Poznań, 28 lutego 2017 r.

Dr hab. inż. Miłosław Kozak
Politechnika Poznańska
Instytut Silników Spalinowych i Transportu
ul. Piotrowo 3
60-965 Poznań

O C E N A

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Mateusza Nowaka

pt.: „Wpływ infrastruktury drogowej na emisję spalin z pojazdów samochodowych”

podstawa opracowania: pismo Dziekana Wydziału Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej nr DR-63/496/02/2016 z dnia 02.12.2016 r.

1. WPROWADZENIE

Sprawny system transportowy jest jednym z podstawowych elementów każdej rozwiniętej gospodarki na świecie. Transport jest także bardzo ważnym elementem życia znacznej części ludzkości, zapewnia bowiem realizację codziennych potrzeb związanych z przemieszczaniem się. Dostęp do transportu jest jednym z głównych czynników wpływających na jakość życia. Oprócz dużych korzyści związanych z transportem występują także jego niekorzystne następstwa, w szczególności zanieczyszczenie środowiska. Środki transportu należą do najważniejszych źródeł zanieczyszczenia powietrza w krajach rozwiniętych, w tym w Unii Europejskiej i w Polsce. Szacuje się, że w Unii Europejskiej sektor transportu odpowiedzialny jest za około 60% emisji tlenków azotu oraz 20–30% emisji tlenku węgla, węglowodorów i cząstek stałych.

Istnieje szereg sposobów zmniejszania emisji szkodliwych składników przez pojazdy. W obrębie samych pojazdów wymienić można między innymi: optymalizację procesu spalania paliwa w silniku, stosowanie systemów ograniczających tworzenie substancji toksycznych w procesie roboczym silnika (np. układ recyrkulacji spalin EGR), stosowanie układów oczyszczania spalin, stosowanie układów diagnostyki pokładowej OBD, monitorujących poziom emisji składników toksycznych przez pojazd oraz udoskonalone paliwa, sprzyjające małej toksyczności spalin. Innym sposobem ograniczania wpływu pojazdów na środowisko naturalne jest optymalizacja środowiskowa procesu transportowego. Do tej właśnie kategorii można zaliczyć działania opisane w ocenianej pracy, czyli budowę obwodnicy, a więc przeniesienie tranzytowego ruchu drogowego z centrum miejscowości na jej obrzeża lub poza nią, z reguły związane także ze zwiększoną płynnością ruchu i prędkością jazdy.

Na wagę rozwiązań infrastruktury drogowej w ograniczaniu zanieczyszczenia środowiska wskazuje między innymi dokument programowy Ministerstwa Środowiska pt. Polityka klimatyczna Polski – Strategie redukcji emisji gazów cieplarnianych w Polsce do roku 2020. Wskazano tam, że: cyt. „w sektorze transportu rezerwy redukcyjne (w zakresie emisji gazów cieplarnianych) tkwią w szeroko pojętej poprawie organizacji przewozów osób i towarów oraz związanych z tym przedsięwzięć infrastrukturalnych, a także wykorzystaniu

biopaliw otrzymanych z konwersji biomasy. [...] Szacuje się, że potencjał redukcyjny związany z wdrożeniem szeroko pojętych przedsięwzięć organizacyjnych w transporcie jest kilkakrotnie większy od sumarycznego potencjału opcji techniczno-paliwowych i sięga około 40% obecnej emisji z transportu. [...] Uwzględniając, iż realizacja wszystkich planowanych działań w ramach przygotowywanej długookresowej strategii rozwoju transportu może się nie powieść, ocenia się, że przedsięwzięcia organizacyjne mogą przynieść 20–30% redukcji emisji gazów cieplarnianych z sektora transportu."

Podjęte w dysertacji zagadnienia dotyczące wpływu infrastruktury drogowej na emisję spalin z pojazdów samochodowych bez wątpienia wpisują się w aktualną problematykę poszukiwania rozwiązań zmniejszających obciążenie środowiska przez transport drogowy. Opracowanie metody oceny ekologicznej nowotworzonej infrastruktury drogowej (w tym budowy obwodnic) i jej wpływu na poziom obciążenia środowiska pozwala na rozszerzenie wiedzy na ten temat, w szcególności pod względem zużycia paliwa oraz emisji zanieczyszczeń z pojazdów.

W aspekcie utylitarnym rozprawy warto wskazać na Dyrektywę 85/337/EWG, która przewiduje, iż duże projekty inwestycyjne muszą być oceniane pod względem wpływu wywieranego przez niektóre przedsięwzięcia publiczne i prywatne na środowisko. Praktyczne wyniki pracy można odnieść także do Dyrektywy 2001/42/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 27 czerwca 2001 r. w sprawie oceny wpływu niektórych planów i programów na środowisko. Nie budzi zatem wątpliwości, iż tematyka pracy została trafnie wybrana, jest ona aktualna oraz posiada dużą wartość utylitarną i poznawczą.

2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA ROZPRAWY

Opiniowana rozprawa została zawarta na 112 stronach wydruku komputerowego (kolorowego) i podzielona na sześć rozdziałów. Bibliografia pracy obejmuje 103 pozycje. Praca napisana jest czcionką Times New Roman nr 12, z zastosowaniem pojedynczego odstępu między wierszami. Na początku pracy zamieszczono jej streszczenie w języku polskim. Dalej znajduje się spis skrótów i oznaczeń użytych w pracy. Streszczenie w języku angielskim zamieszczono na końcu pracy.

Rozdział pierwszy stanowi wprowadzenie w tematykę rozprawy. W tej części pracy Autor opisuje problem stale zwiększającego się natężenia ruchu pojazdów na głównych szlakach komunikacyjnych w Polsce. Zaznacza też fakt negatywnego oddziaływania transportu na środowisko naturalne i możliwości minimalizacji tego zjawiska. W końcowej części tego rozdziału przedstawiono czynniki motywujące do podjęcia tematyki pracy oraz zakres jej realizacji.

W drugim rozdziale przedstawiono zagadnienia związane z wpływem motoryzacji na środowisko naturalne. Autor omówił zmiany w strukturze rynku samochodowego w Polsce oraz odniósł te dane do statystyk ogólnoeuropejskich. Przytoczył informacje dotyczące zanieczyszczenia środowiska przez transport, omawiając przy tym zmiany w ustawodawstwie oraz dane rzeczywiste. Dalsza część rozdziału poświęcona została na omówienie szacunków i prognoz Autora dotyczących motoryzacyjnego zanieczyszczenia środowiska w aglomeracji poznańskiej.

Rozdział trzeci został poświęcony scharakteryzowaniu problematyki poruszanej w rozprawie. Na podstawie analizy literaturowej, wykazane zostały braki w zakresie oceny wpływu planowanej infrastruktury drogowej na emisję spalin pojazdów uczestniczących w ruchu. Następnie Autor przedstawił cel oraz zakres swojej dysertacji.

Przedmiotem czwartego rozdziału jest opis metodyki badań, który Autor rozpoczął od omówienia procedur wyznaczenia emisji szkodliwych składników spalin. Przedstawił obiekt badań oraz wykorzystane narzędzia badawcze, po czym szczegółowo opisał harmonogram badań, obejmujący trzy etapy składające się między innymi z pomiarów emisji szkodliwych

składników spalin podczas przejazdów przez Żyrardów i po obwodnicy tego miasta oraz symulacji emisji z wykorzystaniem oprogramowania PTV Vissim.

Wyniki badań i ich analizę Autor zawarł w rozdziale piątym. Na początku tego rozdziału przedstawił wyniki pomiarów emisji drogowej przeprowadzonych podczas przejazdu przez miasto przed otwarciem obwodnicy oraz dla przejazdu po obwodnicy po jej oddaniu do użytkowania. Analogicznie przeprowadził symulacje przejazdów w oprogramowaniu PTV Vissim. Następnie porównał wyniki symulacji dla przejazdu przez miasto i po obwodnicy, po czym wyznaczył korzyści ekologiczne płynące z budowy nowej infrastruktury drogowej w postaci obwodnicy miejskiej.

Pracę kończy rozdział szósty, w którym Autor zebrał swoje spostrzeżenia z wykonanych w ramach pracy badań i analiz, a także przedstawił planowane kierunki dalszych prac badawczych.

3. OCENA ROZPRAWY

Moja opinia po przeczytaniu ocenianej pracy jest pozytywna. Na szczególne podkreślenie moim zdaniem zasługuje fakt jednoczesnego wykorzystania przez Doktoranta dwu zaawansowanych narzędzi badawczych: (1) pokładowego systemu pomiaru emisji (PEMS – *Portable Emissions Measurement Systems*) oraz (2) oprogramowania do mikrosymulacji ruchu drogowego PTV Vissim wraz z modułem środowiskowym. Wykorzystanie tych narzędzi w realizacji pracy wymagało niewątpliwie od Doktoranta posiadania unikalnych umiejętności obsługi tych narzędzi.

Doktorant w swej pracy zrealizował postawiony cel, opracowując metodykę oceny wpływu planowanej inwestycji drogowej na emisję gazowych szkodliwych składników spalin przez pojedynczy pojazd oraz cały potok pojazdów. Wykazał mniejszą masę wyemitowanych substancji szkodliwych podczas przejazdu po obwodnicy zarówno dla pojedynczego pojazdu, jak i dla całego potoku pojazdów.

Dysertacja przygotowana jest na wysokim poziomie edycyjnym z zastosowaniem nowoczesnych narzędzi. Uwagę zwraca wysoka estetyka pracy oraz czytelność i komunikatywność zamieszczonych w pracy wykresów. Układ pracy jest logiczny i przejrzysty, a praca zredagowana poprawnie. Autor nie ustrzegł się jednak całkowicie błędów literowych i stylistycznych oraz wypowiedzi żargonowych lub nieścisłych (np. większe wartości przejazdu, przebieg masy dwutlenku wegla).

Pod względem merytorycznym rozprawa nie budzi poważniejszych zastrzeżeń. Analizując treść rozprawy, można dostrzec kilka usterek i niedociągnięć, które jednak nie umniejszają istotnie jej wartości i pozytywnego odbioru pracy.

Na początku chciałbym zwrócić uwagę na tytuł pracy, który uważam za zbyt ogólnie sformułowany. Można sądzić, że praca będzie zawierała pewne uniwersalne zależności, dotyczące wpływu różnych elementów infrastruktury drogowej na emisję spalin z pojazdów. W rzeczywistości treść pracy obejmuje bardziej ograniczone zagadnienia. Wybrana infrastruktura drogowa to droga miejska oraz droga szybkiego ruchu w postaci obwodnicy, a szeroko rozumiane spaliny to emisja gazowych szkodliwych składników spalin. Z kolei pojazdy samochodowe w części dotyczącej badań drogowych reprezentowane są przez jeden pojazd – samochód osobowy z silnikiem o zapłonie iskrowym, spełniający normę Euro 4. Kolejny punkt mojej oceny to spis treści, w którym niektóre rozdziały zatytułowano zbyt ogólnie. Przykładowo w podrozdziale 2.2 opisano zmiany w ustawodawstwie dotyczącym norm emisji spalin z pojazdów oraz normy zanieczyszczenia powietrza, a nie rzeczywiste zanieczyszczenie środowiska przez transport samochodowy. Pozostając jeszcze przy spisie treści, warto podkreślić, iż nie jest on nadmiernie rozbudowany, a przez to bardziej czytelny.

W rozdziałach 1–3 przedstawiono zagadnienia teoretyczne niezbędne do wprowadzenia czytelnika w część badawczą. Autor przedstawił bogatą analizę literaturową różnych prac

dotyczących budowy nowej infrastruktury drogowej, jednak prawie nie opisał publikacji dotyczących środowiskowego wpływu tych inwestycji. Autor tłumaczy to brakiem takich pozycji ze względu na nowość poruszanego zagadnienia, zwłaszcza, że analizowane są w tym przypadku zarówno pomiary typu RDE (*Real Drive Emissions*), jak i symulacje komputerowe. Zgadzając się częściowo z Autorem, należy jednak wskazać na prace o podobnym charakterze opublikowane przez pracowników Instytutu Silników Spalinowych i Transportu Politechniki Poznańskiej, np. Kozak M., Nijak D., Merkisz J.: *Predicting exhaust emission changes resulting from local improvement of city bus traffic in Poznan*. Wessex Institute of Technology (WIT) Press, 2013. WIT Transactions on Ecology and the Environment, vol. 179, których nie uwzględniono w analizie literaturowej.

W rozdziale 4 dotyczącym metodyki badań własnych we właściwy sposób przedstawiono obiekty i zakres badań oraz wykorzystaną aparaturę badawczą i harmonogram prac. Niewielkim uchybieniem może być brak wyjaśnienia dlaczego nie wykonano pomiarów drogowych z wykorzystaniem innych pojazdów.

Za najbardziej wartościowy w całej pracy uważam rozdział 5, w którym przedstawiono wyniki zrealizowanych w ramach pracy badań oraz dokonano ich analizy. Konstrukcja poszczególnych podrozdziałów jest spójna i logiczna.

Na początku Autor przedstawił wyniki badań emisji związków szkodliwych podczas przejazdu przez miasto i po obwodnicy. Dane z tego podrozdziału uzyskano w trakcie pomiarów drogowych z wykorzystaniem aparatury typu PEMS. Badania rozpoczęto od przejazdów przez miasto Żyrardów przed otwarciem obwodnicy, a więc przy bardzo dużym natężeniu ruchu w warunkach miejskich. Emisja szkodliwych składników spalin uzyskana w tych warunkach stanowiła następnie punkt odniesienia do kolejnych pomiarów opisanych w dalszej części tego rozdziału. Kolejny etap stanowiły pomiary przeprowadzone podczas przejazdu pojazdem przez obwodnicę. Porównanie obu wyżej wymienionych przejazdów przeprowadzono na wielu płaszczyznach, łącznie z wykonaniem dwuwymiarowych charakterystyk natężenia emisji zanieczyszczeń jako funkcji prędkości i przyspieszenia obiektu badawczego, które uwzględniają charakterystykę przejazdu.

W drugim podrozdziale Autor dokonuje analizy emisyjnej przejazdu przez miejscowość i obwodnicą z wykorzystaniem oprogramowania symulacyjnego. Wartość tej analizy jest duża, ponieważ rozważono nie tylko pojedynczy przejazd, ale również przejazd całego potoku pojazdów, zgodnego z aktualnym natężeniem ruchu drogowego na analizowanych odcinkach drogowych. Na zakończenie rozdziału dokonano oszacowania zysku ekologicznego wynikającego z budowy nowej infrastruktury drogowej. W części tej analizie poddano emisję zanieczyszczeń przy przejeździe przez miasto po wybudowaniu obwodnicy, a więc wyznaczono lokalne korzyści środowiskowe dla mieszkańców miejscowości.

Poza wartością naukową należy wskazać także na dużą wartość praktyczną wykonanych badań, które pozwalają na predykcję poziomu emisji pojazdów w zależności od zastosowanego wariantu infrastruktury drogowej. Pozyskana wiedza w tym zakresie dostarczy naukowego wsparcia w decyzjach – jakiego typu rozwiązania infrastrukturalne są najkorzystniejsze dla zapewnieniu małego oddziaływania środowiskowego pojazdów pokonujących daną trasę. W mojej opinii wykonane przez Doktoranta badania są nowatorskie i unikalne w skali międzynarodowej. Pewne wątpliwości powstały u mnie w odniesieniu do następujących kwestii poruszonych głównie w rozdziale 5:

1. W pracy nie uwzględniono emisji cząstek stałych. Zarówno w pomiarach drogowych, jak i w symulacjach komputerowych. Jaka jest tego przyczyna?
2. Jednym ze spostrzeżeń Doktoranta jest jego zdaniem niewystarczające odwzorowanie wartości emisyjnych przez oprogramowanie symulacyjne. W tym aspekcie należy wskazać, iż wykorzystany w jego pracy program PTV Vissim nie służy zasadniczo do

badań emisji pojedynczego pojazdu, ale głównie do analizy potoków ruchu. Analiza emisyjna – to tylko jedna (i to nie podstawowa) funkcjonalność programu PTV Vissim.

3. Jaki jest sens analizy środowiskowej przejazdu potoku pojazdów o jednej klasie emisyjnej (Euro 4), co faktycznie nigdy nie ma miejsca?
4. W programie PTV Vissim mapy emisji samochodów osobowych to macierze, w których zapisano emisje poszczególnych szkodliwych składników spalin [mg/s] w zależności od prędkości pojazdu oraz iloczynu prędkości i przyspieszenia pojazdu. Autor zaś przygotował mapy emisyjne w postaci zależności jednowymiarowej (tylko od prędkości). Proszę o wyjaśnienie motywów takiego postępowania.
5. W części symulacyjnej, analizowano zarówno przejazd pojedynczego pojazdu, jak i całego potoku ruchu. Czy w przypadku pojedynczego pojazdu, był to jedyny obiekt na drodze, czy określenie pojedynczy pojazd odnosi się jedynie do zakresu analizy?
6. W pracy analizowano obwodnicę o układzie 2+1. Taki układ skłania kierowców samochodów osobowych do dynamicznego przyspieszania, gdy możliwe jest wyprzedzanie na kilkusetmetrowych odcinkach, gdzie dostępne są dwa pasy ruchu. Jak zdaniem Autora wyglądałaby emisja badanego pojazdu gdyby obwodnica zbudowana byłą w innym układzie (1+1, 2+2)?

W rozdziale szóstym Autor przedstawił podsumowanie rozprawy oraz planowane kierunki dalszych prac badawczych. Na wstępie wskazał na istotność poruszanych zagadnień w świetle zwiększającego się natężenia ruchu drogowego oraz dużej liczby nowych inwestycji drogowych i modernizacji istniejących już dróg. Następnie omówił zrealizowane cele cząstkowe, które składały się na główny cel pracy. Wśród celów szczegółowych Autor opisał różnice w charakterze przejazdu analizowanymi odcinkami infrastruktury drogowej. Przedstawił również zestawienie wyników emisyjnych porównując dane uzyskane na drodze symulacji z badaniami drogowymi. We wszystkich przypadkach podczas przejazdu obwodnicą uzyskano większą emisję tlenków azotu, jednak Autor i tak uznaje przejazd po obwodnicy jako bardziej korzystny, ponieważ ruch drogowy jest przenoszony poza centra miast. Na zakończenie przedstawił propozycje kierunków dalszych prac, wśród których wyszczególnił potrzebę podjęcia zagadnień związanych z wpływem infrastruktury drogowej na emisję cząstek stałych, ocenę wpływu mikroinfrastruktury miejskiej na emisję szkodliwych składników spalin oraz dostosowanie danych emisyjnych stosowanych w oprogramowaniu symulacyjnym do zgodnych z pomiarami drogowymi.

Wybrane uwagi szczegółowe (pozostałe uwagi zaznaczyłem bezpośrednio w egzemplarzu pracy i przekazałem Doktorantowi):

- Str. 7: Za dyskusyjne uważam stwierdzenie: *Natężenie ruchu pojazdów, jego płynność oraz udział pojazdów ciężkich odgrywają główną rolę w poziomie zanieczyszczenia powietrza*. Niewątpliwie struktura pojazdów oraz parametry jazdy mają duży wpływ na zanieczyszczenie powietrza, ale czy ta rola jest dominująca? Co z zanieczyszczeniami pochodzącymi w wyniku ogrzewania gospodarstw domowych z wykorzystaniem spalania paliw stałych?
- Str. 13. Zawyżony wydaje się podany średni dla Polski wskaźnik motoryzacji (599 samochodów osobowych / 1000 mieszkańców). Według danych GUS wynosił on w 2014 roku: 519. Zawyżony wydaję się także udział wśród nowych samochodów osobowych pojazdów zasilanych CNG.
- Str. 14. Jaki sens ma podawanie informacji (rys. 2.5), iż średnia liczba pojazdów zasilanych benzyną w krajach europejskich to 5,2 mln sztuk.
- Str. 20: Wymaga wyjaśnienia stwierdzenie, że samochody są odpowiedzialne za 12% emisji gazów cieplarnianych, kiedy w kolejnym zdaniu Autor pisze, że transport drogowy jest źródłem ponad 90% emisji tych gazów.

- Str. 21. Tablica 2.3 nie została moim zdaniem zaczerpnięta z pozycji literaturowej [1].
- Str. 23. Na jakiej zasadzie uwzględniono w obliczeniach dla motocykli (rys. 2.11) kategorię emisyjną Euro 5 i 6, podczas gdy standard Euro 5 wejdzie w życie dopiero w 2020 r., a Euro 6 w nieznanym bliżej jeszcze terminie.
- Str. 25. Posługiwanie się wskaźnikiem emisji (CF), zdefiniowanym jako iloraz chwilowej emisji (g/s) w warunkach rzeczywistych do emisji średniej (g/s) w cyklu badawczym (NEDC) jest pewnym uproszczeniem, bowiem średnia emisja w cyklu dotyczy bardzo różnych warunków badań, w tym okresu rozruchu i nagrzewania zimnego silnika, charakteryzującego się dużą emisją. Natomiast emisja chwilowa dotyczy konkretnych, jednostkowych warunków pracy silnika.
- Str. 27. Jak Autor rozumie wprowadzone w pracy pojęcie *kategorii pojazdów o możliwie nowszych kategoriach emisyjnych*? Jak rozumieć określenie: *spełnienie normy emisji zależne od przebytego dystansu*? Jak rozumieć wyniki dla nieistniejących w przypadku motocykli norm Euro 6 i 7?
- Str. 37. Skoro sposób i warunki przeprowadzania badań są odmienne, to otrzymywane wyniki nie są porównywalne.
- Str. 46. Jeżeli Autor pisze o znacznych ograniczeniach oprogramowania PTV Vissim, a jednocześnie wykorzystuje to oprogramowanie w swoich pracach, to należałoby wyjaśnić o jakie ograniczenia chodzi, gdyż mogą one mieć wpływ na uzyskane wyniki.
- Str. 49 i 50. Z czego wynikają różnice pokonywanego dystansu przy kolejnych przejazdach pojazdu tą samą trasą? Jaka była dokładność pomiaru zużycia paliwa?
- Str. 54. Dlaczego Autor przyjmuje wartość średniej emisji CO_2 z pewnym prawdopodobieństwem, zamiast ją policzyć?
- Str. 66. Rysunek 5.40 i dalsze. Jak można wyjaśnić fakt, iż w niektórych przypadkach emisja szkodliwych składników spalin jest mniejsza podczas przyspieszania ($a > 0$) niż przy wartości przyspieszenia pojazdu równej zero?
- Str. 88. Co oznacza stwierdzenie: *tak duża zgodność wyników jest jednak zawyżona*?
- Str. 92. W jakim celu na rysunkach przedstawiono jednocześnie natężenie ruchu pojazdów na godzinę i na dobę?
- Str. 97. Czy analizując emisję pojazdów przejeżdżających przez miasto przed i po wybudowaniu obwodnicy brano pod uwagę oprócz zmiany liczby pojazdów także zmianę struktury pokonujących tę trasę pojazdów (przypuszczalnie radykalne zmniejszenie liczby samochodów ciężarowych). Jeśli tak, to skąd Autor miał takie dane?
- Str. 101. Czym są *trasy pozbawione urządzeń ochrony środowiska*?

Powyższe uwagi nie wpływają na pozytywną ocenę wartości merytorycznej pracy. Stanowi ona cenny dorobek naukowy Autora w reprezentowanej dyscyplinie naukowej, a jej wyniki są ważne i interesujące zarówno z poznawczego jak i praktycznego punktu widzenia. Doktorant wykazał się dobrą znajomością zagadnienia i umiejętnością prowadzenia prac naukowych, zarówno o charakterze analitycznym jak i doświadczalnym. Praca wnosi oryginalny wkład do wiedzy z zakresu wpływu rozwiązań infrastruktury drogowej na zanieczyszczenie środowiska i bez wątpienia może być uzupełnieniem dostępnej literatury w tym zakresie. Jej wyniki mogą być także przydatne w procesie projektowania systemów transportu i szacowania jego wpływu na środowisko naturalne.

Do najważniejszych osiągnięć Autora zaliczam:

- opracowanie metodyki oceny środowiskowej infrastruktury drogowej, która może być wykorzystana zarówno w zakresie istniejącej, jak i projektowanej infrastruktury drogowej,
- wykonanie obszernych badań wpływu powstałej obwodnicy miejskiej na zmiany emisji szkodliwych składników spalin przez pojazd uczestniczący w rzeczywistym ruchu,
- wykonanie modelu drogi przez miasto Żyrardów i po jego obwodnicy, parametryzację modelu oraz symulację przejazdu obiema trasami pojazdu o klasie emisyjnej zgodnej z pojazdem wykorzystanym w badaniach drogowych oraz całego potoku pojazdów,
- wykonanie analizy korzyści emisyjnych wynikających z budowy obwodnicy miejskiej.

4. PODSUMOWANIE I WNIOSEK KOŃCOWY

Przedstawiona do recenzji praca doktorska dotyczy aktualnych problemów związanych z oceną środowiskową infrastruktury drogowej, a w szczególności z wpływem określonych rozwiązań drogowych na poziom emisji szkodliwych składników spalin przez uczestniczące w ruchu pojazdy. Opiniowana rozprawa jest opracowaniem o znacznych walorach poznawczych i ma charakter opracowania naukowego. Przygotowana została starannie i wyczerpująco omawia zastosowany aparat badawczy, przeprowadzone badania i analizy oraz prawidłowo formułuje ciekawe i istotne dla dalszych prac wnioski. Zaprezentowane w pracy wyniki badań są unikalne w skali międzynarodowej, cenne zarówno z naukowego punktu widzenia, jak i zastosowań praktycznych oraz wnoszą elementy nowej wiedzy w dyscyplinie naukowej: budowa i eksploatacja maszyn. Zgromadzony w ramach realizacji pracy obszerny materiał badawczy, może zostać wykorzystany do dalszej analizy naukowej. Autor pracy – mgr inż. Mateusz Nowak wykazał się umiejętnością samodzielnego formułowania i rozwiązywania zadań naukowych na poziomie prac doktorskich i reprezentuje wysoki poziom wiedzy w dziedzinie tematyki rozprawy.

W trakcie czytania pracy nasunęły mi się pewne wątpliwości i pytania wymagające wyjaśnienia, które zawarłem w niniejszej recenzji, ale które w moim przekonaniu nie obniżają pozytywnej oceny pracy. Sformułowane przeze mnie uwagi mogą w części wynikać z odmienności poglądów i różnych ocen omawianych zagadnień, a w części są zachętą do dyskusji w zakresie poruszanych kwestii. Mimo pewnych uwag wysoko oceniam poziom rozprawy oraz intelektualny wkład Autora i nakład włożonej przez Niego pracy.

Konkludując stwierdzam, iż praca mgra inż. Mateusza Nowaka pt.: „Wpływ infrastruktury drogowej na emisję spalin z pojazdów samochodowych" (promotor: prof. dr hab. inż. Jacek Pielecha) spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązujące przepisy (ustawa „O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki" z dnia 14 marca 2003 roku), **a zatem jej Autor może być dopuszczony do publicznej obrony.**