

Dr hab. inż. Weronika Kruszelnicka, prof. PBŚ,
Katedra Inżynierii Odnawialnych Źródeł Energii i Systemów Technicznych
Wydział Inżynierii Mechanicznej
Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich

Recenzja
rozprawy doktorskiej mgr Agnieszki Szperling,
pt: *Model oceny cyrkularności i jego weryfikacja na przykładzie wybranego środka*
transportu

Promotor rozprawy: dr hab. inż. Przemysław Kurczewski prof. PP.

Dziedzina: nauki inżynieryjno-techniczne

Dyscyplina: inżynieria lądowa, geodezja i transport

1. Podstawa formalna opracowania

Recenzję sporządziłam zgodnie z posiadaną wiedzą i doświadczeniem biorąc pod uwagę kryteria, wymagania i procedury zawarte w obowiązujących dokumentach formalnych regulujących prowadzenie postępowań doktorskich, w szczególności w:

- piśmie Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport, prof. dr hab. inż. Jacka Pielechy, z dnia 25 marca 2026 r.,
- Uchwale Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Poznańskiej z dnia 24.03.2026 r.,
- obowiązującej Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, zwanej dalej "Ustawą".

2. Ogólna charakterystyka i formalna ocena rozprawy

Rozprawę doktorską mgr Agnieszki Szperling pt.: *Model oceny cyrkularności i jego weryfikacja na przykładzie wybranego środka transportu* stanowi autorska praca pisemna składająca się z 6 rozdziałów, zawarta na 146 stronach maszynopisu formatu A4 opatrzona streszczeniami w języku polskim i angielskim, spisem treści, spisem literatury oraz załącznikami, **co wypełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim zawarte w punkcie 3. i 4. art. 187 Ustawy.**

W pracy zastosowano typowy dla pisemnych rozpraw doktorskich układ i strukturę podziału treści rozpoczynając od wstępu z nakreśleniem istoty podjętej problematyki, przez część studialną zawierającą analizę aktualnego stanu wiedzy i teoretyczne podstawy analizowanego zagadnienia, cel i zakres pracy, część poświęconą rozwiązaniu problemu naukowego w tym założeniu, strukturę opracowanego modelu cyrkularności wraz z jego praktyczną weryfikacją kończąc na podsumowaniu i wnioskach. **Zaproponowany układ i podział treści jest przejrzysty, adekwatny do podejmowanego zagadnienia i konsekwentnie, w sposób przemyślany prowadzi czytelnika od zagadnień ogólnych i teoretycznych związanych z gospodarką cyrkularną do zagadnień szczegółowych i autorskiego modelu oceny cyrkularności obiektów technicznych.** Dowodzi to zdolności Doktorantki do budowania spójnej narracji naukowej, prawidłowego strukturyzowania problemu badawczego i jego etapowego rozwiązywania, w której część teoretyczna stanowi rzeczywiste uzasadnienie dla dalszych rozwiązań metodycznych, a nie jedynie przegląd literatury. Przejście od zagadnień ogólnych do autorskiego modelu wskazuje również na umiejętność operacjonalizacji pojęć teoretycznych, co jest jedną z kluczowych kompetencji osób ubiegających się o stopień naukowy doktora.

W swoich rozważaniach Autorka powołuje się łącznie na 159 pozycji literaturowych, na co składają się 104 publikacje naukowe z renomowanych, recenzowanych czasopism i wydawnictw, 15 raportów i strategii, 26 dokumentów normatywnych oraz 14 źródeł internetowych z zakresu gospodarki o obiegu zamkniętym, inżynierii transportu i oceny środowiskowej obiektów technicznych. Większość źródeł pochodzi z okresu ostatnich 10 lat, dobrze odzwierciedlając aktualny stan analizowanego zagadnienia. Tego rodzaju kompozycja wskazuje, że Doktorantka nie tylko **posiada dobrą orientację w literaturze przedmiotu, ale również potrafi dokonać jej selekcji i syntezy w sposób podporządkowany realizacji celu pracy**. Dobór literatury oceniam zatem jako poprawny i adekwatny do tematu pracy, choć więcej pozycji mogłoby odnosić się do zagadnień związanych z cyrkularnością jachtów, o czym szerzej w dalszej części oceny merytorycznej rozprawy.

Od strony redakcyjnej i edytorskiej pracę oceniam pozytywnie. Została przygotowana z dbałością o ujednoczenie formatowania, czytelność rysunków, zastosowanie odwołań w tekście zarówno do rysunków, tabel jak i pozycji literaturowych. Widoczna jest staranność o zachowanie formalnego charakteru wypowiedzi oraz o precyzję stosowanych sformułowań, co sprzyja czytelności i wzmacnia naukowy charakter rozprawy. Autorka poprawnie posługuje się terminologią fachową, jednak zdarzają się znikome wtrącenia z mowy potocznej typu „co za tym idzie”, „poprawa wizerunku jachtu”. Miejscami prowadzone wywody są nazbyt rozbudowane opisowo kosztem części analitycznej, pojawiają się powtórzenia treści z poprzednich rozdziałów, które można by skondensować lub pominąć bez utraty sensu wypowiedzi. Sporadycznie zdarzają się literówki. Poniżej zamieszczam zestawienie uwag redakcyjnych i edytorskich, które mają charakter uzupełniający, nie wpływający na ogólną pozytywną ocenę języka pracy, który pozostaje poprawny, komunikatywny i właściwy dla rozprawy naukowej ¹:

- str. 13 – na rysunku 2.1 podkreślono na czerwono niektóre wyrazy;
- str. 16¹³ – „[...] zasada polega wydłużeniu [...]” – powinno być „polega na”;
- str. 26⁴⁻¹⁰ – błąd stylistyczny, użyto 6 razy słowa „produkt”;
- str. 31₄ – „[...] efektywność wdrażanie strategii [...]” – powinno być „wdrażania”;
- str. 38₂₄ – błąd stylistyczny: „[...] W obu przypadkach sposób podejścia [...] ukierunkowany w podobny sposób [...]”;
- str. 41₁₁ – błąd stylistyczny: „[...] wskazujących na [...], ale też publikacji wskazujących na [...]”;
- str. 41₅ – jest: „[...] właściwości mechaniczne – wysoką wytrzymałość na rozciąganie, odporność na korozję, dość niską masę i dużą swobodę projektowania formy [...]” – w zestawie wymienionych właściwości są nie tylko właściwości mechaniczne, lepiej byłoby użyć, np. „właściwości użytkowe” lub po prostu „właściwości”;
- str. 53⁶, str. 63_{7,14} – błąd stylistyczny: „[...] co za tym idzie [...]”;
- str. 72 – w opisie wzoru 4.7 „i” powinno być kursywą, jak we wzorze;
- str. 83 – w ostatnim wierszu, w drugiej kolumnie jest: „system nawigacyjne, system komunikacyjne, itd.” – powinno być „systemy”;
- str. 102 – różnice w wartości redukcji masy kadłuba zestawionej w Tab. 5.3 i przedstawionej w załączniku Z3B;
- str. 103¹⁴ – „[...] wartości przedstawione w zgodne z [...]” – powinno być „wartości zgodne z”;
- str. 105₇ – „[...] W celu obliczenia wartości wskaźnika minimalizacji jachtu [...]” – powinno być „wskaźnika minimalizacji masy jachtu”;
- str. 106 – w nagłówku drugiej kolumny Tabeli 5.6 jest: „komponenty podlegający redukcji” – powinno być „komponent podlegający redukcji”;
- str. 113₁₈ – błąd gramatyczny: „[...] W wyznaczenia tego wskaźnika oparto się o [...]”;
- str. 117₁₃ – błąd stylistyczny: „[...] poprawa wizerunku jachtu [...]”.

Podsumowując, rozprawa doktorska mgr Agnieszki Szperling została przygotowana w sposób poprawny pod względem formalnym, strukturalnym i edytorskim. Praca charakteryzuje się logicznym, przejrzystym układem treści oraz spójną narracją naukową, świadczącą o umiejętności właściwego

¹ Liczby umieszczone w dolnym lub górnym indeksie przy numerze strony oznaczają numer wiersza na stronie licząc odpowiednio od dołu lub od góry.

strukturyzowania problemu badawczego i jego konsekwentnej realizacji. Dobór literatury należy uznać za adekwatny i aktualny, a sposób jej wykorzystania wskazuje na zdolność Autorki do selekcji i syntezy posiadanej przez nią wiedzy teoretycznej. Od strony językowej rozprawa spełnia wymagania stawiane pracom naukowym, choć miejscami wskazane byłoby większe zdyscyplinowanie stylistyczne oraz ograniczenie elementów opisowych i powtórzeń. Wskazane uwagi mają jednak charakter uzupełniający i nie wpływają na ogólną pozytywną ocenę pracy w analizowanym zakresie.

3. Ocena aktualności, istotności i oryginalności podjętego problemu naukowego

Problematyka pracy dotyczy badań, metod i sposobów kształtowania i wdrażania założeń gospodarki obiegu zamkniętego (GOZ) obiektów technicznych na przykładzie wybranego środka transportu. Ukierunkowana została na opracowanie metodyki oceny cyrkularności szeroko rozumianych obiektów technicznych, co należy uznać za zagadnienie istotne i wpisujące się w aktualny nurt badań, poszukiwania i rozwoju narzędzi analitycznych umożliwiających bardziej zintegrowaną ocenę obiektów technicznych w perspektywie ich pełnego cyklu życia, efektywności materiałowej i zgodności z założeniami gospodarki o obiegu zamkniętym. Co warto podkreślić, zaproponowana metodyka i wynikowy zestaw wskaźników oceny cyrkularności, choć zrealizowane na przykładzie jachtu, jako wodnego środka transportu, mają pewien charakter uniwersalności i potencjał do szerszego zastosowania w analizie także obiektów infrastrukturalnych, takich jak nawierzchnie drogowe, obiekty mostowe czy elementy systemów transportowych, gdzie zagadnienia recyklingu materiałów, trwałości i ponownego wykorzystania komponentów mają kluczowe znaczenie.

Zasadniczo współczesny sektor gospodarczy, w tym ujęciu szeroko rozumiany obejmujący przemysł, transport, branżę budowlaną, itd., stoi przed wyzwaniem związanym z dekarbonizacją, racjonalnym gospodarowaniem zasobami oraz wydłużaniem cyklu życia obiektów technicznych. Kierunki rozwoju obiektów technicznych z sektora transportu i budownictwa kształtowane są głównie w aktach prawnych Unii Europejskiej, w szczególności Europejski Zielony Ład², Plan działania dotyczący gospodarki o obiegu zamkniętym (CEAP³), Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r.⁴, ramy Level(s)⁵, które promują efektywność zasobową, trwałość oraz ponowne wykorzystanie materiałów i przejście z gospodarki linearnej na cyrkularną w projektowaniu, eksploatacji i ocenie obiektów oraz systemów transportowych. Działania podejmowane w tym kierunku są złożone i dotyczą wielu obszarów funkcjonowania obiektów i systemów, m.in efektywności energetycznej i materiałowej, możliwości ponownego wykorzystania komponentów, ograniczenia oddziaływania środowiskowego rozpatrywanych nie tylko podczas projektowania, ale na każdym z etapów cyklu życia do momentu likwidacji. W tym kontekście podjęty w rozprawie problem naukowy jest jak najbardziej aktualny.

Istotność podjętego problemu dla rozwoju dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport ujawnia się zarówno w wymiarze naukowym, poznawczym, jak i aplikacyjnym. Z punktu widzenia naukowego dostarcza nowej wiedzy i narzędzi istotnych dla rozwoju metod oceny zgodności obiektów technicznych z wymaganiami gospodarki obiegu zamkniętego. Szczęólnego znaczenia nabiera tu, w mojej ocenie udana próba, operacjonalizacji pojęcia cyrkularności poprzez nadanie mu wymiaru ilościowego, co koresponduje z rozwojem metod oceny efektywności energetyczno-środowiskowej oraz modelowania procesów eksploatacji, utrzymania i zagospodarowania użytkowego obiektów infrastrukturalnych oraz systemów transportowych. Należy tutaj podkreślić, że **Doktorantka podjęła się zadania trudnego i wielowymiarowego, wymagającego szerokiej wiedzy nie tylko z zakresu dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport, ale i dyscyplin pokrewnych.** Znaczenie i potrzeba rozwoju metod oceny

² https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

³ https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy-topics/first-circular-economy-action-plan_en

⁴ Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r. ustanawiające zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylające dyrektywę Rady 89/106/EWG

⁵ Komisja Europejska, Dyrekcja Generalna ds. Środowiska, Ramy Level(s), Jakie korzyści oferują w kontekście renowacji budynków?, Urząd Publikacji Unii Europejskiej, 2023, <https://data.europa.eu/doi/10.2779/200519>

obiektów budowlanych z perspektywy gospodarki o obiegu zamkniętym wynikają przede wszystkim z wysokiej materiałochłonności i energochłonności sektora budowlanego oraz transportowego, na co trafnie w rozprawie zwraca uwagę Doktorantka. Projektowanie, realizacja, utrzymanie i modernizacja infrastruktury, podobnie jak wytwarzanie i eksploatacja środków transportu, wiążą się z intensywnym wykorzystaniem surowców pierwotnych, dużymi nakładami energetycznymi oraz stosowaniem materiałów o ograniczonej podatności na recykling (szczególności kompozytów, materiałów wielowarstwowych). **W tym kontekście rozwój narzędzi służących ocenie cyrkularności obiektów technicznych należy uznać za w pełni uzasadniony zarówno z perspektywy racjonalizacji zużycia zasobów, jak i ograniczania presji środowiskowej.**

W wymiarze aplikacyjnym znaczenie podjętego do rozwiązania problemu naukowego wynika z możliwości wykorzystania zaproponowanej metodyki i modelu oceny cyrkularności (po modyfikacjach i adaptacjach) w projektowaniu, modernizacji i eksploatacji obiektów infrastrukturalnych i środków transportu. Może stanowić wsparcie w podejmowaniu decyzji dotyczących ograniczania zużycia surowców pierwotnych, zwiększania udziału materiałów wtórnych, poprawy trwałości obiektów oraz rozwoju rozwiązań sprzyjających naprawie i ponownemu wykorzystaniu komponentów, odpowiadając tym samym zarówno na potrzeby środowiskowe, jak i wymagania regulacyjne oraz ekonomiczne sektora budownictwa i transportu.

Przytoczone wcześniej ramy prawne gospodarki cyrkularnej tworzą pewnego rodzaju wytyczne dla rozwoju i oceny złożonych obiektów technicznych. Jak słusznie w rozprawie wskazuje Doktorantka, mimo szerokiej obecności zagadnień związanych z GOZ, nadal brakuje jednolitych, spójnych narzędzi umożliwiających ilościową ocenę cyrkularności w sposób pozwalający na ich bezpośrednie wykorzystanie w analizach inżynierskich. Istniejące wskaźniki i modele koncentrują się najczęściej na wybranych aspektach cyrkularności lub mają charakter fragmentaryczny, co utrudnia ich zastosowanie w kompleksowej ocenie obiektów, w szczególności w całym cyklu życia. W tym kontekście **w rozprawie podjęto skuteczną próbę wypełnienia luki pomiędzy istniejącymi wytycznymi koncepcyjnymi GOZ a ich implementacją, proponując zestaw mierzalnych wskaźników ilościowych wskazujących na zgodność obiektu z tymi wymaganiami, co należy uznać za działanie uzasadnione i potrzebne.** Oryginalna, w mojej opinii, jest opracowana metodyka oceny cyrkularności, w której proponuje się jej (cyrkularności) rozpatrywanie ilościowe w formie mierzalnych wskaźników zagregowanych w ramach jednolitego podejścia analitycznego integrującego różnorodne kryteria techniczne i materiałowe. Oryginalność rozwiązania problemu naukowego ma zatem wymiar metodyczny i aplikacyjny, choć nie tworzy przełomowego paradygmatu badawczego, lecz raczej porządkuje i integruje istniejące podejścia, adaptując je do potrzeb konkretnego obiektu badawczego – w tym przypadku jachtu.

Podsumowując, podjęty i rozwiązany w rozprawie doktorskiej problem naukowy należy uznać za:

- **istotny z punktu widzenia kierunków rozwoju metod oceny cyrkularności obiektów i systemów infrastrukturalnych i transportowych w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport,**
- **aktualny w kontekście współczesnych wyzwań stojących przed branżą sektora budownictwa i transportu w zakresie obniżania materiało- i energochłonności, i wdrażania koncepcji GOZ,**
- **oryginalny w wymiarze metodycznym, choć w ograniczonym stopniu przełomowy.**

Uważam, zatem że wymagania w przedmiotowym zakresie, zawarte w Art.187., pkt. 2. Ustawy zostały wypełnione.

4. Ocena merytoryczna

Pozytywne aspekty wyводу naukowego prezentowanego w rozprawie

W swoich rozważaniach mgr Agnieszka Szperling podjęła skuteczną próbę rozwiązania złożonego wielowymiarowego problemu transformacji kryteriów jakościowych oceny zgodności obiektów z GOZ na wskaźniki mierzalne umożliwiające ich zastosowanie w analizie i projektowaniu obiektów technicznych. Na wstępie Autorka jasno uzasadniła potrzebę realizacji badań i wybór obiektu analizy. Przegląd literatury

jest szeroki i stanowi punkt wyjścia dla opracowania modelu – zwrócono tam uwagę m.in. na niejednoznaczność pojęcia cyrkularności, fragmentaryczność opracowań dotyczących modeli cyrkularności w sektorze transportu i zidentyfikowano lukę badawczą. Na uwagę zasługuje fakt, że część literaturowa została zbudowana w taki sposób, że stanowi tło i uzasadnienie dla budowy modelu cyrkularności. Już na tym etapie widoczna jest zatem znajomość problematyki, szeroka wiedza i świadomość metodologiczna Autorki.

W dalszej części Doktorantka jasno sformułowała cel pracy, polegający na opracowaniu modelu oceny cyrkularności na potrzeby analizy zgodności jednostek pływających z założeniami GOZ oraz zadania szczegółowe, które w mojej ocenie z powodzeniem zrealizowała. W części zasadniczej przedstawiła założenia modelu, jego strukturę oraz weryfikację na przykładzie jachtu. I tutaj moim zdaniem na uwagę zasługuje spójność i konsekwencja metodyczna rozwiązania problemu naukowego. Autorka tworzenie modelu rozpoczęła od zdefiniowania pojęcia cyrkularności jako pewnej cechy emergentnej określającej potencjał obiektu do pozostawania w użytkowaniu, wynikającej z relacji pomiędzy jego strukturą materiałową, funkcjonalnością, sposobem użytkowania oraz możliwościami dalszego przetwarzania po zakończeniu cyklu życia. Ma to charakter porządkujący i systematyzujący zagadnienie w sferze budownictwa i transportu.

Taki sposób sformułowania cyrkularności pozwolił na budowę modelu ilościowego, w oparciu o wybrane kryteria, możliwego do praktycznego wykorzystania. **Istotnym osiągnięciem w tym zakresie jest właśnie identyfikacja kryteriów i opracowanie wskaźników cząstkowych wchodzących w skład zagregowanego modelu. Zostały one wyselekcjonowane w sposób uporządkowany, reprezentatywny dla analizowanego obiektu** – jachtu, z uwzględnieniem specyfiki jego funkcjonowania, co jest jak najbardziej słuszne, jednak w pewien sposób niestety ogranicza uniwersalność modelu. **Za wartościowe należy uznać opracowane na potrzeby wyznaczenia wskaźników cząstkowych klasyfikacje materiałów stosowanych w budowie jednostek pływających pod względem uciążliwości środowiskowej, podatności recyklingowej i zdolności do utylizacji termicznej**, które mają potencjał do dalszego uogólnienia i zastosowania w ocenie innych obiektów. W rezultacie powstał zbiór kryteriów cyrkularności w postaci 11 mierzalnych wskaźników wyznaczanych na podstawie opracowanych klasyfikacji materiałowych i wartości parametrów fizycznych, takich jak np. masa komponentów. Zbiór ten jest trafny i adekwatny do przyjętego celu pracy, gdyż odzwierciedla najważniejsze mechanizmy determinujące poziom cyrkularności zgodnie z przyjętą definicją.

W następstwie zdefiniowanych kryteriów Doktorantka do oceny cyrkularności zaproponowała model zagregowany, ilościowy przyjmujący wartości z przedziału od 0 do 1 przy czym, wskaźnik osiągający wartości bliższe jedności lepiej spełnia wymagania GOZ. Z uwagi na odmienny charakter kryteriów (część z nich to minimy, część maksyminy) dokonano ich normalizacji i przypisano odpowiednie wagi wykorzystując system delficki bazujący na opinii eksperckiej, co jest dopuszczalne i zrozumiałe w przypadku braku danych rzeczywistych, jednak cechuje się pewną dozą subiektywności. **W wyniku sumowania powstał model właściwy wielokryterialny w postaci addytywnej sumy ważonej. Taka struktura modelu czyni go łatwym w zastosowaniach**, gdyż bazuje na danych powiązanych z właściwościami analizowanych obiektów i integruje różne aspekty wskazując wynik w postaci liczbowej co ułatwia porównania wielu wariantów różnych obiektów lub systemów i podejmowanie decyzji strategicznych dla ich rozwoju. Niestety tego rodzaju podejście ma pewne ograniczenia (o czym szerzej w dalszej części), których Doktorantka jest świadoma i pokrótce odnosi się do nich zarówno w dyskusji jak i wnioskach końcowych, co świadczy o jej dojrzałości w prowadzeniu prac naukowych i krytycznym podejściu do stosowanych metod badawczych.

Potencjał aplikacyjny zaproponowanego modelu Doktorantka wykazała, w rozdziale dotyczącym weryfikacji modelu cyrkularności, na wybranym przykładzie reprezentatywnym dla wybranej kategorii jednostek pływających – Jachtu 2020 w wersji Regular. Jasno sprecyzowano tutaj kryteria wyboru jednostki reprezentatywnej oraz wyznaczono wartości wskaźników cząstkowych i wskaźnika zagregowanego cyrkularności obiektu, wskazując na elementy konieczne do poprawy w zakresie zwiększania jego zgodności z GOZ w świetle zidentyfikowanych niedostatków. Analiza ta wskazuje

jednoznacznie na możliwości praktycznego zastosowania modelu i jego skuteczności do wskazywania obszarów wymagających doskonalenia w zakresie spełniania GOZ.

Uwagi i kwestie dyskusyjne

Pomimo licznych zalet rozprawy oraz jej spójności i poprawności metodycznej, analiza jej treści prowadzi również do sformułowania pewnych uwag szczegółowych, dyskusyjnych, które – choć nie podważają zasadniczej wartości pracy – wskazują na obszary wymagające doprecyzowania, pogłębienia lub rozwinięcia. Uwagi te mają charakter konstruktywny i służą raczej skłonieniu do refleksji nad zaproponowanym rozwiązaniem, stanowiąc jednocześnie wskazówki dla jego dalszego rozwijania i doskonalenia.

1. Doktorantka w swoim wywodzie dokonała głębokiego przeglądu stanu wiedzy w zakresie GOZ i wskaźników stosowanych do oceny cyrkularności obiektów technicznych, jednak w mojej ocenie odbyło się to niestety kosztem opisu cyrkularności środków transportu. W odniesieniu do pozostałej części analizy literatury, zagadnienia GOZ dla środków transportu mogłyby być bardziej rozbudowane. Po analizie treści nasuwa się zatem pytanie: Czy w odniesieniu do środków transportu, a szczególnie jachtów nie stosuje się w ogóle zasad GOZ? Czy istnieją jakieś publikacje, badania relacjonujące stan spełniania wymagań cyrkularności morskich środków transportu lub działań podejmowanych w zakresie ich spełnienia? Rozumiem, że Doktorantka bardziej skupiła się na podkreśleniu w opisie, że nie opracowano wskaźników cyrkularności dla jachtów lub morskich środków transportu, ale w ramach wprowadzenia warto byłoby opisać, jak wygląda obecny stan GOZ w tym sektorze.
2. Jak wcześniej już wskazano, model zaproponowany przez Doktorantkę ma pewne ograniczenia, na które częściowo zwrócono uwagę w rozprawie. Przyjęcie systemu wagowego oraz oceny eksperckiej do wyznaczenia wartości wskaźników oczywiście jest poprawne i uzasadnione złożonością zagadnienia, ale niestety ma charakter subiektywny, który może powodować rozbieżności w ocenie różnych obiektów. Czy możliwe jest, jeżeli tak, to w jaki sposób, zobiektywizowanie przyjętych wag kryteriów we wskaźniku cyrkularności? Czy można przyjąć wagi uniwersalne dla wszystkich obiektów technicznych?
3. Z powyższym, wiążą się zagadnienia wrażliwości modelu na zmiany wag i wartości wskaźników. W pracy doktorantka określiła tylko wpływ wskaźników cząstkowych na wartość wskaźnika sumarycznego dla analizowanego przypadku. W efekcie trudno jednoznacznie określić, czy niewielkie zmiany założeń nie prowadzą do istotnych różnic w ocenie cyrkularności, co ma kluczowe znaczenie z punktu widzenia zastosowań praktycznych. W konsekwencji rodzą się pytania: Jaki wpływ na wartość wskaźnika mają wagi przypisane poszczególnym kryteriom i jaki wpływ na wartość wskaźnika cyrkularności mają wskaźniki cząstkowe? Czy przeprowadzono analizę wrażliwości i zidentyfikowano wskaźniki, które mają największy wpływ na zmienność modelu, jeżeli tak, to które wskaźniki dominują?
4. Dla części zaproponowanych wskaźników, np. wskaźnika potencjału do ponownego użycia komponentów jachtu, wskaźnika naprawialności jachtu, potencjału do realizacji regeneracji jachtu, potencjału do pełnienia innych funkcji po przywróceniu sprawności użytkowej, ich składowe są trudne do jednoznacznego pomiaru i ustalenia wartości ilościowej, co może wpływać na powtarzalność wyników. Po analizie nasuwają się pytania, np. jak jednoznacznie stwierdzić, że dany element będzie się nadawał do ponownego wykorzystania? Jak określić jednoznacznie czas o jaki czas wydłuży się trwałość poprzez naprawy lub regenerację? Ile napraw można przeprowadzić? Jakie są realne szanse na wykorzystania elementów używanych? Jak określić kierunek i czas użytkowania jachtu lub jego komponentów w innych zastosowaniach? Czy w tym kontekście jest możliwe opracowanie innego podejścia niż system ekspercki, który byłby uniwersalny do wyznaczenia składowych wspomnianych wskaźników lub czy można określić jakieś kryteria kwalifikowalności do dalszego wykorzystania elementów?

5. Szerszego objaśnienia wymaga różnica pomiędzy wskaźnikiem naprawialności a wskaźnikiem potencjału do realizacji regeneracji. Czym różnią się te wskaźniki? W obu przypadkach bierze się bowiem pod uwagę wydłużenie czasu eksploatacji i wzrost trwałości w wyniku napraw.
6. W rozprawie miejscami brakuje uzasadnienia wyboru metod badawczych lub ich opisu, np. czym jest metoda delficka i czym się kierowano przy jej wyborze? Jak wyznaczono wartości oddziaływań środowiskowych, na podstawie których utworzono klasyfikację uciążliwości środowiskowej? Czy uwzględniono pochodzenie materiałów (region produkcji) i czas produkcji? Jak te wartości mogłyby wpłynąć na określone wartości uciążliwości środowiskowej materiałów?
7. Niewątpliwą zaletą proponowanego podejścia jest agregacja wskaźników cząstkowych do jednej wartości liczbowej w postaci wskaźnika cyrkularności. Niestety niesie to ryzyko uproszczeń i utraty informacji o wskaźnikach cząstkowych i pewnych nieściśłości w interpretacji. W tym kontekście zasadne jest pytanie, w jaki sposób Autorka proponuje interpretować wartości cząstkowe oraz czy możliwe jest określenie progów decyzyjnych pozwalających na klasyfikację poziomu cyrkularności? W jaki sposób unikać sytuacji, w której różne konfiguracje wartości wskaźników cząstkowych prowadzą do zbliżonego wyniku końcowego, mimo istotnych różnic w charakterystyce analizowanych obiektów?
8. Model został zweryfikowany na jednym przypadku (jacht). Czy jest to wystarczające dla potwierdzenia jego użyteczności?
9. Nie jest w pełni jasne, w jakim stopniu model można przenieść na inne branże. Jaki jest zatem zakres stosowalności modelu i koniecznych modyfikacji do jego zastosowań dla innych obiektów technicznych?
10. Na str. 117 Doktorantka wskazuje, że z perspektywy GOZ warto byłoby rozważyć pogrubienie ścian kadłuba. Jak to działanie wpłynęłoby na poprawę zgodności jachtu z GOZ, skoro z zasady pogrubienie ścian wiąże się ze zwiększeniem masy i ilości zużytego materiału?

Podsumowanie

Stwierdzam, że treść rozprawy potwierdza dojrzałość badawczą oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia badań przez świadome podejście do złożoności analizowanego problemu naukowego przez Doktorantkę. Autorka wykazała się umiejętnością integracji wiedzy z różnych obszarów, formułowania modeli oraz ich praktycznego zastosowania. Jednocześnie praca nie unika typowych dla tego rodzaju badań ograniczeń, związanych z koniecznością upraszczania rzeczywistości oraz przyjmowania założeń o charakterze eksperckim. Nie umniejsza to jednak jej wartości, lecz wskazuje na naturalne kierunki dalszych badań, które mogłyby obejmować rozszerzenie walidacji modelu, jego uogólnienie oraz zwiększenie stopnia obiektywizacji przyjmowanych parametrów.

W konsekwencji należy uznać, że przedstawiona rozprawa spełnia przesłankę zawartą w art. 187 Ustawy pkt 1, i stanowi wartościowy wkład do rozwoju metod oceny cyrkularności w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport, a zaproponowane rozwiązania – mimo swoich ograniczeń – posiadają potencjał dalszego rozwoju i zastosowania w praktyce.

5. Wnioski końcowe

Po wnikliwej analizie treści rozprawy doktorskiej mgr Agnieszki Szperling pt. *Model oceny cyrkularności i jego weryfikacja na przykładzie wybranego środka transportu* stwierdzam, że **przedstawiono w niej i rozwiązano oryginalny, aktualny oraz istotny problem naukowy** poprzez zaproponowanie metodyki oceny cyrkularności obiektu technicznego na przykładzie jachtu. Praca została przygotowana poprawnie zarówno pod względem edytorskim, jak i merytorycznym, choć nie bez drobnych zastrzeżeń wskazanych wcześniej, które jednak – ze względu na ich dyskusyjny charakter – nie wpływają negatywnie na jej całościową ocenę. **Przyjęty sposób rozwiązania problemu badawczego potwierdza, że Doktorantka dysponuje ogólną wiedzą teoretyczną w zakresie podjętej problematyki oraz posiada kompetencje niezbędne do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Rozprawa zawiera elementy oryginalne,**

wnoszące wkład w rozwój dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport. Do najważniejszych z nich zaliczyć należy opracowanie modelu oceny cyrkularności w postaci zintegrowanego, wielowymiarowego wskaźnika, zaproponowanie klasyfikacji materiałów ze względu na ich uciążliwość środowiskową, podatność recyklingową oraz podatność do utylizacji termicznej, a także sformułowanie wytycznych służących poprawie cyrkularności jachtów.

W świetle powyższego uznaję, że rozprawa doktorska spełnia wymagania Ustawodawcy zawarte i określone w obowiązującej ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce - wnioskuję o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Bydgoszcz, 04.05.2026 r.