

dr hab. inż. Janusz Władysław Bohatkiewicz, prof. ucz.
Politechnika Lubelska
Katedra Dróg i Mostów
ul. Nadbystrzycka 40
20-618 Lublin
email: j.bohatkiewicz@pollub.pl

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Maksymiliana MĄDZIELA pt. „Wpływ charakterystyki ruchu na rondach na emisję spalin”

Podstawą opracowania jest zlecenie Dziekana Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Lubelskiej, dr. hab. inż. Andrzeja Szaraty, prof. PK z dnia 18.09.2019 r.

Promotorem rozprawy jest prof. dr hab. inż. Kazimierz Lejda.

Promotorem pomocniczym jest dr inż. Artur Jaworski.

Opiniowana rozprawa podejmuje bardzo ważny problem oddziaływania skrzyżowań drogowych (w szczególności rond) na zanieczyszczenia powietrza. Zagadnienie to jest niezwykle ważne zwłaszcza obecnie w okresie, kiedy zanieczyszczenia powietrza stają się dla miast jednym z większych problemów. Jest to również niezwykle ważne zagadnienie społeczne z uwagi na toksyczne związki zawarte w spalinach pojazdów i ich wpływ na zdrowie człowieka. Niewielu badaczy zajmuje się tą tematyką w skali mikro – większość badań i analiz ma charakter makro. Jest to głównie spowodowane koniecznością posiadania odpowiedniej aparatury badawczej a przede wszystkim wiedzy i umiejętności interpretacji wyników badań oraz powiązania kilku zagadnień z kształtowaniem geometrii skrzyżowań włącznie. Pomimo dużego zakresu zagadnienia Autor stworzył narzędzie do oceny poziomu emisji zanieczyszczeń spalin dla różnych charakterystyk ruchu na rondach wykorzystując zarówno zaawansowaną aparaturę badawczą jak i modelowanie emisji zanieczyszczeń spalin. Wykonane badania i symulacje cechują się wysokim poziomem oryginalności i nowatorskim podejściem do rozwiązania problemu naukowego.

W recenzji skupiono się nad zagadnieniami, które dotyczą wiedzy i umiejętności Pana mgr. inż. Maksymiliana Mądziela w zakresie: wymaganej wiedzy teoretycznej w dyscyplinie inżynieria lądowa i transport, umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej i zawartości rozprawy doktorskiej, która powinna być oryginalnym rozwiązaniem problemu naukowego.

1. Charakterystyka i ocena poszczególnych części rozprawy

Recenzowana rozprawa liczy 156 stron maszynopisu i została podzielona na 7 rozdziałów oraz zawiera spis najważniejszych oznaczeń, 2 załączniki i spis literatury zawierający 184 pozycje. Ponadto praca zawiera streszczenie w języku polskim i angielskim.

Wydziału Inżynierii Lądowej

Wpłynęło dnia 18.11.2019

L. dz. 10.510.18.9.2019

podpis... Dawyda

Rozdział 1 zawiera wprowadzenie do rozprawy. Poza krótkim jednak bardzo istotnym opisem dotyczącym zagadnień zanieczyszczeń powietrza oraz jego wpływem na zdrowie człowieka Autor zawiera krótką genezę, uwarunkowania oraz przesłanki do podjęcia tematu. Ponadto w dalszej części zostały krótko zawartości poszczególnych rozdziałów.

Istotnym elementem współczesnych analiz i prognoz emisji zanieczyszczeń powietrza od pojazdów jest model, który powinien być oparty (zweryfikowany) na odpowiednich pomiarach. Model musi być odpowiednio czuły na zmiany sposobu jazdy pojazdu, zwłaszcza kiedy analizy dotyczą szczegółowych rozwiązań drogowych. Miejscami w których dochodzi do kumulacji zanieczyszczeń i niekorzystnych oddziaływań są skrzyżowania. Autor wybrał rondo jako obiekt swoich badań uzasadniając swój wybór specyfiką ruchu (przejazdu) pojazdów przez rondo. Wybór ten z uwagi na bardzo powszechne wykorzystanie rond uważam za bardzo trafne.

Celem badań i rozprawy było stworzenie narzędzia, które umożliwi oszacowanie emisji zanieczyszczeń spalin z pojazdów podczas przejazdu przez rondo. Do oceny emisji zanieczyszczeń Autor wykorzystał: modele obliczeniowe emisji związków spalin (CO₂, NO_x, THC, CO, PM10) oraz pomiary ruchu oraz warunków ruchu (długości kolejek) na wlotach i na jezdni ronda.

Autor we wprowadzeniu w sposób bardzo czytelny przedstawił uwarunkowania i przesłanki podjęcia pracy oraz wskazał cel jakim jest stworzenie narzędzia służącego oszacowaniu emisji zanieczyszczeń spalinami dla rond.

W **rozdziale 2** Autor dokonał wnikliwego przeglądu literatury krajowej i zagranicznej dotyczącego zakresu rozprawy. W przeglądzie można zauważyć bardzo dobrze przemyślany wyraźny podział, który dotyczy samych rond, modelowania emisji zanieczyszczeń spalin z pojazdów oraz dotychczasowych badań emisji zanieczyszczeń spali dla rond. Szczegółowy opis rodzajów i geometrii rond oraz charakterystyki ruchu i zachowań kierowców stanowi bardzo dobry wstęp do dalszych części rozprawy. Na uwagę zasługuje dodatkowo szeroko potraktowana analiza literatury, która poza cechami charakterystycznymi rond zawiera także *Wytyczne projektowania skrzyżowań drogowych*.

Część dotycząca zanieczyszczeń spalin z pojazdów samochodowych to bardzo dobry przegląd modeli emisji makro, mezo i mikro. Autor charakteryzuje każdą z grup podając niezwykle ważne informacje o możliwościach ich zastosowania oraz niezbędnych danych, wynikach itd. Niewielki niedosyt może budzić opis modelu makro COPERT, który od 2008 r. był zalecony do stosowania w opracowaniach środowiskowych dla odcinków dróg krajowych przez Generalną Dyрекcję Dróg Krajowych i Autostrad. Model ten został wówczas przetłumaczony, wyznaczono w nim niezbędne dane wejściowe oraz opracowano przykłady. Brak tego opisu nie ma jednak żadnego wpływu na wysoką wartość analizy i syntezy literatury. Ponadto modele makro są jedynie w rozprawie wprowadzone dla systematyki opisu zagadnień – rozprawa bowiem związana jest z modelami modelowania zanieczyszczeń spalin mikro. W przypadku analizy modeli mikro Autor nie uwzględnił pozycji, która związana jest z badaniami krajowymi (Merkisz J., Pielecha J., Fuć P. *Badania i analizy zużycia energii i emisji zanieczyszczeń przez pojazdy w sieci drogowej. Polska Akademia Nauk. Komitet Inżynierii Lądowej i Wodnej. Kraków, 2013*). Badania Prof. Jerzego Merkisza z zespołem wskazują na zależności pomiędzy

zanieczyszczeniami spalin a prędkością jazdy dla różnych relacji na skrzyżowaniach różnego typu a także przy przejeździe przez arterię i kilka skrzyżowań. Pomimo tych uwag uważam, że przegląd literatury został przygotowany bardzo solidnie i dał on dobre podstawy Autorowi do sformułowania celów pracy oraz stanowił dobrą podbudowę w przygotowaniu i realizacji badań. Zakończenie rozdziału wnioskami jest niezwykle cennym pomysłem porządkującym przegląd zagadnień z zakresu inżynierii ruchu i kształtowania rond oraz emisji zanieczyszczeń spalin zwłaszcza dla modeli mikro.

W **rozdziale 3** Autor sformułował cele pracy, tezę oraz zakres pracy. Głównym celem pracy jest skonstruowanie narzędzia umożliwiającego ocenę poziomu emisji zanieczyszczeń spalin dla charakterystyki ruchu pojazdów na rondach. Ponadto sformułowane zostały cele częściowe pracy. Z celu głównego i celów częściowych Autor wywodzi pojedynczą tezę pracy: *badania emisji gazów wlotowych pojazdów samochodowych w rzeczywistych warunkach eksploatacji oraz z wykorzystaniem opracowanych modeli symulacyjnych, umożliwiając ocenę wpływu charakterystyki ruchu pojazdów na rondach na emisję zanieczyszczeń w spalinach*. Cele pracy oraz teza są spójne i jasno przedstawione a podany zakres pracy wskazuje precyzyjnie na zadania do wykonania. Proponowane przez Autora pracy podejście ma podejście kompleksowe i wskazuje na szczegółową analizę podjętych zagadnień w rozprawie.

Rozdział 4 zawiera opisy, badania i wyniki modelowania emisji zanieczyszczeń spalin dla rond. Modelowanie to dotyczy przejazdu pojedynczych pojazdów przez wyznaczoną trasę w ramach, której zlokalizowane były ronda. W badaniach uwzględniono 9 pojazdów, które spełniają normy EURO 2- EURO 6. Przejazd przez wyznaczoną trasę obejmował 5 rond dwupasowych w tym jedno turbinowe. Na uwagę zasługuje szczegółowy dobór pojazdów oparty na statystycznych danych obejmujących liczbę pojazdów spełniających poszczególne normy emisji spalin EURO dla roku 2020. Ciekawa konfiguracji przyjętej trasy wykracza nawet częściowo poza założenia rozprawy, ponieważ poza rondami zawiera także odcinki w ruchu miejskim i pozamiejskim a w tym również autostradowym. Autor w ten sposób nie ogranicza badań w przypadku analiz emisji zanieczyszczeń spalin jedynie do rond co stanowi bardzo oryginalny i wysoko oceniany przeze mnie poznawczy element pracy. Wynik i porównanie w tym zakresie uważam za ważne osiągnięcie pracy, które ma wpływ na praktyczne analizy i wykonywane opracowania środowiskowe w procesie inwestycyjnym dotyczącym planowania i projektowania dróg.

Trudnym zadaniem okazała się interpretacja wyników przejazdów pojedynczych pojazdów. W bardzo dobrze wykonanej analizie wyników badań a także pogłębienia niektórych analiz w celu wyjaśnienia zachodzących zjawisk (np. emisja THC dla ciepłego oraz zimnego stanu cieplnego silnika) Autor nie wprowadza szerszych rozważań co może mieć wpływ na duże rozbieżności pomiędzy wynikami uzyskanymi z systemu PEMS oraz obliczeniami modelem VERSIT+. Przykładowo różnice dla NO_x , które sięgają ponad kilkaset procent (tabela 4.5) można byłoby próbować szerszej wyjaśnić dzięki analizom (w tym statystycznym), które wskazywałyby dla wszystkich pojazdów oraz przejazdów pełny obraz rozrzutu wyników. Być może, że dzięki takiej analizie konieczne byłoby odrzucenie niektórych wyników.

Kolejnym zadaniem opisanym w rozdziale 4 było stworzenie modeli emisji zanieczyszczeń

spalin z wykorzystaniem metod regresji. Dzięki badaniom 9 pojazdów emisji zanieczyszczeń spalin podczas podwójnego przejazdu Autor zgromadził wystarczającą bazę danych do analiz emisji. Do stworzenia modeli emisji Autor stworzył oryginalną metodę, w której użył metody agregowania modeli drzew regresyjnych w programie Matlab. Modele emisji zanieczyszczeń spalin zostały również uzupełnione przez dodatkowe składniki, które nie były możliwe do uzyskania w badaniach dzięki algorytmom modelu VERSIT+. Dzięki takiemu podejściu Autor uzyskał wysokie wartości współczynników determinacji dla poszczególnych pojazdów co świadczy o dobrym dopasowaniu modeli do wyników badań rzeczywistych. Uzyskanie modelei zostały także prawidłowo poddane walidacji. Ostatecznie Autor stworzył aplikację RondoEM, która służy do obliczania emisji wybranych zanieczyszczeń spalin dla rond. Na uwagę zasługuje możliwość wprowadzania do aplikacji cykli jezdnych z programu VISSIM. W tej części pracy Autor wykazał się dużą i znaczącą wiedzą oraz umiejętnościami zarówno w zakresie prowadzenia badań, analizami statystycznymi oraz umiejętnościami algorytmizacji zagadnienia jak i tworzenia aplikacji, która wspomaga dalsze analizy na potrzeby rozprawy. W tej części pracy zabrakło jedynie nieco szerszego opisu możliwości stosowania stworzonej przez Autora aplikacji oraz jej podstawowych ograniczeń – w dalszej części rozprawy brak ten jest jednak rekompensowany opisami prowadzonych analiz. W tym fragmencie pracy zabrakło krótkiego odniesienia do innych kategorii pojazdów mających na pewno bardzo duży wpływ na emisję zanieczyszczeń spalin (głównie pojazdy ciężarowe) – w warunkach polskich przy dużym zróżnicowaniu wiekowym i stanu technicznego parku samochodowego prowadzenie badań emisji dla pojazdów wszystkich kategorii było praktycznie niemożliwe w jednej dysertacji.

Rozdział 5 opisujący modelowanie ruchu poza autorskim schematem w jaki sposób będzie wykonywane to modelowanie w głównej części poświęcony jest kalibracji modeli zanieczyszczeń spalin. Autor wykorzystał do tego celu wcześniej przygotowane oraz opisywane własne modele emisji zanieczyszczeń spalin (CO_2 , CO, THC) oraz model VERSIT+ (NO_x oraz PM_{10}) do badań symulacyjnych dla pojedynczego przypadku ronda dwupasowego oraz przypadku ronda turbinowego. Jako wzorzec Autor wykorzystał istniejące rondo dwupasowe zlokalizowane w Rzeszowie. Niewielkie wątpliwości może budzić modelowane przez Autora rondo turbinowe z uwagi na jego geometrię. Wykorzystanie tego samego ronda dwupasowego i wprowadzenie jedynie separatorów na fragmencie obwiedni nie zapewnia prawidłowego funkcjonowania takiego ronda. Dla potrzeb symulacji można jednak uznać przedstawiane rozwiązanie (rys. 5.9) za wystarczające. Zwrócić należy też uwagę na założenie o ograniczeniu modelowania do wyłącznie pojazdów osobowych i pominięciu 12% potoku pojazdów jaki stanowiły pojazdy dostawcze i ciężarowe. Zachodzi pytanie jak mogłyby się zmienić charakterystyki ruchu oraz emisje zanieczyszczeń spalin w sytuacji uwzględnienia tego ruchu. Oczywiście jest, że brak tego założenia bardzo mocno mogłoby skomplikować analizy i ograniczyć dalsze precyzyjne wnioskowanie. Dlatego uznano, że wprowadzenie tego założenia za prawidłowe. Na dużą uwagę zasługuje bardzo szczegółowa i prawidłowo wykonana kalibracja parametrów ruchu, które mają decydujący wpływ na wiarygodność wyników uzyskiwanych z modelu. Dzięki takiemu podejściu Autor uzyskał niewielkie różnice pomiędzy wynikami pomiarów a wynikami z modelu.

W **rozdziale 7** Autor na podstawie analizy 4 scenariuszy ruchowych oraz dwóch geometrii ronda (dwupasowe i turbinowe) wykonał ocenę wpływu charakterystyki ruchu pojazdów na emisję zanieczyszczeń spalin. Rozdział ten ma charakter aplikacyjny i dobrze przedstawia możliwości zastosowania modeli zanieczyszczeń spalin w analizie rodzaju ronda przy różnych konfiguracjach danych ruchowych obejmujących poranny szczyt ruchu oraz okres wieczornego, swobodnego przepływu pojazdów. Autor w podsumowaniu na podstawie wyników analiz jednoznacznie wskazuje, że lepszym rozwiązaniem geometrycznym jest rondo turbinowe co jest bardzo ważnym wnioskiem również o charakterze praktycznym. Trudno jest jednak się w pełni zgodzić z Autorem, że jako pierwsze czynniki decydujące o emisji są wymieniane liczba zatrzymań, prędkość jazdy oraz przyspieszenie pojazdów – cyt. *„Emisja analizowanych szkodliwych składników spalin wiąże się z liczbą zatrzymań, prędkością jazdy oraz przyspieszeniem pojazdów.”* (str. 101). Należy zwrócić bowiem uwagę, że podstawowym czynnikiem wpływającym na wielkość emisji jest natężenie ruchu (w analizowanym przykładzie prawie dwukrotnie większe w porannym szczycie ruchu) oraz struktura pojazdów (element, który nie był badany w rozprawie) i czynniki wymieniane przez Autora, które dotyczą warunków ruchu na wlotach ronda. Świadczą o tym wyniki symulacji dla różnych obciążeń ruchem oraz warunki ruchu (reprezentowane w badaniach długością kolejek).

Duże możliwości modeli emisji zanieczyszczeń stworzone przez Autora oraz połączenie z modelem VERSIT+ za pomocą, którego uzupełniono niektóre z zanieczyszczeń oraz użycie programu VISSIM do modelowania ruchu na rondach sprawiły, że uzyskano możliwości modelowania emisji zanieczyszczeń spalin dla rond w skali mikro. Częściową weryfikacją dla stworzonej metodyki analizy emisji są wyniki badań zanieczyszczeń PM10 w pobliżu istniejącego ronda przy wykorzystaniu analizatora EM DT-9881 M. Wyniki tych badań zostały potwierdzone w bezpośrednim rejonie ronda poprzez porównanie wyników rzeczywistych i wyników z symulacji. Na uwagę w tym rozdziale zasługuje bardzo precyzyjna interpretacja wyników badań oraz dodatkowe analizy, których celem jest pogłębienie informacji w przypadkach mogących powodować wątpliwości – przykładem są tutaj analizy polegające na symulacji sytuacji w których dociążane są ruchem jezdni na rondzie oraz wloty co również wskazało ostatecznie, że warunki ruchu są niezwykle ważnym czynnikiem w kształtowaniu emisji nawet bez względu na rodzaj ronda.

Istotnym kierunkiem dalszych badań mogą być analizy wpływu niektórych elementów geometrii ronda (głównie wymiarów, np. średnica), które mogą wpływać na sposób poruszania się pojazdów. Analizy takie może Autor podjąć dalej w dalszym rozwoju modeli emisji co może w efekcie dać praktyczne zalecenia do kształtowania geometrii rond z uwagi na zanieczyszczenia powietrza spalinami samochodowymi.

Rozdział 7 zawiera podsumowanie, wnioski i kierunki dalszych prac. Zastosowany podział wniosków w zależności od głównych elementów rozprawy bardzo ucztylnił tą ważną część pracy. Wnioski i kierunki dalszych prac zostały podane bardzo precyzyjnie i jednoznacznie wskazują na osiągnięcie założonego celu i tezy rozprawy.

2. Uwagi szczegółowe

W pracy można dostrzec niewielkie usterki takie jak:

- 1) Autor często stosuje sformułowania potoczne, niewłaściwe określenia, np.:
 - a) W całej pracy Autor stosuje nazwy „*rondo jednopasmowe*”, „*rondo dwupasmowe*”, gdzie najczęściej w inżynierii ruchu drogowego stosuje się w miejsce tych nazw „*rondo jednopasowe*”, „*rondo dwupasowe*”. W prawidłowych określeniach zawarta jest informacja o liczbie pasów ruchu w ramach obwiedni ronda. Innymi przykładami mogą być określenia: „*pojazdy oczekujące w kongestiach*” (str. 102), „...*na obciążonych drogach skrzyżowanych w postaci ronda...*” (str. 109).
 - b) W wielu miejscach pracy stosowane jest określenie „*gradient terenu*” gdy tymczasem powinno się stosować określenie „*pochylenie podłużne jezdni lub pasa ruchu*” w opisach, w których chodzi o drogę (niweletę).
- 2) Dla niektórych wzorów pominięto jednostki dotyczące całego wzoru lub pojedynczych parametrów – przykładem mogą być niektóre wzory cytowane w rozdziale 2 (przeglądzie literatury).
- 3) W niektórych częściach pracy występują drobne braki bądź nieścisłości związane z:
 - a) Brakiem niektórych informacji – przykładem są np. analizy dotyczące rozrzutu danych zaobserwowanych do przewidywanych (rozdz. 4.1.1) gdzie nie podano wielkości prób i podstawowych statystyk.
 - b) Opiszem wykonywanych badań – przykładem może być część dotycząca badań emisji zanieczyszczeń spalin od pojazdów (rozdz. 4.4). Autor podaje tutaj informację, że do badań emisji użyto 9 pojazdów a każdy z nich wykonał 2 przejazdy. W opisie nie podano natomiast czy są to te same badania, które opisywane są w rozdz. 3 czy jest to oddzielna grupa badań.
- 4) W pracy można zauważyć drobne niedoskonałości edycyjne głównie związane z:
 - a) Lokalizacją rysunków i tabel oraz odwołań do nich. Przykładem może być miejsce występowania rys. 5.1 (str. 71) na który Autor powołuje się dopiero na kolejnej stronie. Podobny efekt można w przypadku tabeli 5.1. Innym przykładem może być powoływanie się na rys. 5.1. i 5.2 na str. 85.
 - b) Opiszem niektórych rysunków. Przykładowo na rys. 5.11-5.12 podano na osi poziomej pozycję pojazdu w metrach nie podając jakiego fragmentu ronda lub wlotów i wylotów to dotyczy. Na rys. 6.13 pokazano zbyt mało czytelne opisy osi wykresu. Na rys. 6.14 pokazano widok terenu pomiarów, ale nie przedstawiono wyników stężenia pyłów zawieszonych.

3. Ocena redakcji rozprawy

Redakcyjny układ rozprawy jest logiczny, czytelny i zawiera odpowiednią ilustrację graficzną (w postaci schematów, rysunków, wykresów). Wszystkie z zamieszczonych w rozprawie rysunków, tabel i wykresów przedstawiają odpowiednią wartość merytoryczną i stanowią dopełnienie opisu badań i zjawisk oraz często stanowią podstawę do precyzyjnych interpretacji. Praktycznie w każdym rozdziale podane zostały wnioski dotyczące

analizowanych zagadnień. Niewielkim mankamentem może być brak powiązania pomiędzy niektórymi rozdziałami – polega to np. na braku odwołania do opisu pojazdów i badań, które wykorzystywane są do różnych analiz. Nie stanowi to jednak znaczącego problemu przy bardzo dobrze przygotowanej również edytorsko pracy.

4. Ogólna ocena rozprawy

Podjęcie pracy związanej ze stworzeniem narzędzia do oszacowania emisji spalin na rondach to zadanie nowatorskie o dużym stopniu złożoności. Rozprawę uznaję za nowatorską i złożoną, ponieważ łączy ona w sobie: konieczność stosowania precyzyjnej aparatury badawczej wymagającej ścisłych procedur postępowania i warunków eksploatacji, bardzo dobrą znajomość prowadzenia analiz przy użyciu metod regresji, wykorzystanie specjalistycznego oprogramowania, które wymaga niestandardowego podejścia zwłaszcza w przygotowaniu danych i prowadzonej analizie, przygotowanie metodyk postępowania, które wiążą ze sobą wszystkie powyższe zagadnienia.

W ramach rozprawy dokonano szczegółowego przeglądu literatury i pomimo niewielkich usterek należy ocenić ten przegląd bardzo wysoko. Usystematyzowane informacje dotyczące skrzyżowań ze szczególnym uwzględnieniem rond, modeli emisji zanieczyszczeń spalin umożliwiły sformułowanie wniosków, które miały bezpośredni wpływ na realizację celu i tezy pracy.

Wykonanie pomiarów przy użyciu systemu PMS dla różnych cykli przejazdu (zamiejskie, miejskie, rondo) a następnie analiz wprowadza nowe elementy poznawcze z elementami oryginalności w zakresie ocen wpływu zanieczyszczeń spalin na rondach. Świadczy to o dużej umiejętności Autora w programowaniu badań oraz ich realizacji z dużą szczegółowością.

Jako jedno z ważniejszych osiągnięć pracy należy uznać wyniki modelowania emisji zanieczyszczeń spalin dla rond oraz możliwe dalsze ich zastosowanie. Autor wykorzystując metody regresji stworzył modele emisji, które posłużyły w jako podstawa w autorskim modelu emisji dla rond. Stworzenie aplikacji w zakresie obliczeń emisji zanieczyszczeń spalin na rondach wraz z wykorzystaniem możliwości wprowadzania (po odpowiednim dostosowaniu) cykli jezdnych z programu VISSIM wypełnia złożony główny cel pracy, czyli opracowanie narzędzia umożliwiającego ocenę poziomu emisji zanieczyszczeń spalin dla charakterystyki ruchu pojazdów na rondach.

Dzięki szczegółowo skonstruowanym modelom emisji zanieczyszczeń spalin, uzupełnieniu ich o brakujące zanieczyszczenie poprzez użycie modelu VERSIT+ oraz wykorzystanie modelowania ruchu w programie VISIM Autor wykazał w pełni możliwości modelowania ruchu na rondach oraz emisji zanieczyszczeń w skali mikro. Takie bardzo oryginalne podejście daje możliwości zarówno dalszego rozwoju badań naukowych jak i częściowego zastosowania go w praktycznych analizach związanych z opracowaniami środowiskowymi, które towarzyszą projektowaniu zwłaszcza w koncepcjach, gdzie często analizowane są różne warianty geometrii skrzyżowania.

Moim zdaniem kierunki dalszych badań powinny obejmować także ronda jednopasowe, które w zakresie charakterystyki przejazdu mogą różnić się od rond dwupasowych. W tym przypadku może być lepiej zauważalny związek emisji z geometrią ronda.

5. Wniosek końcowy i jego uzasadnienie

Podane w opinii uwagi krytyczne, które odnoszą się przede wszystkim do usterek redakcyjnych oraz braku precyzji w prezentowaniu niektórych zagadnień nie zmieniają pozytywnej oceny rozprawy. Ocena ta została oparta na następujących wnioskach wynikających z analizy rozprawy:

- Autor rozprawy zajął się bardzo trudnym i jednocześnie jednym z ważniejszych społecznie zagadnień ostatnich lat dotyczących emisji zanieczyszczeń spalin od pojazdów na rondach oraz przy przejeździe pojazdów na odcinkach dróg miejskich i zamiejskich. W tym celu wykonał szereg badań i analiz przy użyciu precyzyjnej aparatury pomiarowej oraz odpowiednich metod badawczych. Dzięki wykonanym analizom wprowadził modele emisji dla pojedynczych pojazdów, przygotował aplikację do obliczeń emisji, przystosował dane do korzystania z modeli zanieczyszczeń i modeli ruchu, wykonał badania symulacyjne na przykładzie konkretnych rozwiązań rond.
- Autor wprowadził bardzo logiczny i czytelny schemat postępowania wraz z podaniem schematów postępowania prowadzących do osiągnięcia zamierzonego celu pracy oraz udowodnienia tezy.
- Autor posiada umiejętności formułowania problemu naukowego dotyczącego złożonego obiektu badań jakim jest ocena emisji zanieczyszczeń spalin na rondach.
- Treści i wnioski rozprawy można uznać za bardzo wartościowe z uwagi na rozwój metod oceny wpływu emisji zanieczyszczeń spalin na otoczenie we wzajemnym powiązaniu zarówno w kontekście naukowym jaki i praktycznym.
- Zastosowane metody badawcze i analityczne wskazują na duży stopień zaawansowania i dotyczą kilku specjalności oraz potwierdzają zdolność Autora do samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

Uwzględniając podane wcześniej zalety oraz nowatorskie i oryginalne elementy rozprawy, stwierdzam, że opiniowana rozprawa doktorska mgr. inż. Maksymiliana Mądziela „Wpływ charakterystyki ruchu na rondach na emisję spalin” spełnia wymagania określone przez ustawę o stopniach naukowych i tytule naukowym. W związku z powyższym przedkładam wniosek o przyjęcie pracy jako rozprawy doktorskiej w dyscyplinie „inżynieria lądowa i transport” oraz o jej dopuszczenie do publicznej obrony.

Kraków, 15.11.2019 r.

