

Łódź, dn. 19. 01. 2026 r.

dr hab. inż. Marcin Gołąbczak, prof. uczelni
Politechnika Łódzka
Wydział Mechaniczny
Instytut Obrabiarek i Technologii Budowy Maszyn

Recenzja
rozprawy doktorskiej mgra Jacka Nogackiego pt.: „Zastosowanie metod
redukcji emisji środowiskowych w produkcji opakowań”
Promotor: dr hab. inż. Zuzanna Żolek-Tryznowska, prof. uczelni
Promotor pomocniczy: dr inż. Krzysztof Krystosiak

1. Formalna podstawa recenzji

Podstawą formalną opracowania recenzji stanowi Uchwała Rady Dyscypliny Inżynierii Mechanicznej Politechniki Warszawskiej nr 265/III-IM/2025 z dn. 12.11.2025, powołująca mnie na Recenzenta oraz zawarta umowa o dzieło polegająca na sporządzeniu recenzji, dotyczącej spełnienia przez rozprawę doktorską wymagań określonych w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku - Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce, tj. Dz.U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zmianami.

2. Tytuł rozprawy doktorskiej

Rozprawa doktorska mgra Jacka Nogackiego pt.: „Zastosowanie metod redukcji emisji środowiskowych w produkcji opakowań” dotyczy doskonalenia procesu produkcji poligraficznej, polegającego na ocenie i redukcji szkodliwych dla środowiska naturalnego gazów cieplarnianych i odpadów, emitowanych w nowym systemie wydruku próbnego na podłożu docelowym, wdrożonym w firmie Chespa. Istotną zaletą tego systemu jest również ograniczenie liczby przedprodukcyjnych testów maszynowych.

Stwierdzam, że temat rozprawy sformułowany jest poprawnie, odpowiada współczesnym trendom nauki i potrzebom praktyki gospodarczej, zwłaszcza w zakresie usprawnienia procesów poligraficznych w produkcji opakowań i ograniczenia wpływu emisji środowiskowych. Temat rozprawy wpisuje się w dyscyplinę inżynierii mechanicznej.

3. Ogólna charakterystyka rozprawy

Rozprawa doktorska wydana jest w postaci obszernej monografii zawierającej 223 strony, w tym: 60 rysunków i 54 tabele. Zasadniczą treść poprzedzają: strona tytułowa, motto jakim opatrzono rozprawę, podziękowania skierowane do osób wspierających autora pracy, streszczenia w języku polskim i angielskim (5 s.), spis treści (4 s.) wykaz podstawowych pojęć (4 s.), po których następuje wprowadzenie (8 s.) i opis celu pracy (2 s.). Po nich następuje merytoryczna część rozprawy, obejmująca 4 rozdziały prezentujące analizę stanu wiedzy (48 s.) oraz 5 rozdziałów części eksperymentalnej (84 s.), zakończonych podsumowaniem i wnioskami końcowymi (23 s.). Pracę zamyka bibliografia zawierająca 319 pozycji, spis rysunków i tabel. Przyjęty układ rozprawy i jej podział na rozdziały i podrozdziały ma typową narrację dla prac doktorskich, którą oceniam jako przejrzystą i poprawną.

Błędem kompozycyjnym jest natomiast przedwczesne umieszczenie celu pracy przed analizą stanu wiedzy, ponieważ dopiero wnioski wynikające z przeprowadzonej analizy wiedzy są formalną podstawą do sformułowania celu i zakresu pracy.

4. Merytoryczna ocena rozprawy

Wprowadzenie – zawiera skrótowe informacje o tworzeniu wydruku próbnego i sposobach realizacji tego procesu, główne źródła emisji zanieczyszczeń występujących podczas wydruku próbnego i ich szkodliwość dla środowiska i organizmów żywych, wstępne założenia do nowoprojektowanego systemu oraz krótkie streszczenia poszczególnych rozdziałów rozprawy.

W rozdziale zatytułowanym – *Cel pracy* – Doktorant sformułował główny cel badawczy rozprawy: „*określenie znaczenia i wpływu systemu wydruku próbnego na podłożu docelowym w na redukcję emisji środowiskowych w ramach cyklu życia produktu oraz ograniczenie lub eliminację przedprodukcyjnych testów maszynowych, a także udział systemu w ekoprojektowaniu opakowań*”. Zamieścił następnie trzy cele szczegółowe rozprawy, postawił cztery pytania badawcze oraz sformułował trzy hipotezy badawcze. Oceniam, że zarówno cel główny i cele szczegółowe pracy oraz hipotezy badawcze sformułowane są poprawnie i są spójne z podejmowanym tematem rozprawy. Niedosyt budzi brak rozdziału opisującego metodykę badań oraz sposobu weryfikacji sformułowanych hipotez badawczych w realizowanych badaniach.

Rozdział pierwszy zatytułowany – *Emisje środowiskowe i gospodarka odpadami branży opakowaniowej (10 s.)* – zawiera informacje literaturowe dotyczące źródeł emisji naturalnych i antropogenicznych zanieczyszczeń środowiska naturalnego wywołanych przez człowieka, gospodarki odpadami opakowaniowymi, opis metod recyklingu odpadów oraz informacje na temat aktualnego poziomu recyklingu w Polsce.

Rozdział drugi zatytułowany - *Rodzaje i typy współczesnych systemów wydruków próbnych (17 s.)* – prezentuje charakterystykę wydruku próbnego, cyfrowe wydruki próbne, podaje przykładowe systemy wydruków próbnych na rynku w Polsce oraz opisuje cyfrowy wydruk próbny na podłożu docelowym opracowany przez firmę Chespa. W zakończeniu tego rozdziału autor podaje przykłady pomiaru kontrolnego i certyfikacji wydruku próbnego z wykorzystaniem pasków kontrolnych oraz definiuje pomiary automatyczne i manualne wykorzystywane do kontroli i certyfikacji wydruków próbnych.

W rozdziale trzecim zatytułowanym – *Ślad węglowy w ocenie cyklu życia produktu (5 s.)* – przedstawiono charakterystykę śladu węglowego w cyklu życia produktu, gazów cieplarnianych i ich negatywny wpływ na środowisko naturalne, opisano zmiany stężenia dwutlenku węgla w atmosferze na przestrzeni ostatnich wieków, kategorie oraz (3 zakresy) emisji gazów w ocenie śladu węglowego zgodnie z wytycznymi GHG Protocol. Zaprezentowano schemat przyczynowo-skutkowy wpływu toksyczności na zdrowie ludzi i ekosystemów oraz graficzne zestawienie źródeł trzech zakresów emisji gazów cieplarnianych (Scope 1, Scope 2 i Scope 3) wraz z przykładami źródeł ich powstawania w łańcuchu wartości przedsiębiorstwa.

Rozdział czwarty zatytułowany – *Ekoprojektowanie opakowań (16 s.)* – zawiera definicję opakowania ekologicznego, model gospodarki odpadami w obiegu zamkniętym, opis podstawowych funkcji opakowań oraz charakterystykę aktualnych kierunków rozwoju ekoprojektowania opakowań. W końcowej części tego rozdziału Doktorant odniósł się do rozporządzenia Unii Europejskiej z 19 grudnia 2024 roku, dotyczącego opakowań i recyklingu odpadów opakowaniowych, wskazując na możliwość recyklingu odpadów w zależności od klasy przydatności odpadów opakowaniowych oraz minimalizacji ich masy i objętości. Doktorant przedstawił również własne osiągnięcia w tym obszarze, polegające na realizacji projektu ekoopakowań dla firmy Frosta z papieru kraftliner oraz wprowadzeniu do druku na opakowaniach farb wodororozcieńczalnych, zamiast dotychczas stosowanych farb rozpuszczalnikowych.

Oceniając prezentowane rozdziały dotyczące analizy stanu wiedzy stwierdzam, że są one opracowane na ogół poprawnie i są merytorycznie spójne z podejmowanym tematem rozprawy. Brakuje podsumowania z przeprowadzonej analizy stanu wiedzy oraz sformułowania wniosków wynikających z analizy uzasadniających celowość podjęcie tematu rozprawy.

W rozdziale piątym zatytułowanym – *Zakres i plan pracy (4 s.)* – przedstawiono skrótowy opis metodyki badawczej zastosowanej w realizowanej części badawczej rozprawy. Badania dotyczyły porównaniu dwóch alternatywnych systemów wydruku próbnego stosowanych w przemyśle opakowań, z których pierwszy dotyczył wydruku próbnego na podłożu docelowym, natomiast drugi dotyczył tradycyjnego wydruku próbnego na dedykowanym białym papierze proofingowym. Schemat porównujący te dwa systemy wydruku próbnego przedstawiono na rysunku 5.1. Analiza tych systemów polegała na porównaniu ich oddziaływania na środowisko naturalne, biosferę, toksyczność dla organizmów żywych oraz funkcjonowania ekosystemów wodnych i lądowych. Uzupełnieniem tej analizy była ocena preferencji klientów firmy Chespa na podstawie anonimowych badań ankietowych ich preferencji.

Rozdział szósty zatytułowany – *Analiza preferencji klientów dotyczących systemu wydruków próbnych na podłożu docelowym (6 s.)* – obejmuje wyniki wstępnego etapu badań ankietowych. Zaprezentowano m.in. kwestionariusz zawierający 19 pytań ankietowych wraz z możliwymi wariantami odpowiedzi (tabela 6.1). Wyniki badań ankietowych dotyczyły ankiet uzyskanych z dziewięciu firm klientów końcowych współpracujących z firmą Chespa. Przedstawiono je w postaci wykresów kołowych (rys. 6.1 ÷ 6.3) i opatrzone logicznym komentarzem. Wyniki badań ankietowych potwierdziły bardzo dobrą ocenę systemu wydruku na podłożu końcowym zarówno w zakresie jego przydatności w etapie projektowania opakowania (88,9%), jak również jego wpływu na proces podejmowania decyzji marketingowych (87,5%) oraz jako narzędzia podnoszącego jakość i efektywność przygotowania produkcji poligraficznej (88,9%), w porównaniu do tradycyjnego systemu wydruku próbnego.

Uwaga krytyczna do tego rozdziału dotyczy ograniczonej wiarygodności statystycznej uzyskanych wyników ze względu na zbyt małą liczbę analizowanych ankiet.

W rozdziale siódmym zatytułowanym – *Analiza środowiskowa systemów wydruków próbnych – podłoża papierowe (23 s.)* – zawarto wyniki badań zasadniczych, dotyczące porównania oddziaływania na środowisko naturalne dwóch analizowanych systemów przygotowania wydruku próbnego. Zaprezentowano cel i metodykę obliczeń bilansowania

środowiskowego realizowanych badań. Celem przedmiotowych badań było określenie wielkości emisji gazów cieplarnianych, emisji związków toksycznych oraz odpadów, wytworzonych w czasie od rozpoczęcia procesu ustawienia barwy w drukarni do wydruku próbnego na podłożu docelowym, do chwili zatwierdzenia wyników przez właściciela marki. W badaniach bilansowania środowiska posłużono się metodą oceny cyklu życia produktu LCA, natomiast obliczenia wykonano przy użyciu specjalistycznego oprogramowania komputerowego systemu Climate 3 pozyskanego od firmy Chespa Farby Graficzne. Wyniki obliczeń przedstawiono na wykresach (rys. 7.6 ÷ 7.9) oraz tabeli 7.3, opatrzonych stosownymi komentarzami. W zakończeniu tego rozdziału sformułowano logiczne wnioski ujawniające zalety systemu wydruku próbnego na podłożu docelowym.

Niedoskonałości tej części pracy dotyczą:

- słabej rozdzielczości zmian wartości porównywanych kryteriów oceny systemów wydruku oraz brak miar rozrzutu i oszacowania dokładności wyników obliczeń na wykresach rys.7.6 ÷ 7.9,
- brak przedstawienia algorytmu obliczeń poszczególnych kryteriów oceny systemów wydruku.

Rozdział ósmy zatytułowany – *Analiza środowiskowa systemu wydruków próbnych - testy przedprodukcyjne* (24 s.) – przedstawia analizę porównawczą systemu wydruku próbnego na podłożu docelowym względem testów produkcyjnych, obejmującą bilansowanie środowiskowe wszystkich etapów procesu drukowania oraz aspekty związane a recyklingiem wszystkich materiałów opakowaniowych (tabela 8.1). Do analizy bilansowania zastosowano tożsamą metodykę obliczeń jak w rozdziale 7. Opisano proces przygotowania wydruku próbnego na podłożu docelowym i proces przygotowania testu przedprodukcyjnego oraz unieszkodliwienia odpadów. Zaprezentowano wyniki badań dotyczące emisji pochodzących z przygotowania grafiki metodą wydruku próbnego na podłożu docelowym, w porównaniu do testów przedprodukcyjnych (rys. 8.1). Zamieszczono wykresy zużycia wody i zapotrzebowania na tworzywo sztuczne z polietylenu w obu systemach testowana wydruków (rys. 8.2) oraz emisji klimatycznych i kredytów z recyklingu odpadów (rys. 8.3). W celu oszacowania wpływu systemu wydruku próbnego na podłożach docelowych na środowisko naturalne, dokonano równoległe bilansowania emisji środowiskowych testu przedprodukcyjnego (rys. 8.4 ÷ 8.5) oraz porównano wpływu toksyczności obu tych systemów na środowisko (rys. 8.7). Prezentowane wyniki badań opatrzone logicznym opisem i komentarzami. W zakończeniu tego

rozdziału sformułowano o 4 wnioski potwierdzające zalety systemu wydruku próbnego na podłożu docelowym, w porównaniu do testów przedprodukcyjnych. Błędne jest zastosowanie:

- małej rozdzielczości zmian wartości prezentowanych na wykresach (rys. 8.1 ÷ 8.3 i rys.8.6 ÷ 8.7),
- przywołanie w tekście rozdziału szóstego, zamiast przywołania rozdziału siódmego (s. 121⁶).

Rozdział dziewiąty zatytułowany – *Opakowania przyjazne środowisku* (27 s.) – zawiera obszerne informacje o zasadach projektowania opakowań przyjaznych dla środowiska. Zaprezentowano w nim charakterystykę opakowań projektowanych w ramach działalności opartej o aspekty zrównoważonego rozwoju firmy Chepsa. Opisano m.in. przykłady opakowań papierowych na orzeszki arachidowe, celulozowe opakowania na czekoladę oraz polipropylenowe opakowania na czekoladę. Zdaniem Rozdział ten wnosi istotne wartości poznawcze, lecz są pośrednio związane z tematem rozprawy i mogły być zamieszczone w części dotyczącej analizy stanu wiedzy i połączone z rozdziałem czwartym.

W **rozdziale dziesiątym** zamieszczono bardzo obszerne posumowanie i wnioski końcowe (23 s.), które można traktować jako rozszerzone streszczenie rozprawy. Zawiera ono bardzo rozbudowane gramatycznie zdania liczące kilkanaście wierszy, co znacząco utrudnia ich czytelność. Analizując treść sformułowanych wniosków, można doszukać się potwierdzenia osiągnięcia celów rozprawy oraz sprawdzenia założonych hipotezy badawczych. Niedosyt budzi brak podziału wniosków końcowych na wnioski o charakterze poznawczym i utylitarnym oraz doprecyzowanie udziału Autora rozprawy w opracowaniu i wdrożeniu nowego systemu wydruku próbnego na podłożu docelowym w firmie Chespa.

Bibliografia rozprawy jest bardzo obszerna, ponieważ zawiera 319 pozycji. W przeważającej części są to głównie informacje internetowe (strony www) oraz artykuły z czasopism krajowych i zagranicznych, książek i biuletynów. Wśród zamieszczonej bibliografii napotkano 1 współautorski artykuł Doktoranta (poz. 51), opublikowany w czasopiśmie zagranicznym *Appl. Sci.*, t. 15, nr 3, Art. nr 3, 2025 r. Poszczególne pozycje bibliograficzne są na ogół właściwie dobrane i poprawnie cytowane w tekście rozprawy.

5. Ocena strony redakcyjnej

Oceniając rozprawę doktorską pod względem redakcyjnym należy podkreślić, że tytuł rozprawy odzwierciedla jej treść, układ pracy i jej podział na rozdziały i podrozdziały jest na ogół poprawny, a zamieszczone rysunki, fotografie i wykresy są czytelne. Rozprawa napisana jest na ogół poprawnie pod względem językowym. Doktorant nie ustrzegł się jednak błędów gramatycznych i interpunkcyjnych, niefortunnych sformułowań i określeń oraz stosowania nadmiernie rozbudowanych i niepoprawnych składniowo zdań. Wymienione uchybienia redakcyjne nie mają istotnego wpływu na merytoryczną ocenę rozprawy, choć umniejszają jej ogólną jakość.

6. Podsumowanie

Stwierdzam, że rozprawa doktorska jest samodzielnym opracowaniem zagadnienia naukowego z zakresu doskonalenia procesów obróbki powierzchniowej w wyładzarkach pojemnikowych. Rozprawa wnosi wartości poznawcze i aplikacyjne w dyscyplinie inżynieria mechaniczna, a szczególnie w obszarze poligrafii. Do najważniejszych osiągnięć naukowych Doktoranta zaliczam:

- obszerną analizę obszerną literatury dotyczącej procesów doskonalenia procesów poligraficznych; potwierdzających,
- udział Doktoranta w opracowaniu i wdrożeniu nowego systemu wydruku próbnego na podłożu docelowym w firmie Chespa,
- przeprowadzenie wielostronnych badań systemu wydruku próbnego na podłożu docelowym,
- opracowanie wniosków końcowych potwierdzających realizację celu rozprawy i sprawdzenie hipotez badawczych,
- opracowanie współautorskiej publikacji w czasopiśmie zagranicznym.

Należy podkreślić, że uwagi krytyczne zawarte w recenzji mają na ogół charakter dyskusyjny, do których Doktorant może się odnieść w odpowiedzi na recenzję oraz podczas publicznej obrony rozprawy.

7. Wniosek końcowy

Przedstawiona do recenzji praca doktorska mgra Jacka Nogackiego pt.: „*Zastosowanie metod redukcji emisji środowiskowych w produkcji opakowań*” zawiera samodzielne

opracowanie zagadnienia naukowego. Autor wykazał się wymaganą wiedzą oraz umiejętnością w zakresie prowadzenia badań naukowych oraz przedstawiania uzyskanych wyników badań.

Na podstawie przedstawionej oceny stwierdzam, że opiniowana rozprawa mgra Jacka Nogackiego spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r - Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce (Dz.U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.) oraz mieści się w obszarze badań właściwych dla dyscypliny inżynieria mechaniczna.

Wnioskuje o przyjęcie rozprawy doktorskiej i dopuszczenie mgra Jacka Nogackiego do publicznej obrony przedstawionej rozprawy doktorskiej na stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.



Łódź, dn. 19.01.2026 r.

dr hab. inż. Marcin Gołąbczak, prof. uczelni