

## **OPINIA**

o rozprawie doktorskiej mgr inż. Patrycji Walichnowskiej  
pt. „Wpływ cech i parametrów pakowania butelek w folię termokurczliwą  
na szkodliwość w systemie technicznym”

**Promotor rozprawy:** prof. dr hab. inż. Andrzej Tomporowski

**Promotor pomocniczy:** dr inż. Weronika Kruszelnicka

**Dziedzina:** Nauki inżynieryjno-techniczne

**Dyscyplina:** Inżynieria Mechaniczna

### **Podstawy formalno-prawne oraz merytoryczne opracowania:**

- pismo Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Bydgoskiej prof. dr hab. inż. Dariusza Borońskiego (2/RNCS.520.6.2023), z dnia 20 grudnia 2023 r.
- rozprawa doktorska mgr inż. Patrycji Walichnowskiej pt. „Wpływ cech i parametrów pakowania butelek w folię termokurczliwą na szkodliwość w systemie technicznym”
- ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 r. poz. 742, 1088, 1234, 1672, 1872 i 2005)

### **1. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA PRACY**

Rozprawa doktorska mgr inż. Patrycji Walichnowskiej ma 126 stron maszynopisu. W tekście zawartych jest 21 tabel, 58 rysunków i 157 pozycji literaturowych, spis treści, rysunków i tabel, wykaz użytych w rozprawie skrótów i określeń, a także streszczenia w języku polskim i angielskim. Rozprawa ma klasyczną strukturę, a treść jej podana jest w 6 (+ 1) następujących, podstawowych elementach składowych (rozdziałach):

1. Wprowadzenie
  2. Analiza stanu wiedzy
  3. Charakterystyka obiektu badań
  4. Metody badań
  5. Wyniki przeprowadzonych badań i ich analiza
  6. Podsumowanie i wnioski
- Literatura

Charakter rozprawy można określić jako badawczo - analityczny, a jej obszar tematyczny dotyczy w szczególności środowiskowej oceny procesów pakowania. Za główny cel pracy przyjęto badanie oraz analizę wpływu wybranych cech i parametrów procesu pakowania butelek w folię termokurczliwą z punktu widzenia ich szkodliwości środowiskowej.

Dla osiągnięcia tego celu przeprowadzono:

- badania laboratoryjne, na podstawie których wyznaczono właściwości użytkowe folii używanych w procesie termokurczliwego pakowania, w tym folii z różnym procentowym dodatkiem recyklatów,
- symulacje obliczeniowe, gdzie za pomocą odpowiednich narzędzi wyznaczono wpływ czterech wariantów procesu pakowania na trzy kategorie szkód, tj. 'zdrowie ludzkie', 'ekosystemy' i 'zubożenie zasobów' (**kwestia 1 do wyjaśnienia – dlaczego wybrano właśnie te 3 kategorie szkód do analizy ?**) dla dwóch różnych typów pakowarek (**kwestia 2 – proszę o podanie podstawowych danych techniczno – eksploatacyjnych obu maszyn**), z 2 różnymi wariantami zasilania,
- badania określone mianem „przemysłowych”, służące wyznaczeniu modeli matematycznych wskaźników, charakteryzujących proces masowego pakowania butelek w folię termokurczliwą.

Zamiarem Doktorantki było, by przeprowadzone w ramach realizacji rozprawy analizy naukowe umożliwiły wyznaczenie wpływu istotnych cech i parametrów procesu pakowania na powstawanie szkodliwych oddziaływań środowiskowych, w ujęciu systemowym, dając podstawy do sformułowanie zaleceń prowadzących do poprawy, zwłaszcza ze względów środowiskowych, realizacji procesów masowego pakowania butelek w folię termokurczliwą. Zamiar ten, ze wszech miar uzasadniony, uważam jako ambitny, godny podjęcia w ramach realizacji pracy doktorskiej.

## 2. WYBÓR TEMATU ROZPRAWY

Problematyką ewaluacji wpływu obiektów technicznych i realizowanych przez nie procesów na środowisko zajmuję się od około 40 lat. Mając na uwadze fakt przeglądu sytuacji praktycznie od początku rozwoju tej problematyki, mogę stwierdzić, że występujące w latach osiemdziesiątych próby oceny tego wpływu skupione były na obiektach skali „makro”, to znaczy na fabrykach, elektrowniach czy innych tej wielkości zakładach i ograniczały się do makroskopowego i raczej opisowego (jakościowego) podejścia do stwierdzanych faktów.

Dopiero po pewnym czasie uwagę osób zajmujących się tą tematyką zaczęły przyciągać obiekty techniczne i realizowane przez nie procesy o mniejszej skali i gabarytach („mezo”), to jest przykładowo maszyny, urządzenia czy linie technologiczne, stanowiące sumarycznie de facto o makroskopowym, szkodliwym oddziaływaniu środowiskowym całych zakładów przemysłowych. W tym właśnie nurcie działań widzę przedstawioną do oceny rozprawę doktorską. Podejmowana w niej problematyka badawcza wychodzi wyraźnie naprzeciw tak pożądanym tendencjom poznawczym, mającym aktualnie dodatkowo w tle wątek społeczny.

Zaprezentowany w rozprawie materiał badawczo-analityczny, należy do grupy problemów naukowych z zakresu 'inżynierii mechanicznej', a podjęta tematyka jest ważna i aktualna, zarówno z punktu widzenia naukowego, jak i aplikacyjnego, dla poprawy szeroko rozumianej jakości realizacji procesów w budowie i eksploatacji maszyn. Co warto dodać, zawiera się ona jak najbardziej w nurcie problemowym lansowanej obecnie piątej generacji zarządzania jakością (Quality 5.0 – Sustainable Quality), gdzie poszerza się dotychczasowe ujęcie zadowolenia interesariuszy o satysfakcję społeczną, wynikającą z faktu uwzględnienia w rozpatrywanych zagadnieniach perspektywy zrównoważonego rozwoju.

Stwierdzam zatem, że opiniowana rozprawa bardzo trafnie wpisuje się w aktualny trend naukowego poszukiwania prośrodowiskowych, prorecyklingowych, użytkowych modyfikacji materiałów, jak i opracowywania efektywnych, wysoko sprawnych, a przede wszystkim prośrodowiskowych, procesów i obiektów technicznych, rozwijany aktualnie w ramach 'inżynierii mechanicznej'. Tak więc wybór tematyki rozprawy uważam za bardzo trafny, a jej zakres właściwy dla realizacji podjętych zadań.

### 3. OCENA MERYTORYCZNA ROZPRAWY

W ostatnim czasie zauważa się wzrastający udział działań podejmowanych w obszarze inżynierii mechanicznej, mających służyć zmniejszeniu negatywnego oddziaływania maszyn, urządzeń i instalacji technologicznych oraz realizowanych przez nie procesów, na środowisko. W tym nurcie dążenia do zachowania równowagi między rozwojem gospodarczym a ograniczaniem jego negatywnych skutków mieści się podejmowana w rozprawie tematyka poszerzenia ogólnej wiedzy o określenie wpływu cech konstrukcyjnych i parametrów pakowania butelek w folię termokurczliwą na pojawiające się szkodliwości środowiskowe w badanym systemie technicznym. W rozprawie słusznie założono, że określenie i poznanie związków konstrukcji foliowania produktów (np. butelek) i parametrów procesów może być podstawą do sprawniejszego rozwiązywania problemów środowiskowych i systemowych, tych konkretnie, jak i podobnych, układów inżynieryjno-technicznych.

W analizowanej rozprawie zastosowano trzystopniową, hierarchiczną, dywersyfikację elementów koniecznych do wyróżnienia w zaprezentowaniu działań podjętych w ramach realizacji pracy (str. 10-11). Są to:

A) **dwa cele pracy**, przy czym pierwszy z nich (cytat z rozprawy):

(1) „*Badanie, analizę, ocenę i wskazanie możliwości opisu i doskonalenia elementów oraz relacji zbioru cech konstrukcyjnych i zbioru cech parametrów procesu masowego pakowania w folię termokurczliwą butelek z napojami na szkodliwość w systemie technicznym*”,

uważam za nadrzędny i bardziej ogólny w stosunku do celu drugiego:

(2) „*Opracowanie modeli matematycznych podstawowych oraz prorozwojowych wskaźników charakteryzujących proces masowego pakowania butelek*”,

B) **trzy problemy badawcze** do rozwiązania, konieczne dla osiągnięcia celu rozprawy (str.10), zapewne tego nadrzędnego, ujęte następująco (zacytowano z rozprawy):

1. *Jakie są cechy konstrukcyjne termokurczliwych opakowań foliowych i jaki jest wpływ tych cech konstrukcyjnych na obciążenie środowiska technologicznego (naturalnego), w tym systemu technicznego maszyn i urządzeń procesów ich wytwarzania oraz eksploatacji?*
2. *Jakie są parametry procesów wytwarzania i eksploatacji termokurczliwych opakowań foliowych i jaki jest wpływ tych parametrów na obciążenie środowiska naturalnego maszyn i urządzeń procesów ich wytwarzania oraz eksploatacji?*
3. *Czy zastosowanie nowego tworzywa konstrukcyjnego do produkcji opakowań foliowych wpłynie na zwiększenie efektywności w procesie masowego pakowania butelek do napojów oraz przyczyni się do zmniejszenia negatywnych skutków przedmiotowego procesu?*

C) **sześć zadań badawczych** do wykonania, w postaci (zacytowano z pracy):

- a) *szczegółowej analizie stanu wiedzy i techniki, zebraniu i uporządkowaniu danych wejściowych wybranych faz cyklu życia masowego procesu pakowania butelek z napojami za pomocą folii termokurczliwej,*
- b) *opracowaniu modeli matematycznych wskaźników charakteryzujących badany proces masowego pakowania butelek w folię termokurczliwą,*
- c) *wyznaczeniu cech użytkowych oraz określeniu wpływu na końcowe parametry procesu pakowania stosowanych w przemyśle folii termokurczliwych, w tym folii zawierających dodatek w postaci recyklatów,*
- d) *identyfikacji dominujących, szkodliwych oddziaływań poszczególnych etapów procesu masowego pakowania butelek z napojami,*
- e) *wyznaczeniu poziomów szkodliwości procesu masowego pakowania butelek na otoczenie systemu technicznego,*
- f) *opracowaniu nowych wskazań dla projektowania, zasilania, sterowania, monitorowania, a w konsekwencji i rozwoju systemów technicznych zawierających maszyny do masowego pakowania butelek.*

Ocenę merytoryczną rozprawy dokonam poniżej, przeglądowo, przez pryzmat realizacji poszczególnych zadań badawczych.

W odniesieniu do realizacji **zadania a)** można stwierdzić, że jak trafnie, analizując literaturę problemu, zauważyła Doktorantka, dostępne publikacje dotyczą przede wszystkim analizy szkodliwości środowiskowej procesów wytwarzania folii, opakowań, butelek i innych produktów. Zgadzam się w pełni, że bardzo mało jest natomiast rozważań, które dotyczyłyby oceny procesów technologicznych masowego pakowania pod względem energetyczno-środowiskowym, w celu ich udoskonalenia tak, aby w przyszłości charakteryzowały się mniejszą szkodliwością środowiskową.

I właśnie dobrze zdiagnozowany przez Doktorantkę niewystarczający poziom wiedzy w zakresie wpływu poszczególnych cech i parametrów procesu pakowania na szkodliwość w systemie technicznym stał się zasadniczą przyczyną podjęcia przez nią problematyki rozprawy, co uznaję za bardzo trafny wybór.

W odniesieniu do **zadania b)**, którego prezentacja realizacji jest na stronach 59-62, Doktorantka, bardzo syntetycznie przedstawia wynikowe 4 równania, definiujące kolejno: wskaźnik całkowitego zużycia energii w procesie masowego pakowania butelek, wskaźnik energii jednostkowej procesu masowego pakowania, procentowy wskaźnik szkodliwości procesu masowego pakowania butelek i procentowy wskaźnik efektywności procesu. Uważam, że wymienione wyżej cztery autorskie wskaźniki są trafnie zdefiniowane z punktu widzenia możliwości porównywania finalnie czterech rozpatrywanych wariantów procesu masowego pakowania.

W odniesieniu do **zadania c)**, które zorientowane zostało na wyznaczenie właściwości użytkowych folii oraz określenie wpływu na końcowe parametry procesu pakowania stosowanych w przemyśle folii termokurczliwych, w tym folii zawierających recyklaty, zostało ono właściwie zrealizowane przez przeprowadzenie badań laboratoryjnych i w przemyśle. Przyjęte przez Doktorantkę założenie, iż analiza wpływu procesu masowego pakowania na otoczenie powinna być rozpatrywana zgodnie z przyjętymi przez realizatora analizy granicami systemu, stanowiącymi ograniczenia zakresu analiz, uznaję za zasadne. Jak słusznie założyła Doktorantka, w konkretnych procesach pakowania istotny jest odpowiedni dobór surowca, z którego produkowane są folie termokurczliwe, jak i poszukiwanie rozwiązań wpływających na ograniczenie zużycia energii w procesie ich stosowania.

W przeprowadzonych badaniach Doktorantka podjęła interesujący wątek wpływu dodatku recyklatów w składzie folii na jej poszczególne właściwości użytkowe i potwierdziła informacje zawarte w literaturze, dotyczące zmniejszenia wytrzymałości na rozciąganie w kierunku maszynowym przy wzroście ilości recyklatów w składzie folii oraz przy wzroście kurczliwości, odporności na uderzenie, rozdieranie wraz ze zwiększeniem dodatku recyklatów. Tak więc rozpoznanie dokonane przez Doktorantkę wykazało, że dostępne na rynku folie z dodatkiem recyklatów mogą stać się zamiennikiem tradycyjnych folii termokurczliwych bez utraty właściwości niezbędnych do poprawnego formowania gotowych zgrzewek.

W odniesieniu do **zadań d) i e)**, mających na celu zidentyfikowanie dominujących szkodliwych oddziaływań poszczególnych etapów procesu masowego pakowania butelek z napojami i wyznaczeniu poziomów szkodliwości, Doktorantka stwierdziła, że wariant I procesu (etap zgrzewania folii zasilany był gazem oraz użyto głównie folii 0rLDPE/100LDPE) charakteryzował się najwyższym wpływem w zakresie szkód na 'zdrowie ludzkie' oraz 'zasoby', natomiast II wariant procesu (do zasilania użyto wyłącznie energii z europejskiego mikstu energetycznego oraz głównie folię 0rLDPE/100LDPE) wykazał najwyższe potencjalne oddziaływanie, w kategorii szkód, na 'ekosystemy'.

Istotnym ustaleniem Doktorantki było stwierdzenie, że w każdym z czterech badanych wariantów procesu najbardziej energochłonnym i zarazem mającym największy wpływ na szkody w trzech badanych kategoriach jest etap zgrzewania folii. Kolejne ważne odkrycie to stwierdzenie, iż zmiana folii, używanych w procesie masowego pakowania, na tworzywo z dodatkiem recyklatu wpływa korzystnie, bowiem zmniejsza poziom oddziaływań we wszystkich trzech kategoriach szkód.

Doktorantka ustaliła, że zasilanie pieca grzewczego gazem wpływa na zwiększenie wartości oddziaływania w zakresie 'zdrowia ludzkiego' i 'zasobów', natomiast dla kategorii 'ekosystemy' poziom oddziaływań jest mniejszy dla wariantów procesów, gdzie użyto gazu do zasilania etapu zgrzewania folii.

Kolejne ważne odkrycie to ustalenie, iż dla czterech wariantów procesu masowego pakowania zmiana źródła zasilania pieca grzewczego na gazowe oraz użycie folii z dodatkiem recyklatów powoduje zmniejszenie wartości śladu węglowego. Wariantem o najniższej wartości tego wskaźnika był wariant III procesu masowego pakowania butelek, w którym etap zgrzewania folii zasilano gazem ziemnym i stosowano folie zawierające w swoim składzie dodatek recyklatów. Podane wyżej wyniki osiągnięto dzięki obliczeniom symulacyjnym wykonanym za pomocą bardzo trafnie wybranego, sprawdzonego, programu SimaPro.

W odniesieniu do **zadania f)**, mającego na celu opracowanie wskazań dla środowiskowego projektowania i rozwoju systemów technicznych zawierających maszyny do masowego pakowania butelek, Doktorantka ujawniła interesujące możliwości zmniejszenia oddziaływania na środowisko, przez:

- całkowite zastąpienie w procesie masowego pakowania folii 0rLDPE/100LDPE folią 50rLDPE/50LDPE, co daje szansę na zmniejszenie negatywnego oddziaływania całego procesu na otoczenie,
- modyfikację folii 100rLDPE/0LDPE w celu poprawienia jej właściwości mechanicznych; stwierdziła, że na chwilę obecną otrzymane w badaniach laboratoryjnych wyniki oraz obserwacje w ramach badań przemysłowych potwierdzają fakt braku możliwości przemysłowego stosowania ich w procesach masowego pakowania butelek (**kwestia 3 – proszę krótko przybliżyć powyższy powód braku wspomnianej możliwości**),
- dążenie do minimalizacji zużycia energii, przez użycie energooszczędnych silników, w których zastosowano by materiał o wyższej przewodności elektrycznej, co w konsekwencji wpłynęłoby na dłuższą pracę silnika przy wyższych obciążeniach,
- zwiększenie udziału energii odnawialnej w zasilaniu zakładów przemysłowych; jak udowodniono w badaniach symulacyjnych, bowiem zamiana konwencjonalnego źródła energii na niekonwencjonalne przyczynia się do zmniejszenia szkodliwości procesu w zakresie oddziaływania na trzy rozpatrywane kategorie szkód, tj. 'zdrowie ludzkie', 'ekosystemy' i 'zasoby' (**kwestia 4 – proszę krótko skomentować, na przykładzie przedsiębiorstwa, w którym Doktorantka przeprowadzała badania, na ile postulowana zamiana konwencjonalnego źródła energii na niekonwencjonalne jest w nim realna, m. in. z punktu widzenia wyniku rachunku korzyści i kosztów**).

Uważam, że powyższe ustalenia, odkrycia i obserwacje Doktorantki, w ramach realizacji podjętych 6 zadań, są wysoce istotne dla dalszego rozwoju podjętej problematyki i nie budzą kontrowersji.

Dla naukowej wartości pracy ważne są natomiast wyniki prac nad rozwiązaniem trzech problemów badawczych.

I tak odpowiedź Doktorantki na **pierwsze pytanie problemowe**, dotyczące istotnych cech konstrukcyjnych termokurczliwych opakowań foliowych jest trafna, bardzo konkretna i brzmi: do istotnych cech konstrukcyjnych termokurczliwych opakowań foliowych należy zawartość recyklatów w składzie badanych folii oraz grubość folii.

Badania laboratoryjne Doktorantki potwierdziły zmniejszenie m.in. wytrzymałości folii na rozciąganie w kierunku maszynowym wraz ze wzrostem ilości recyklatów w składzie badanych w rozprawie folii (**kwestia 5 – czy Doktorantka pokusiła by się o krótką fizyko-chemiczną interpretację przyczyn tego zjawiska ?**). Ponadto badania dowiodły, że zmiana w procesie masowego pakowanie butelek z folii na folię z dodatkiem recyklatów wpływa na obniżenie temperatury potrzebnej do jej obkurczenia podczas etapu zgrzewania (**kwestia 6 – czy Doktorantka pokusiła by się o krótką fizyko-chemiczną interpretację przyczyn tego zjawiska**) oraz wpływa na oddziaływanie badanego procesu na trzy kategorie szkód. Warianty procesu, w których butelki pakowano w folię z dodatkiem recyklatów wykazały mniejsze wartości śladu węglowego niż procesy, gdzie użyto głównie folię 0rLDPE/100LDPE.

Odpowiedź na **drugie pytanie problemowe** brzmiące: jakie są istotne parametry procesów wytwarzania termokurczliwych opakowań foliowych i jaki jest wpływ tych parametrów na obciążenie środowiska maszyn i urządzeń procesów ich wytwarzania jest taka, iż do istotnych parametrów procesów wytwarzania termokurczliwych opakowań foliowych należą: rodzaj folii termokurczliwej, sposób zasilania procesu, typ pakowarki i wysokość temperatury w piecu grzewczym podczas etapu obkurczania folii.

Przeprowadzone przez Doktorantkę badania wykazały, że typ folii użytej w procesie pakowania butelek oddziałuje na wartości szkodliwości badanego procesu. Zmiana typu folii z folii na folię z dodatkiem recyklatów wpływa na zmniejszenie wartości śladu węglowego i oddziaływania w obrębie wszystkich trzech badanych szkód, zmniejszenie temperatury potrzebnej do obkurczenia folii wokół butelek oraz na zwiększenie wartości autorskiego wskaźnika efektywności procesu.

Analizując kolejny parametr, jakim jest sposób zasilania procesu, zauważalny jest fakt zwiększenia oddziaływań na otoczenie w zakresie 'zdrowia ludzkiego' oraz 'zasobów' w wariantach procesu, w których piec grzewczy zasilany był gazem.

W realizowanych badaniach Doktorantka wykazała istotny wpływ rodzaju pakowarki na wartości szkodliwości. Dla pakowarki SP A-M wykazano większe wartości oddziaływań procesu na szkody w zakresie 'zdrowia ludzkiego' oraz 'zasobów'. Natomiast dla oddziaływań na 'ekosystemy', w przypadku pakowarki Vega

HT100 osiąga się większe wartości negatywnych oddziaływań. Podobnie wyniki występują dla wyznaczonego śladu węglowego. Warianty procesów z wykorzystaniem pakowarki SP A-M wyróżniają się mniejszymi wartościami śladu węglowego w porównaniu z wariantami z pakowarką Vega HT100 (**kwestia 7 – jakie – czy porównywalne – obie pakowarki miały wolumeny pracy, wykonanej do momentu rozpoczęcia na nich badań przez Doktorantkę ? ; kwestia 8 – czym głównie mogą być podyktowane te różnice wynikające z typu pakowarki ?**)

Ważnym stwierdzeniem Doktorantki jest, że użycie do pakowania butelek folii z dodatkiem recyklatów wpływa na obniżenie temperatury w piecu grzewczym, niezbędnej do obkurczenia jej wokół pakowanych produktów, co wpływa z kolei na zmniejszenie negatywnych oddziaływań na otoczenie w trzech badanych kategoriach szkód oraz zmniejszenie wartości śladu węglowego.

Odpowiedź na **trzecie pytanie problemowe**, dotyczące w praktyce finalnego, sumarycznego wniosku z badań prowadzi do stwierdzenia, że w badanym procesie masowego pakowania butelek wariantem o najwyższej wartości szkodliwości w kategorii 'zdrowie ludzkie' oraz 'zasoby' jest wariant I procesu, a w odniesieniu do szkodliwości w zakresie 'ekosystemu' jest wariant II. Ponieważ w obu tych wariantach do pakowania butelek użyto głównie folii bez dodatków recyklatu, pojawiła się uzasadniona sugestia, iż zastosowanie nowego – zmodyfikowanego – tworzywa konstrukcyjnego, to jest folii z dodatkiem recyklatów, wpłynie na zmniejszenie się negatywnych oddziaływań procesu pakowania na otoczenie. Tak więc, jak dowiodły badania Doktorantki, zmiana tworzywa do pakowania na folię z dodatkiem recyklatów może powodować zwiększenie wskaźnika efektywności realizacji procesu oraz zmniejszenie wskaźnika szkodliwości badanych wariantów procesu masowego pakowania butelek (**kwestia 9 – czy Doktorantka zna, np. z literatury, skalę stosowania – lub nie – folii z dodatkiem recyklatu w podobnych procesach w Polsce i na świecie ?**).

Reasumując stwierdzam, że opiniowana rozprawa wnosi wiele nowych elementów wiedzy do podjętej w niej problematyki. Jest to wiedza dotycząca aspektów analitycznych rozważanej w niej tematyki, wynikających z zastosowania w pracy odpowiedniej metody oceny oddziaływania procesów (i obiektów technicznych także), a taką we właściwy sposób wybrała Doktorantka. Wśród wielu istniejących już metod służących określeniu szkodliwości środowiskowej procesów i obiektów doceniana jest proekologiczna ocena w cyklu życia LCA (Life Cycle Assessment). Do jej zalet należy to, iż stosując ją wymagane jest dążenie do uwzględnienia wszystkich czynników, które mają wpływ na otoczenie danego obiektu, natomiast jej niedogodnością jest fakt, iż przeprowadzenie badań i analiz z wykorzystaniem tej metody bywa niekiedy bardzo czasochłonne, bowiem konieczne jest zebranie dokładnych danych wejściowych i wyjściowych w różnych obszarach, m. in. dotyczących materiałów, energii, paliw, emisji i alokowanie ich do konkretnych procesów względnie obiektów.



#### 4. UWAGI SZCZEGÓŁOWE

W ujęciu ogólnym rozprawę charakteryzuje przejrzysty układ i właściwy podział treści. Napisana jest ona poprawnym językiem, choć czasami zdarzają się pewne drobne niedoskonałości takie, jak na przykład:

- str 77, 3 i 4 wiersz od góry – występuje nieciągłość treści,
- str. 84, 3 wiersz od dołu – jest „tabeli 14”, a winno być „tabeli 15”,
- str. 87, 1 wiersz od góry – jest „tabeli 16”, a winno być „tabeli 17”,
- str. 87, 19 wiersz od dołu – jest „tabelach 15 i 16”, a winno być „tabelach 16 i 17”.

Stosowane pojęcia i terminologia nie budzą większych zastrzeżeń. Uważam, że sformułowanie tytułu pracy mogło by być jednak bardziej precyzyjne, na czym zyskała by jego informacyjność. Zamieszczone w tekście elementy ilustracyjną oraz zestawienia tabelaryczne na ogół poprawnie prezentują dokonania i osiągnięcia Doktorantki. Co prawda zdjęcia, prezentujące elementy linii technologicznych, występujące w rozdziale 3 i 4, mogły by być zdecydowanie większe, ukazując tym samym więcej szczegółów.

Rozprawę kończy p. 6 „Podsumowanie i wnioski”. Winien się on zacząć formalnym stwierdzeniem, że postawiony w pracy cel osiągnięto, a więc .... (tu winien być przedstawiony syntetycznie efekt pracy), dzięki rozwiązaniu trzech problemów badawczych oraz wykonaniu sześciu zadań badawczych

Wymienione w tym punkcie opinii uwagi nie obniżają wartości merytorycznej rozprawy doktorskiej, bowiem mają one w większości charakter redakcyjny i edytorski, czyli bardziej porządkowy niż merytoryczny.

#### 5. PODSUMOWANIE

W opiniowanej rozprawie zidentyfikowano i wykazano wiele istotnych dla ‘inżynierii mechanicznej’, w szczególności dla zagadnień z zakresu podstaw eksploatacji maszyn i urządzeń, zależności pomiędzy cechami użytkowymi badanych konstrukcyjnych tworzyw kompozytowych a ich składem i strukturą oraz uwarunkowań efektywnej, środowiskowej realizacji procesów technologicznych.

Należy podkreślić konsekwencję Doktorantki, zmierzającej do rozwiązania istotnego i ważnego z punktu widzenia praktyki inżynierskiej problemu naukowego oraz rolę poznawczą podjętych zagadnień badawczo-analitycznych.

Doktorantka przez realizację kolejnych etapów swojej pracy uwierzytelniła i wykazała:

- poprawność przyjętej drogi badawczej, zmierzającej do osiągnięcia sformułowanego na wstępie zasadniczego celu rozprawy,
  - znajomość zagadnień z zakresu ‘inżynierii mechanicznej’,
  - oryginalność rozwiązanego podjętego problemu naukowego,
- co w mojej opinii potwierdza jej umiejętności planowania i realizowania badań, a w konsekwencji prowadzenia pracy naukowo-badawczej.

Na koniec podsumowania pozwolę sobie na jedną bardziej ogólną obserwację. Praca doktorska mgr inż. Patrycji Walichnowskiej wpisuje się w dostrzeżony przez

mnie nurt publikacji naukowych, które powstawały w ostatnich latach w Katedrze Inżynierii Odnawialnych Źródeł Energii i Systemów Technicznych Politechniki Bydgoskiej, a dotyczyły zagadnień stanowiących podstawy gospodarki obiegu zamkniętego. Tak, jak w zakresie środowiskowej oceny i analizy możliwości poprawy środowiskowych aspektów technologicznych procesów pakowania mieści się rozprawa mgr inż. Patrycji Walichnowskiej, tak na przykład w obszarze problematyki zrównoważonej modernizacji elektrowni wiatrowych wyróżnia się wydana w 2022 roku monografia dr hab. inż. Roberta Kasnera „Wieloaspektowa ocena efektywności modernizacji elektrowni wiatrowych na potrzeby rozwoju gospodarki obiegu zamkniętego”. Gratuluję Wydziałowi Inżynierii Mechanicznej Politechniki Bydgoskiej konsekwencji w rozwoju badań w tym tak ważnym obecnie naukowo i praktycznie obszarze – tworzenia podstaw gospodarki obiegu zamkniętego.

## 6. WNIOSEK KOŃCOWY

Na podstawie przeprowadzonej szczegółowej analizy rozprawy doktorskiej stwierdzam, że:

- Doktorantka w właściwy sposób podjęła i rozwiązała sformułowane w rozprawie zadania szczegółowe, tak więc zaprezentowane w pracy wyniki badań i analiz stanowią podstawę do stwierdzenia, że cele rozprawy zostały osiągnięte,
- Doktorantka wykazała znajomość i opanowanie wiedzy z zakresu ‘inżynierii mechanicznej’, którą wykorzystwała we właściwym stopniu podczas prowadzonego oryginalnego metodycznie postępowania badawczo-analitycznego w przedmiotowym zakresie,
- rozprawa, w obszarze przyjętych kryteriów, ocen i syntezy badawczego postępowania, w szczególności – opracowanej i przyjętej metodologii badań – spełnia w pełni wymagania stawiane pracom doktorskim, a uzyskane wyniki wydatnie rozszerzają wiedzę w założonym obszarze.

Mając na uwadze zawarte w tej opinii stwierdzenia uważam, że przedstawiona do oceny rozprawa doktorska mgr inż. **Patrycji Walichnowskiej pt. Wpływ cech i parametrów pakowania butelek w folię termokurczliwą na szkodliwość w systemie technicznym**”, spełnia w pełni obowiązujące przepisy i wymagania stawiane rozprawom doktorskim.

**Wnioskuje zatem do Rady Dyscypliny Naukowej ‘Inżynieria Mechaniczna’ Politechniki Bydgoskiej o dopuszczenie Pani mgr inż. Patrycji Walichnowskiej do dalszego etapu postępowania w sprawie nadania stopnia doktora.**

*Zbigniew Kib*