

Kraków, 26.06.2023 r.

Dr hab. inż. Agnieszka Leśniak, prof. PK  
Politechnika Krakowska  
Wydział Inżynierii Lądowej  
Katedra Zarządzania w Budownictwie

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Anny Butor

pt. „*Analiza celowości zastosowania recyklingu materiałów stosowanych dla nowooproczowanych polimerowych podkładów kolejowych w oparciu o LCC*”

### 1. Podstawa opracowania recenzji

Podstawą formalną opracowania recenzji jest pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynierii Lądowej, Geodezja i Transport Politechniki Śląskiej, Pana dr. hab. inż. Marcina Stańka, prof. PŚ z dnia 02.06.2023 r.

### 2. Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska Pani mgr inż. Anny Butor pt. „*Analiza celowości zastosowania recyklingu materiałów stosowanych dla nowooproczowanych polimerowych podkładów kolejowych w oparciu o LCC*”. Pracę przygotowano pod kierunkiem Pana dr. hab. inż. Krzysztofa Labisza, prof. PŚ będącego promotorem. Opiekunem pomocniczym ze strony Przedsiębiorstwa był dr inż. Rafał Wachnik. Praca została napisana w celu rozwiązania konkretnego problemu praktycznego na potrzeby firmy DB Cargo Polska oraz spółki Infra Silesia S.A., której DB Cargo Polska jest 100% udziałowcem.

### 3. Ocena tytułu, układu i treści rozprawy

Rozprawa doktorska ma formę pisemną i w tym zakresie spełnia wymagania *Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* z późn. zm.

Rozprawa obejmuje 138 stron łącznie z wykazem skrótów i akronimów, streszczeniami w języku polskim i angielskim, spisem literatury, spisem rysunków i tabel.

Tytuł rozprawy sformułowano następująco: „*Analiza celowości zastosowania recyklingu materiałów stosowanych dla nowooproczowanych polimerowych podkładów kolejowych w oparciu o LCC*”. Po wnikliwym przestudiowaniu rozprawy wydaje się, że przeprowadzona analiza nie dotyczy wyłącznie celowości zastosowania recyklingu materiałów dla polimerowych podkładów, ale także celowości zastosowania tychże podkładów w budownictwie kolejowym. Uwypuklono również w tytule analizę LCC, choć nie jest ona jedyną i dominującą metodą badawczą w pracy.

Rozprawa została podzielona na 6 rozdziałów, które stanowią logiczny układ. Pierwszą część pracy – część literaturową stanowi zasadniczo rozdział 2. Część badawcza wraz z podsumowaniem stanowi nieco poniżej 60 % rozprawy. Proporcja obu części pracy jest akceptowalna. Uważam, że możliwe jest skrócenie tekstu rozprawy związanego z przeglądem literatury bez uszczerbku dla jej



wartości merytorycznej. Zauważano również niespójność numeracji, jeżeli brak jest numeracji dla części pracy zatytułowanej *Przedstawienie istoty zagadnienia*, która stanowi rodzaj wstępu, to konsekwentnie nie powinien być objęty numeracją fragment pracy zatytułowany *Wnioski*. Objętość poszczególnych rozdziałów jest różna np. Rozdział 1 zawiera 44 strony, podczas gdy rozdział 3 liczy 3 strony. Wydaje się, że strukturę pracy można było zaplanować tak, by poszczególne rozdziały były zbliżone objętością. Jako pewnego rodzaju niedociągnięcie pierwszej części pracy można uznać brak przedstawienia zakresu pracy.

Rozdział 1 zatytułowano *Analiza stanu wiedzy dotycząca przedmiotu badań*. W szczególności opisano w nim stan wiedzy dotyczący zasadności stosowania podkładów kolejowych w 4 aspektach: technologicznym, ekonomicznym, środowiskowym i prawnym. W zakresie podrozdziału 1.1. zaprezentowano podstawową wiedzę dotyczącą podkładów kolejowych i ich rodzajów. Przytaczane podstawowe definicje, wymieniane rodzaje podkładów, ich trwałość, graniczne czasy użytkowania, ich wady i zalety itd. w większości nie posiadają odwołań do literatury. W tym fragmencie pracy Doktorantka skupiła się na podawaniu źródeł literaturowych głównie pod rysunkami, pomijając często odwołania w zasadniczym tekście pracy. Podjęta w tym rozdziale próba odnalezienia i wskazania innowacyjnych podkładów kolejowych stosowanych na rynkach światowych, a także na różnych kontynentach podkładów kolejowych jest cenna. Często podawane są nazwy własne producentów podkładów, ale szkoda, że opisy nie są poparte stosownymi odwołaniami do literatury. Doktorantka nie przyjęła jednolitych zasad prezentacji poszczególnych opisywanych rozwiązań. Dla przykładu: podkłady firmy Sicut przedstawiono szeroko prezentując obszernie opisy, rysunki, a także podając ich wady i zalety, podczas gdy podkłady Pioner GmbH opisano jednym, bardzo oszczędnym zdaniem.

Podrozdział dotyczący aspektów ekonomicznych rozpoczyna się od funkcjonujących w literaturze definicji LCC. Warto byłoby wskazać tę definicję, na której Doktorantka opierać będzie swoje dalsze rozważania. Następnie zaprezentowane zostały metody stosowane do kalkulacji kosztów cyklu życia inwestycji. Ten fragment jest w pełni uzasadniony i właściwy, bowiem z jednej z metod Doktorantka korzysta w części badawczej. Szkoda, że zabrakło wskazania źródeł podanych wzorów dla dwóch opisywanych w pracy metod. Znajdująca się w tym rozdziale Tabela 4, która prezentuje koszty cyklu życia produktu z perspektywy producenta, mogła zostać pominięta. Być może stosowny komentarz wyjaśniłoby zasadność jej przytoczenia.

Aspekty środowiskowe zostały opisane za pomocą definicji bezpieczeństwa ekologicznego i pojęcia zrównoważonego rozwoju, co wydaje się właściwe. Nie zabrakło także w tym rozdziale odniesienia do zagadnienia recyklingu, co jak najbardziej jest zgodne z tytułem pracy. Doktorantka zwraca uwagę na kosztowne technologie utylizacji drewna nasączonego kreozotem i negatywny wpływ na środowisko wynikający z pozyskania surowców do produkcji betonu w przypadku podkładów betonowych. Podkłady polimerowe, w szczególności polietylenowe, prezentowane są w aspekcie środowiskowym jako rozwiązanie umożliwiające wykorzystanie recyklingu i przejście do gospodarki o obiegu zamkniętym.

Szeroko omówione zostały w kolejnym podrozdziale aspekty prawne. W pierwszej kolejności Doktorantka określiła charakter prawny podkładu polimerowego wskazując jego zakwalifikowanie jako wyrób budowlany zgodnie z Rozporządzeniem rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r. ustanawiającego zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych. Dalsze formalnoprawne warunki użycia podkładów polimerowych na liniach kolejowych oraz bocznicach oparła na powyższym założeniu. Kolejno dokonała analizy możliwości wprowadzenia do obrotu oraz dopuszczenia do eksploatacji podkładów polimerowych jako wyrobu budowlanego w oparciu o obowiązujące przepisy. Autorka wykazała, że należy rozróżnić dwa przypadki zabudowy podkładów polimerowych, zależnie od rodzaju infrastruktury, na której mają zostać wbudowane. W efekcie, zaproponowała ścieżkę prawną wdrożenia innowacyjnych podkładów polimerowych dla rozważanego zarządcy infrastruktury kolejowej.



Rozdział 2 obejmuje prezentację przyjętych założeń badawczych. W tym rozdziale Doktorantka wyjaśniła co jest przedmiotem i jakie są cele poszczególnych etapów badań. Tutaj też zdefiniowane zostały teza i cel pracy, które zostały ocenione w oddzielnym punkcie recenzji.

W rozdziale 3 omówiono metodykę badań dotyczących wyłącznie aspektów technologicznych, a w szczególności metod laboratoryjnych. W pierwszej kolejności opisano sposób i wyjaśniono miejsca pobrania próbek dla analizowanych podkładów polimerowych. Zilustrowano to także właściwymi i czytelnymi rysunkami. Kolejno wyjaśniono jakie parametry zostaną zbadane. Należą do nich: temperatura ugięcia pod obciążaniem HDT, wytrzymałość na ściskanie, wytrzymałość na zginanie, badania pod kątem zamiennych warunków atmosferycznych w komorze klimatycznej, badania DSC i DMA, test palności. Rozdział 3 jest stosunkowo krótki i być może jego wyodrębnianie nie było konieczne, a przedstawione w nim treści mogły stanowić podrozdział kolejnego rozdziału.

Rozdział 4 został zatytułowany: *Opis przeprowadzonych testów badawczych* co sugeruje, że dotyczy on badań laboratoryjnych. Tymczasem opisano tu także zakres prowadzonych analiz ekonomicznych (metoda LCC), analiz środowiskowych i prawnych, które nie należy nazywać testami. Wydaje się, że właściwszym tytułem byłby krótszy i ogólniejszy tytuł: *Opis przeprowadzonych badań*. Uwaga ta, ma raczej charakter edytorsko-porządkujący i nie umniejsza w żaden sposób wagi przedstawionych w tym rozdziale treści.

W przypadku prezentacji badań laboratoryjnych należy podkreślić konsekwencję w ich prezentacji. Poszczególne elementy takie jako opis teoretyczny danego badania, parametry, sprzęt laboratoryjny i obserwacje uporządkowały treści poszczególnych podrozdziałów, a rysunki i zdjęcia zapewniły czytelność i dobry odbiór. Zastanawia mnie, dlaczego tak wartościowy element podrozdziału jak: *Obserwacje*, zastosowano tylko dla wybranych badań. Można zauważyć, że przeprowadzając badania laboratoryjne Doktorantka kierowała się zasadą dobrej praktyki laboratoryjnej, ograniczając liczebność próby w poszczególnych rodzajach badań normową minimalną liczebnością próby. W przypadku badań naukowych zaleca się liczebność próby w każdym badaniu co najmniej 6 próbek dla każdego typu badań/czy elementu. Badania zostały przeprowadzone dla ograniczonej statystycznie pod względem liczebności próby, jednak w celu generalizacji wyprowadzonych wniosków potrzebna jest dużo większa baza danych, a więc wymaga to także większego rozpoznania.

Analiza LCC prezentowana w tym rozdziale została szczegółowo wyjaśniona. Prowadzone obliczenia przedstawione w formie tabel i wykresów są czytelne i umożliwiają śledzenie prowadzonych obliczeń. Warto w tym miejscu podkreślić, że analiza LCC została przeprowadzona dla 4 rodzajów podkładów: drewnianych, betonowych, polietylowych i poliuretanowych na przestrzeni 150 lat. Przyjęty okres został wyjaśniony - stanowi bowiem najmniejszą wspólną wielokrotność dla przyjętych okresów wymian poszczególnych podkładów. Z punktu widzenia zasad prowadzenia analiz ekonomicznych jest to w mojej opinii właściwe. Dodatkowo analiza została poprowadzona w dwóch ujęciach: przy założeniu, że ponoszone wydatki stanowią jednorazowy koszt w momencie ich realizacji oraz przy założeniu, że koszt zakupu podkładów będzie uwzględniał amortyzację. Bardzo cennym opracowaniem w tym rozdziale jest podjęcie próby wyliczenia LCC dla rzeczywistych przypadków wymiany tradycyjnych podkładów kolejowych na polimerowe.

Analiza środowiskowa zawiera w większości treści teoretyczne i odwołuje się do zasadności stosowania podkładów polimerowych zamiast tradycyjnych z uwagi na zmniejszenie ilości odpadów poprzez recykling odpadów polimerowych. Szkoda, że Autorka nie podjęła próby wzbogacenia analiz o aspekty środowiskowe wykorzystując np. technikę LCA (ang. Life Cycle Assessment) czy próbę wyliczenia śladu węglowego.

Zamieszczona w tym rozdziale pracy analiza prawna jest wartościowa z uwagi na rozpatrywany rzeczywisty przykład wdrożenia podkładów polimerowych. Doktorantka wytyczyła i opisała prawne ścieżki stosowania podkładów polimerowych dla wybranego zarządcy infrastruktury kolejowej w odniesieniu do konkretnych odcinków linii kolejowych.



Rozdział 5 prezentuje wyniki przeprowadzonych badań własnych. W przypadku badań laboratoryjnych wykresy, tabele, zdjęcia są jak najbardziej właściwie i wzbogacają prezentowane treści. Doktorantka większość prezentowanych badań wspomaga komentarzem i interpretuje wyniki. Wyniki przeprowadzonych analiz LCC i aspektów prawnych zostały podsumowane.

Zamieszczony wykaz literatury zawiera 78 pozycji, w tym 19 źródeł internetowych. Wśród cytowanej literatury odnaleźć można zarówno publikacje polskich, jak i zagranicznych autorów. W spisie literaturze nie odnaleziono prac Doktorantki.

Podsumowując tę część recenzji, poza wskazanymi wcześniej uwagami, tytuł, układ i treść rozprawy oceniam pozytywnie. Struktura pracy jest przemyślana w podziale na część literaturową i badawczą. Podział pracy na rozdziały i podrozdziały z punktu widzenia tematu i celu pracy jest akceptowalny a ich kolejność poprawna.

#### **4. Ocena merytoryczna pracy**

##### **4.1 Ocena doboru tematu rozprawy**

Problematyka pracy należy do zagadnień mieszczących się w obszarze realizacji i utrzymania obiektów budowlanych (w rozważanym przypadku linii kolejowych), w szczególności dotyczy możliwości zastosowania innowacyjnych podkładów polimerowych w Polsce. Praca ma charakter wdrożeniowy.

Stosowane obecnie rozwiązania w zakresie podkładów kolejowych w Polsce, ich negatywny wpływ na środowisko, szczególnie w procesie utylizacji, koszty produkcji i demontażu tradycyjnych rozwiązań nawierzchni podsypkowych sprawiają, że poszukiwane są innowacyjne materiały do produkcji podkładów mogące zapewnić właściwą pracę elementów konstrukcyjnych nawierzchni przy jednoczesnym zapewnieniu bezpieczeństwa ekologicznego i efektywności ekonomicznej.

W recenzowanej rozprawie Doktorantka podjęła wysiłek badawczy, polegający na ocenie możliwości zastosowania podkładów polimerowych w czterech zdefiniowanych aspektach: technologicznym, ekonomicznym, środowiskowym i prawnym. Rozważany w rozprawie problem mieści się w przedmiocie badań w ramach dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport.

Uzyskane rezultaty poszerzają wiedzę dotyczącą podkładów kolejowych możliwych do stosowania w warunkach polskich, dostarczają miarodajne wyniki badań laboratoryjnych podkładów polimerowych wykonanych z polietylenu i poliuretanu, wskazują koszty cyklu życia (LCC) dla czterech podkładów kolejowych w tym tradycyjnych: drewnianych i betonowych oraz innowacyjnych: polietylowych i poliuretanowych, ukazują wpływ recyklingu polietylenu na koszty zakupu podkładów kolejowych, nakreślą ścieżkę prawną wdrożenia innowacyjnych podkładów polimerowych dla rozważanego zarządcy infrastruktury kolejowej, a w efekcie potwierdzają zasadność stosowania polietylowych podkładów w branży kolejowej w Polsce z uwagi na aspekty środowiskowo-ekonomiczne wynikające m.in. z możliwości zastosowania recyklingu i właściwości mechanicznych analizowanego podkładu.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że podjęty w pracy doktorskiej temat jest aktualny i ważny. Wybór problematyki z obszaru innowacyjnych rozwiązań elementów konstrukcyjnych nawierzchni kolejowych jakimi są podkłady jest trafny zarówno z naukowego, jak i praktycznego punktu widzenia. Doktorantka wskazała zagadnienie, które nie zostało jeszcze do końca zbadane, zaproponowała autorskie podejście polegające na wielowątkowej ocenie wybranych podkładów polimerowych, w obszarze czterech zidentyfikowanych aspektów, w celu potwierdzenia zasadności ich wdrożenia i zastosowania w Polsce.



## 4.2 Ocena celu i tezy rozprawy.

Doktorantka sformułowała następująco cel i tezę rozprawy:

„*Celem pracy jest zbadanie możliwości zastosowania podkładów polimerowych w branży kolejowej w Polsce.*”

Teza pracy brzmi: „*Zasadnym jest stosowanie materiału polimerowego wykonanego z polietylenu do produkcji podkładów kolejowych z wykorzystaniem recyklingu, w odróżnieniu do materiału polimerowego wykonanego z poliuretanu*”

Cel pracy został poprawnie sformułowany i odpowiada treści rozprawy. Osiągnięcie celu wymagało od Doktorantki realizacji poniższych zadań:

- studium literatury pod kątem zastosowania podkładów kolejowych z materiałów polimerowych,
- analizy literatury prawa pod kątem wdrażania innowacji w branży kolejowej w Polsce,
- wieloaspektowe badania dwóch wybranych podkładów polimerowych,
- analizy pod kątem środowiskowym,
- analizy cyklu życia podkładów tradycyjnych i polimerowych.

Czytając tezę rozprawy można się spodziewać, że praca skupi się głównie na badaniach i ocenie różnic pomiędzy materiałami: polietylenem czy poliuretanem w odniesieniu do produkcji podkładów kolejowych. Tymczasem, zaproponowane badania i analizy odnoszą się do charakterystyk produktu wykonanego z tychże materiałów i prowadzone były w odniesieniu nie tyle do etapu produkcji produktu, ile do etapów budowania (montażu), użytkowania (pracy podkładu na linii kolejowej) i rozbiórki (tu demontażu i utylizacji) podkładów na liniach kolejowych. Można zatem przyjąć, że teza pracy, zmierza w kierunku dowiedzenia, że podkłady wyprodukowane z polietylenu z zastosowaniem recyklingu wykazują przewagę na tymi, produkowanymi z poliuretanu. Dlatego uważam, że teza pracy mogłaby być sformułowana precyzyjniej.

Założony cel rozprawy został osiągnięty. Doktorantka zbadała możliwości zastosowania podkładów polimerowych w branży kolejowej w Polsce. Co ważne, możliwości te zweryfikowała w 4 aspektach: technologicznym, ekonomicznym, środowiskowym i prawnym.

To co chciałabym podkreślić, to bardzo trafne sformułowanie przez Doktorantkę celów dla poszczególnych, założonych aspektów badań np. *Celem badań w aspektach ekonomicznych będzie porównanie LCC (dop. rec. kosztów cyklu życia)*. Szkoda, że nie zostały one wyeksponowane w pracy np. w postaci celów częściowych rozprawy.

Należy stwierdzić, że postawiona teza została udowodniona przeprowadzonymi przez Doktorantkę badaniami. Doktorantka wykazała, że zasadnym jest stosowanie materiału polimerowego wykonanego z polietylenu z wykorzystaniem recyklingu do produkcji podkładów kolejowych, w porównaniu do poliuretanu.

## 4.3 Ocena metody rozwiązania postawionego problemu

Realizacja celu i udowodnienie tezy wymagały od Autorki przeprowadzenia studiów literaturowych, wykazania się wiedzą z obszaru aktualnie stosowanych na świecie podkładów kolejowych, znajomością specyfiki realizacji robót budowlanych w budownictwie kolejowym, a także posiadaniem umiejętności posługiwania się metodami badawczymi i technikami laboratoryjnymi. Wybrane i zastosowane metody badawcze do rozwiązania postawionego problemu są trafne.

Zastosowana w recenzowanej rozprawie metodyka badań obejmowała następujące etapy:

1. Zdefiniowanie problemu badawczego.



2. Identyfikację czterech aspektów badawczych: technologicznego, ekonomicznego, środowiskowego i prawnego oraz przyjęcie właściwych dla nich metod badawczych.
3. Przeprowadzenie badań laboratoryjnych analizowanych podkładów polimerowych.
4. Wykonanie analizy LCC dla podkładów wyprodukowanych z czterech różnych materiałów.
5. Analiza prawnych regulacji dotyczących możliwości stosowania podkładów polimerowych wraz ze wskazaniem prawnej ścieżki wdrożenia produktu na wytypowanym odcinku linii kolejowej dla wybranego zarządcy infrastruktury kolejowej.
6. Zestawienie i interpretacja wyników prowadzonych badań.

Podsumowując ocenę merytoryczną rozprawy, stwierdzam, że mgr inż. Anna Butor sformułowała problem naukowy, a następnie przedstawiła jego oryginalne rozwiązanie. Za największe osiągnięcia Doktorantki uważam zdefiniowanie 4 obszarów oceny analizowanych podkładów, przeprowadzone badania laboratoryjne i wskazanie prawnej ścieżki wdrożenia produktu. Zasadność i możliwość zastosowania podkładów polimerowych w obszarze polskiej infrastruktury kolejowej poparte zostało przykładem dla rzeczywistych odcinków linii kolejowych wybranego zarządcy. Doktorantka opracowała autorską metodykę badań i konsekwentnie ją realizowała, by osiągnąć zdefiniowany cel pracy.

## 5. Uwagi krytyczne

Przy ogólnej pozytywnej ocenie rozprawy nasuwają się pewne uwagi o charakterze krytycznym. Mają one charakter dyskusyjny, nie obniżają walorów naukowych, warsztatowych i poznawczych zawartych w treści pracy, jednakże wymagają ustosunkowania się do nich Autorki rozprawy.

### 5.1 Uwagi dotyczące kwestii merytorycznych

1. W jaki sposób Doktorantka definiuje celowość zastosowania recyklingu, na podstawie jakiego parametru, wartości lub cech można określić, czy analizowane zagadnienie recyklingu w produkcji podkładów kolejowych jest celowe?
2. Zgodnie z PN-EN 1990:2004 Eurokod Podstawy projektowania konstrukcji, pkt. 2.3. orientacyjny projektowany okres użytkowania dla wymiennych części konstrukcji to od 10 do 25 lat. Zgodnie z [Kwiatkowska E.: Wpływ wibroizolacji podkładów strunobetonowych na pracę podtorza kolejowego, Praca doktorska, Raport serii PRE nr 8 /2015, Politechnika Wrocławska] trwałość podstawowych elementów konstrukcji nawierzchni kolejowej określana jest w funkcji przenoszonego obciążenia całkowitego np. dla podkładów strunobetonowych na prostej 500 Tg. Dlaczego więc w pracy przyjęto trwałość podkładów polimerowych na poziomie 50 lat?
3. Wyznaczając odchylenie standardowe dla mała liczebnej próby (przykład u Doktorantki  $n < 6$ ) zastosowano pierwiastek kwadratowy z momentu centralnego drugiego rzędu (wariancji). Czy nie właściwszym byłoby skorzystanie ze statystyk odpornych (np. metoda odporna Hubera) lub zastosowanie metod bazujących na rozstępie (zalecane np. normach ISO)?
4. Na rysunku nr 78, str. 112 pokazano destrukcyjne działanie temperatury na innowacyjny podkład poliuretanowy, które spowodowało rozwarstwienie jego struktury. Czy takie wyniki związane z odpornością badanych elementów na warunki środowiskowe uzyskane na podstawie badań w komorze klimatycznej, symulujące ok. 10 letni okres oddziaływań środowiskowych w warunkach polskich, pozwalają na spełnienie założenia dotyczącego 50 letniego okresu trwałości podkładów?



5. Na str. 111 w opisie badań w komorze klimatycznej próbki podkładu polietylowego zapisano zdanie: „*Stwierdzona została różnica w szerokości tworzywa polietylenowego względem pręta stalowego*” i zamieszczono tabelę z wynikami z pomiarów. Bardzo proszę Doktorantkę o uzupełnienie brakującego komentarza dotyczącego uzyskanych wyników.
6. Doktorantka wskazuje, że sposób budowy - technologii montażu podkładów z tworzyw sztucznych (w tym określone procesy technologiczne, montaż przytwierdzeń, złączek czy też samej zabudowy na podsypce tłuczniowej) jest podobny do zabudowy podkładów typowych (drewnianych/strunobetonowych), o czym świadczyć może przyjęty koszt montażu na poziomie 170zł (str. 90) . Na jakiej podstawie została dobrana pracochłonność tego typu prac w przypadku podkładów z tworzyw sztucznych. Czy koszt ten jest faktycznie jednakowy dla wszystkich rodzajów podkładów kolejowych, czy też jest to założenie/uproszczenie przyjęte przez Doktorantkę?
7. Doktorantka założyła koszty montażu podkładu kolejowego, jak i koszty wymiany podkładu na poziomie 170zł (str. 91 Tabela 6 i Tabela 7) definiując je jako koszty robocizny. Robocizna wyraża stawkę roboczogodziny [zł/r-g], a roboczogodzina jest to norma pracy ludzkiej dla założonego zakresu i ilości robót. Oznacza to, że koszty te nie powinny być jednakowe. W przypadku wymiany zakres robót zwiększa się o demontaż. Proszę Doktorantkę o komentarz.
8. W punkcie 1.2 rozprawy, znajdujemy wprowadzenie dotyczące cyklu życia produktu. Następnie opisana jest metodologia wyliczenia cyklu życia obiektu budowlanego. Bardzo proszę o krótkie uzasadnienie wyboru przyjętej metodologii LCC. Dlaczego przyjęto metodologię dla obiektu budowlanego, a nie dla produktu.
9. W rozprawie, w szczególności w podsumowaniu nie wskazano możliwych kierunków dalszych badań. Proszę o odpowiedź, czy Doktorantka dostrzega dalsze kierunki badań w obszarze podjętego tematu?

## 5.2 Uwagi dotyczące edycji pracy i poprawności językowej.

1. W pracy często brakuje stosownych odwołań do literatury. Szczególnie w rozdziale 1, w przypadkach podawania definicji, prezentacji podziałów, charakterystyk, czy stwierdzeń np.:
  - str. 14 - „*Droga szynowa, inaczej nazywana drogą kolejową to nawierzchnia kolejowa wraz z podtorzem, czyli budowlą geotechniczną wykonaną na gruncie rodzimym jako nasyp lub przekop wraz z urządzeniami odwadniającymi i zabezpieczającymi, na której ułożona jest nawierzchnia toru kolejowego.*”;
  - str. 14 - „*Podkłady kolejowe ze względu na sposób ich ułożenia w torze dzieli się na trzy rodzaje:...*”;
  - str. 18 - „*W Polsce przyjmuje się, że trwałość podkładów drewnianych wynosi: 18–21 lat dla podkładów z drewna miękkiego zaimpregnowanego...*” ;
  - str. 21 - *Według specjalistów trwałość podkładów betonowych określa się na 40–50 lat.*
 W wielu miejscach zastosowany sposób odwołania jest błędny - źródło wskazywane jest po zamiast przed kropką kończąca zdanie np. str. 31 - „*Produkowane podkłady mają następujące wymiary: długość 260 cm, szerokość 26 cm i różną grubość, tj. 10, 12 i 16 cm. [11]*”
2. Występują błędy w pisowni wyrazów: np. str. 26 - Australie zamiast Australię; str. 108 - delaminacje zamiast delaminację;
3. Występują powtórzenia: str. 23 - „*Do zalet zaliczamy tych podkładów zaliczamy:*”;
4. Odnaleźć można:

- niepoprawnie sformułowane zdania: np. str. 23 - „Do zalet podkładów stalowych należy: lub str. 30 - *Hybrydowe podkłady kolejowy sprawdza się ...*”;
  - niedokończone zdania np. str. 38 - „...*(np. utylizacja zużytych części, opłaty środowiskowe)*”;
  - niezrozumiałe zdania: str. 108 - „*Wilgoć przez kapilarne chłapięcej włókien szklanych penetrowała materiał o powodowała delaminacje*”;
5. Występują niewłaściwe sformułowania: np. str. 43 - *działalność budownicza* zamiast *działalność budowlana*;
  6. Niedociągnięcia w opisach i opracowaniu tabel. Np. brak numeracji i tytułu Tabeli - str. 111; nieczytelne opisy np. Tabela na str. 121; brak jednostek dla wielkości w tabeli np. Tabela 10 str. 93; brak konsekwencji w formatowaniu tabel - część z kolorowym tłem np.: Tabela 8 a inne bez tła np. Tabela 10;
  7. Jak wiadomo, bibliografia stanowi bardzo ważny, wręcz nieodłączny element tekstów naukowych. Jednak zamieszczony w pracy spis literatury jest niekonsekwentny, a nierzadko w opisach bibliograficznych pojawiają się błędy np. pozycja [36]; pozycja [39]; pozycje z brakującym opisem np. [53]; [77].

Wskazane usterki i niedoskonałości redakcyjne sprawiają wrażenie braku należytej korekty autorskiej przed wydrukowaniem pracy. Można mieć zastrzeżenia do stylu pisania i poziomu edycji opracowania.

## 6. Wniosek końcowy

Pomimo sformułowanych wcześniej uwag o charakterze krytycznym i wskazanych usterek opracowania, recenzowaną rozprawę oceniam pozytywnie z uwagi na wyszczególnione wartości naukowe i utylitarne, a w szczególności jej wdrożeniowy charakter.

Doktorantka zaproponowała autorskie podejście polegające na wielowątkowej ocenie wybranych podkładów polimerowych w obszarze czterech zidentyfikowanych aspektów, w celu potwierdzenia zasadności ich wdrożenia i zastosowania w Polsce.

Recenzowana rozprawa doktorska mgr. inż. Anny Butor:

- stanowi oryginalne rozwiązanie postawionego problemu naukowego, zawiera elementy nowości i wnosi wkład w rozwój dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport;
- prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Doktorantki w wymienionej dyscyplinie naukowej i wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez Doktorantkę z wykorzystaniem odpowiednich metod i technik badawczych.

W związku z powyższym uważam, że przedłożona przez Panią mgr inż. Annę Butor rozprawa pt. „*Analiza celowości zastosowania recyklingu materiałów stosowanych dla nowo opracowanych polimerowych podkładów kolejowych w oparciu o LCC*” spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim określone w *Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce*, i stawiam wniosek o przyjęcie rozprawy doktorskiej i dopuszczenie jej do publicznej obrony.

  
Agnieszka Leśniak