizacji wydajności przenośników umożliwiającej utrzymanie stanu wypełnienia zasobników młynowych na poziomie nie mniejszym ...”
- - Zamiast: Zależność liczby rozładowanych wagonów towarowych z biomasą od scenariusza poziomu strumienia biomasy (scenariusze S1-S15) dla różnych udziałów dostaw samochodowych została przedstawiona na rys. 7.2.3.8. powinno być: „Zależność liczby rozładowanych wagonów towarowych z biomasą od scenariusza poziomu strumienia biomasy (scenariusze S1-S15) dla różnych udziałów dostaw samochodowych została przedstawiona na rys. 7.2.3.8.”

- zamiast „Przy maksymalnym zapotrzebowaniu dla zrębki i pelletu drzewnego mieszanka musi zostać przygotowana w proporcji masowej ...” powinno być: „Przy maksymalnym zapotrzebowaniu na zrębki i pellet drzewny, mieszanka musi zostać przygotowana w odpowiedniej proporcji masowej ...”
 - zamiast: „Dla zrębki i pelletu ze słomy – mieszanka musi zostać przygotowana w proporcji masowej ...” powinno być: „Dla zrębków i pelletu ze słomy – mieszanka musi zostać przygotowana w proporcji masowej ...”
 - zamiast: „Oddziaływanie przenośników taśmowych na środowisko pod względem akustycznym rozpatrywano i modelowano indywidualnie, bowiem ich wpływ na środowisko zależy od wielu czynników.” powinno być: „„Oddziaływanie przenośników taśmowych na środowisko pod względem akustycznym rozpatrywano i modelowano indywidualnie, bowiem ich wpływ na środowisko zależy od wielu czynników.”
7. Niektóre rysunki i tabele są wymieniane w tekście, jednak nie mają przypisanych źródeł, co może wprowadzać niejasności co do ich pochodzenia. Na przykład, rys. 1.1.4 nie zawiera takiej informacji.
 8. Cytat zawiera niepełną referencję, ponieważ brakuje numeru dziennika urzędowego z 2007 roku. Przykładowa poprawna forma cytowania powinna brzmieć: „Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku, Dz. U. z 2007 r. Nr 120, poz. 826, zm. Dz. U. z 2014 r., poz. 112”.
 9. W przypadku cytowania źródeł online takich jak strony internetowe i raporty dostępne w Internecie konieczne jest podanie daty dostępu do tych materiałów.
 10. W wielu miejscach w pracy pojawia się wyrażenie „może”, które wprowadza pewną niepewność w analizach i wnioskach. W pracy naukowej, w której wymagana jest precyzyjność, zaleca się stosowanie bardziej zdecydowanego języka.

7. Podsumowanie i konkluzja recenzencka

Przedstawiona rozprawa doktorska jest spójnym dziełem, w którym Doktorant skutecznie zrealizował postawiony cel, wykorzystując nowoczesną metodologię modelowania (cyfrowe bliźniaki) oraz inżynierskie rozwiązania technologiczne, które mogą zostać wdrożone w praktyce. W świetle przedstawionych wyników praca spełnia wymagania rozprawy doktorskiej w zakresie nauk inżynieryjno-technicznych. W kontekście art. 187 Ustawy Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce stwierdzam, że praca przedstawia zarówno ogólną wiedzę teoretyczną Kandydata w dyscyplinie, jak i umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Przedmiot pracy w pełni odpowiada problemowi naukowemu właściwemu dla inżynierii mechanicznej.

W związku z powyższym, stwierdzam, że praca doktorska mgr inż. Pawła Szczeszka pt. „Optymalizacja układu przenośników taśmowych” spełnia wymagania określone w Ustawie Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce z dnia 20.07.2018 r. (j.t. Dz. U. z 2024 r. poz. 1571), art. 187. Rekomenduję dopuszczenie ww. pracy doktorskiej do dalszego procedowania.

prof. Renata Gnatowska

/podpis odręczny/

*wyłączenie jawności w zakresie danych osobowych oraz ochrony prywatności osoby fizycznej na podstawie art. 5 ust. 2 ustawy z dnia 6 września 2001 r. o dostępie do informacji publicznej (tj. Dz.U. z 2016 r., poz. 1764)