

# Recenzje spełnione wymogi formalne

dr hab. inż. Monika Andrych-Zalewska, prof. PWR  
Politechnika Wroclawska  
Wydział Mechaniczny

Wrocław, 06.11.2024 r.

Przewodniczący Rady Dyscypliny  
Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport  
Politechniki Śląskiej

**RECENZJA** dr hab. inż. Piotr Folega, prof. PŚ

## rozprawy doktorskiej „Modelowanie emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego do celów jej inwentaryzacji” autorstwa mgr inż. Katarzyny Bebkiewicz

Podstawą opracowania recenzji jest pismo dr. hab. inż. Piotra Folegi, prof. PŚ – Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Śląskiej, znak sprawy: RDILGT.0211.94.2024, uchwała 94/2024 z dnia 10.10.2024, do którego dołączono egzemplarz rozprawy doktorskiej wraz z umową i rachunkiem

### I. Informacje ogólne

Rozprawa doktorska mgr inż. Katarzyny Bebkiewicz pt. „Modelowanie emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego do celów jej inwentaryzacji” została wydana w Politechnice Śląskiej w 2024 r. Promotorem pracy jest prof. dr hab. inż. Zdzisław Chłopek, Promotorem pomocniczym dr hab. inż. Krystian Szczepański, prof. IOŚ-PIB.

Praca została wydana jako zwarte opracowanie formatu A4 na 132 stronach. Składa się z 8 rozdziałów oraz wykazu zastosowanej literatury.

Rozprawa poparta jest czytelnym wykazem stosowanych skrótów i oznaczeń, a także wykazem wykorzystanej i cytowanej literatury w liczbie 103 pozycje.

Zaproponowana tematyka rozprawy jest obszarem szczególnie ważnym dla rozwoju motoryzacji. Badanie emisji spalin jest niezwykle istotnym zagadnieniem, szeroko omawianym w literaturze naukowej i technicznej. Przede wszystkim emisja spalin ma bezpośredni wpływ na jakość powietrza oraz zdrowie publiczne. Wzrost emisji szkodliwych substancji, takich jak tlenki azotu ( $\text{NO}_x$ ), dwutlenek węgla ( $\text{CO}_2$ ) i pyły zawieszone (PM), przyczynia się do pogorszenia jakości powietrza, dlatego wiele badań koncentruje się na tym problemie. Badanie emisji spalin jest kluczowe w kontekście regulacji prawnych - wiele krajów wprowadza coraz surowsze normy dotyczące emisji. W rozprawie podjęty został aktualny i ważny z naukowego i praktycznego punktu widzenia problem oceny, na drodze modelowania, całkowitej emisji zanieczyszczeń powietrza wprowadzanych przez motoryzację do środowiska (inwentaryzacja emisji zanieczyszczeń powietrza). Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska odpowiada na potrzebę głębszej analizy i zrozumienia tego zagadnienia.

W pracy podjęto zagadnienie zbadania możliwości wykorzystania procedur stosowanych w oficjalnej inwentaryzacji emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego do badania modelu tej emisji ze względu na dane wejściowe i parametry modelu, charakteryzujące strukturę, intensywność i sposób użytkowania pojazdów drogowych. Przeprowadzone zostały badania krajowej emisji zanieczyszczeń dla lat 2000 – 2020 w warunkach ruchu pojazdów: w zatorach ulicznych, w miastach poza zatorami ulicznymi, poza miastami oraz na autostradach i drogach ekspresowych. Przeprowadzono również badania modelu emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego ze względu na parametry modelu, przede wszystkim ze względu na charakter ruchu pojazdów drogowych w warunkach specyficznych

Pewnym nowum podjętej tematyki w rozprawie są badania statystyczne pojazdów w warunkach semi-dynamicznych. W ustabilizowanych warunkach ruchu pojazdu (przy stałej prędkości jazdy) właściwości użytkowe samochodu są zdeterminowane stałymi wartościami procesów prędkości obrotowej i momentu obrotowego silnika. Myślę, że kolejnym krokiem w rozwoju Doktorantki będą zagadnienia związane z procesami dynamicznymi. -W związku z tym właściwości użytkowe silników i

– w konsekwencji – pojazdów są zależne od każdorazowej realizacji procesów prędkości obrotowej i momentu obrotowego silnika.

W ostatnim okresie można zaobserwować wzrost zainteresowania tą tematyką, głównie z uwagi na uregulowania prawne dotyczące poziomu emisji składników toksycznych spalin, które wymuszają kontrolę emisji w warunkach dynamicznych.

Podsumowując część wstępną recenzji należy podkreślić, że przyjęta tematyka rozprawy jest bardzo aktualna, a każde podjęte w tej tematyce działanie badawcze stanowi cenny wkład w rozwój nauki.

## **II. Ocena formalna rozprawy**

Rozprawa podzielona jest na 8 głównych rozdziałów.

Rozdział pierwszy stanowi wstęp. Zdefiniowano w nim pokrótce przedmiot rozprawy oraz przedstawiono przegląd literatury z zakresu podjętej tematyki.

W rozdziale drugim przedstawiono pojęcia występujące w inwentaryzacji emisji zanieczyszczeń z pojazdów drogowych. Wskazano m.in. możliwości podziału zanieczyszczeń, wskazując który z rodzajów będzie przedmiotem badań.

W rozdziale trzecim usystematyzowano cele modelowania emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego.

W rozdziale czwartym dokonano przeglądu modeli emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego. Rozdział podzielony jest na 11 podrozdziałów. W mojej opinii rozdział 4.1 nie wnosi istotnych treści i nie powinien być osobnym podrozdziałem. Podrozdziały 4.2 – 4.10 są krótkimi opisami istniejących modeli służących do badania emisji zanieczyszczeń środowiska. Informacje te mogłyby być zawarte jako jeden podrozdział (np. z uwzględnieniem 4.1). Podrozdział 4.11 stanowi podsumowanie przeglądu modeli emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego. Wskazano, że do celów inwentaryzacji emisji zanieczyszczeń powietrza najodpowiedniejszymi modelami są COPERT i HBEFA INFRAS, które są przeznaczone właśnie dla sektora transportu drogowego i mają najszerszy zakres analizowanych zanieczyszczeń powietrza.

Rozdział piąty zawiera opis problemu badawczego rozprawy. W rozdziale przedstawiono cel i tezę rozprawy oraz zadania badawcze, umożliwiające osiągnięcie celu i udowodnienie tezy.

Celem rozprawy jest wykorzystanie procedur stosowanych w oficjalnej inwentaryzacji emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego do badania modelu tej emisji ze względu na dane wejściowe i parametry modelu.

Na podstawie analizy rozpatrywanej problematyki sformułowano podstawową tezę rozprawy o następującej treści: Istnieje możliwość wykorzystania procedur stosowanych w oficjalnej inwentaryzacji emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego do badania modelu tej emisji ze względu na dane wejściowe i parametry modelu, charakteryzujące strukturę, intensywność i sposób użytkowania pojazdów drogowych.

Tezą dodatkową rozprawy jest sąd: Wartość średnia prędkości pojazdów jest skuteczną charakterystyką zerowymiarową prędkości do oceny właściwości ruchu pojazdów w zadaniu inwentaryzacji emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego.

Aby zrealizować cel rozprawy oraz udowodnić tezę pracy, sformułowano następujące zadania badawcze:

1. Usystematyzowanie problemów modelowania emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego.
2. Usystematyzowanie problemów identyfikacji modelu emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego.
3. Badania modelu emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego ze względu na wielkości wejściowe modelu w Polsce w latach 2000 – 2020:
  - licznosc pojazdów drogowych kategorii skumulowanych,

- intensywność użytkowania pojazdów drogowych kategorii skumulowanych.
- 4. Badania modelu emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego ze względu na parametry modelu.
  - 4.1. Modelowanie charakteru ruchu pojazdów drogowych.
  - 4.2. Badania wrażliwości modelu emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego na modelowe warunki ruchu pojazdów.

Rozdział szósty dotyczy usystematyzowania problemów modelowania emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego. W rozdziale tym wyróżniono:

- problemy struktury modelu emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego,
- usystematyzowanie problemów identyfikacji modelu emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego.

W rozdziale siódmym przedstawiono wyniki badań emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego ze względu na wielkości wejściowe i parametry modelu. W rozdziale zdefiniowano zakres badań modelu emisji zanieczyszczeń z pojazdów drogowych. Pierwsza część badań została przeprowadzona ze względu na lata bilansowania emisji zanieczyszczeń. W drugiej części badań przedstawiono wyniki ze względu na wielkości wejściowe modelu. Trzeci rodzaj badań był przeprowadzany ze względu na parametry modelu. W tym zakresie opisano zasady modelowania ruchu pojazdów drogowych. Następnie przeprowadzono badania wrażliwości modelu emisji zanieczyszczeń z samochodów osobowych na modelowe warunki ruchu pojazdów.

Rozdział ósmy stanowi podsumowanie rozprawy.

W zakończeniu pracy umieszczono spis cytowanego piśmiennictwa. Warto zauważyć, że w pozycjach literatury znajdują się liczne pozycje współautorstwa Doktorantki z ostatnich lat. Wskazuje to na aktualność tematyki badawczej oraz umiejętności Doktorantki z zakresu przedstawiania problemów i rozwiązań naukowych.

Stronę formalną rozprawy oceniam bardzo wysoko. Autor z godną podkreślenia skrupulatnością dba o ścisłość wyrażania myśli. W pracy jest konsekwentnie stosowane przemyślane nazewnictwo specjalistyczne, dotyczące różnych obszarów wiedzy w tym: mechaniki, transportu, budowy i eksploatacji maszyn, chemii oraz matematyki.

Nieliczne ważniejsze uwagi natury formalnej przedstawiono poniżej.

1. W całej pracy nie są stosowane akapity
2. Strona tytułowa „Mgr”, „Prof.” pisane z dużej litery
3. W rozdziale 1, adnotacja 1 stanowi, że „Definicje stosowanych pojęć są przedstawione w rozdziale piątym”, czy nie byłoby zasadne umieszczenie najważniejszych definicji wraz z wykazem oznaczeń, a nie dopiero w środkowej części pracy?
4. Cel i tezę rozprawy oraz zadania badawcze zdefiniowano dopiero w rozdziale piątym. Informacje te powinny się znaleźć w początkowej części pracy.

Przykładowe uchybienia formalne, na które zwróciłam uwagę, nie zmieniają faktu, że praca z formalnego punktu widzenia przygotowana jest prawidłowo. Nieliczne krytyczne uwagi dotyczące strony formalnej pracy nie mają wpływu na jej jakość merytoryczną.

### III. Ocena merytoryczna rozprawy

Opiniowaną pracę oceniam wysoko zarówno ze względu na aspekt, wynikających ze współczesnych potrzeb eksploatacji samochodowych silników spalinowych, jak i – przede wszystkim – ze względu na oryginalny sposób potraktowania rozpatrywanej tematyki. Zrealizowany proces badawczy należał do bardzo trudnych, jego realizacja wymagała wykonania skomplikowanych badań, co potwierdza umiejętność prowadzenia unikalnych eksperymentów badawczych przez Doktorantkę.

Przeprowadzone zostały badania krajowej emisji zanieczyszczeń dla lat 2000 – 2020 w warunkach ruchu pojazdów: w zatorach ulicznych, w miastach poza zatorami ulicznymi, poza



miastami oraz na autostradach i drogach ekspresowych. Badania te przeprowadzono ze względu na wielkość wejściowe takie jak liczność pojazdów drogowych kategorii skumulowanych oraz intensywność użytkowania pojazdów drogowych kategorii skumulowanych. Przeprowadzono również badania modelu emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego ze względu na parametry modelu, przede wszystkim ze względu na charakter ruchu pojazdów drogowych w warunkach specyficznych. Zbadano wrażliwość modelu emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego na modelowe warunki ruchu pojazdów. Struktura pojazdów drogowych była modelowana w postaci kategorii elementarnych i skumulowanych.

Pod względem merytorycznym i metodycznym oceniam pracę bardzo wysoko, ponieważ odpowiada postawionemu celowi, przyjętym zadaniom badawczym i jest dostosowana do obowiązujących w tym zakresie wymogów, co świadczy o wysokiej wiedzy teoretycznej Doktorantki.

Na szczególne wyróżnienie zasługują następujące elementy:

1. Dbłość o ścisłość wyrażania myśli. Precyzyjne stosowanie pojęć. Dyscyplina w formułowaniu myśli.
2. Usystematyzowanie pojęć stosowanych w inwentaryzacji emisji zanieczyszczeń z pojazdów drogowych.
3. Precyzyjne przygotowanie danych do inwentaryzacji emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego z wykorzystaniem informacji m.in. z GUS (Głównego Urzędu Statystycznego) i z CEPiK (Centralną Ewidencję Kierowców i Pojazdów).
4. Krytyczny przegląd modeli emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego.
5. Sformułowanie oryginalnych: celu rozprawy, tez rozprawy i zadań badawczych rozprawy.
6. Przeprowadzenie oryginalnych badań emisji zanieczyszczeń z pojazdów drogowych ze względu na lata bilansowania. Są to bardzo obszerne badania. Dotyczą skumulowanych kategorii pojazdów drogowych: samochodów osobowych, lekkich samochodów ciężarowych, samochodów ciężarowych, autobusów miejskich, autobusów dalekobieżnych, motocykli i motorowerów oraz wszystkich pojazdów drogowych. Badania zostały przeprowadzone dla lat 2000 – 2020.
7. Przeprowadzenie oryginalnych badań emisji zanieczyszczeń z samochodów osobowych ze względu na modelowe warunki ruchu pojazdów. Badania modelu emisji zanieczyszczeń z samochodów osobowych ze względu na parametry modelu dotyczą oceny wrażliwości charakterystyk emisji zanieczyszczeń z samochodów na modelowe warunki ruchu pojazdów, scharakteryzowane prędkością średnią w modelowych warunkach ruchu. Badania przeprowadzono dla modelowych warunków ruchu samochodów osobowych: w miastach, poza miastami, na autostradach i drogach ekspresowych oraz we wszystkich warunkach ruchu.
8. Na szczególne podkreślenie zasługuje wprowadzenie do modeli ruchu pojazdów oprócz warunków wymienionych w punkcie 7 również model ruchu w zatorach ulicznych,
9. Sformułowanie oryginalnych wniosków na podstawie przeprowadzonych badań. Potwierdzenie udowodnienia tez badawczych: podstawowej i dodatkowej.
10. Sformułowanie dodatkowych kierunków badań, związanych z modelowaniem emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego.

Nieliczne uwagi krytyczne, niektóre o charakterze dyskusyjnym a także zapytania w sprawach nie do końca oczywistych przedstawiam poniżej:

1. Szkoda, że w pracy jest brak badań wrażliwości emisji zanieczyszczeń na warunki ruchu dla innych kategorii skumulowanych pojazdów oprócz samochodów osobowych. Z drugiej strony spowodowałoby to bardzo znaczne rozbudowanie pracy.
2. Brak w pracy jest rozpatrywania jako zerowymiarowej charakterystyki procesu prędkości pojazdu wartości średniej iloczynu prędkości i wartości bezwzględnej przyspieszenia, jak jest postulowane w pracach BUWAL. Trzeba jednak przyznać, że brak jest danych empirycznych do wyznaczenia takich charakterystyk. Jednak w przyszłości byłoby celowe przeprowadzenia takich badań empirycznych,

które umożliwiłyby wyznaczenie charakterystyk emisji zanieczyszczeń jednowymiarowych: od prędkości średniej i od wartości średniej iloczynu prędkości i wartości bezwzględnej przyspieszenia, a także dwuwymiarowych od prędkości średniej i od wartości średniej iloczynu prędkości i wartości bezwzględnej przyspieszenia.

#### IV. Podsumowanie

Przedstawiona do recenzji rozprawa dotyczy zagadnień bardzo aktualnych związanych z ochroną środowiska wobec gwałtownie zwiększającej się liczby eksploatowanych pojazdów. Tematykę rozprawy uznaję za w pełni uzasadnioną.

Doktorantka zaproponowała i zrealizowała rozbudowany program badań, którego wyniki zostały przedstawione w sposób czytelny i niebudzący zastrzeżeń. Dysertacja stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, swą treścią dobrze nawiązuje do aktualnej wiedzy i praktyki, a miejscami ją wzbogaca.

Powyższe wskazuje, że przedstawiona do recenzji praca prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Doktorantki oraz umiejętność samodzielnego formułowania oryginalnych problemów naukowych i prowadzenia unikalnych eksperymentów badawczych w obszarze transportu.

W podsumowaniu oceny rozprawy uważam, że **opiniowana praca w pełni odpowiada wymaganiom stawianym rozprawom doktorskim w myśl Ustawy z dnia 20 lipca 2018 – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2020 r., poz. 85 z późn. zm.)**, ze względu na wysoki poziom merytoryczny oraz osiągnięcia użytkowe w zakresie rozpatrywanych problemów. Praca stanowi dobry przykład zastosowania nowoczesnych metod naukowych, zarówno teoretycznych, jak i – szczególnie – empirycznych, do rozwiązywania zadań dyscypliny naukowej „Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport”. Wnioskuje zatem o dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony.

Dodatkowo, ze względu na wysoki poziom merytoryczny, **wnioskuję o wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgr inż. Katarzyny Bebkiewicz** pt. „Modelowanie emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego do celów jej inwentaryzacji”.

Swój wniosek uzasadniam podjęciem przez Doktorantkę nowatorskiej tematyki, która jest zgodna z celami praktycznymi, mianowicie z inwentaryzacją emisji zanieczyszczeń. Doktorantka po raz pierwszy w Polsce wprowadziła do modeli ruchu pojazdów oprócz ruchu w miastach, poza miastami oraz na autostradach i drogach ekspresowych również model ruchu w zatorach ulicznych, co odgrywa coraz większą rolę w sytuacji intensyfikacji motoryzacji w warunkach polskich. Dotychczas w inwentaryzacji emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego dla zatorów ulicznych był zakładany taki sam charakter ruchu pojazdów jak w miastach poza zatorami ulicznymi. Doktorantkę charakteryzuje ścisłość wyrażania myśli, stosuje ona dobrze zdefiniowane pojęcia, co w tematyce, która jest przedmiotem rozprawy jest rzadkością w literaturze światowej. Ponadto praca charakteryzuje się starannością opracowania pod względem edytorskim.

Monika Andajch-Lalewska