

Politechnika Gdańska
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa
ul. Narutowicza 11/12
80-233 Gdańsk

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Macieja Hałuchy

pt. *Wpływ wybranych czynników i danych wejściowych na modelowanie hałasu drogowego*

Recenzję opracowano w odpowiedzi na prośbę Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej „Inżynieria Lądowa i Transport”, prof. dr. hab. inż. Wojciecha Franusa wyrażoną w piśmie z dnia 5 maja 2021 roku zgodnie z uchwałą Rady Dyscypliny Naukowej „Inżynieria Lądowa i Transport” z dnia 21 grudnia 2020 roku.

Sporządzając recenzję opierano się na kryteriach oceny zawartych w ustawie „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (ustawa z dnia 20 lipca 2018 r., Dz.U. 2018 poz. 1668).

1. Problematyka rozprawy

Przedmiotowa rozprawa doktorska dotyczy problematyki modelowania hałasu drogowego. Poruszające się po drogach samochody generują znaczny hałas w bezpośrednim otoczeniu dróg, częstokroć przekraczający dopuszczalne poziomy dźwięku. Wpływa to niekorzystnie na zdrowie przebywających się tam ludzi. Ocena stanu akustycznego w otoczeniu drogi, zarówno na etapie projektowania nowej bądź modernizacji istniejącej, jak i po jej wybudowaniu (stan istniejący) wykonywana jest na podstawie wyników obliczeń przy użyciu odpowiednich modeli predykcyjnych. Modele obliczeniowe umożliwiają ocenę oddziaływania drogi na środowisko ale również wspomagają projektowanie zabezpieczeń przeciwhałasowych czy to w postaci ekranów akustycznych, czy też poprzez inne formy takie jak np. zastosowanie nawierzchni drogowych o obniżonej hałaśliwości, uspokojenie ruchu np. poprzez ograniczenie prędkości, wpływ na rodzaj poruszających się pojazdów np. poprzez zakaz ruchu samochodów ciężarowych. Dokładność wyników modeli obliczeniowych uwzględniających wiele parametrów i czynników do prognozowania hałasu, zależy w dużej mierze od dokładności danych, które są do tych modeli wprowadzane. Zagadnienie to nie zostało jeszcze wystarczająco zbadane. Podjęta przez doktoranta problematyka wpływu czynników i danych wejściowych na modelowanie hałasu drogowego jest jak najbardziej aktualna i potrzebna biorąc pod uwagę bieżące sporządzanie licznych opracowań środowiskowych przez projektantów dróg, jak również w świetle zbliżającego się kolejnego obowiązku sporządzania strategicznych map hałasu w 2022 roku. Podjęcie tej tematyki jest więc ze wszech miar celowe i uzasadnione zarówno z naukowego jak i praktycznego punktu widzenia.

2. Ogólna ocena rozprawy

Oceniana rozprawa doktorska jest bardzo obszerna – liczy 207 stron. Składa się z 9 rozdziałów merytorycznych, bibliografii liczącej 277 pozycji oraz załączników w postaci streszczeń w jęz. polskim i angielskim. Praca została wykonana starannie, choć autor nie ustrzegł się nielicznych błędów ortograficznych, interpunkcyjnych i edycyjnych.

W pierwszym rozdziale pracy (*Wstęp*) doktorant wyczerpująco przedstawił problematykę modelowania hałasu drogowego i zaadresował wyniki i wnioski wypływające z przeprowadzonych badań i przedmiotowej rozprawy doktorskiej. Adresatami są specjaliści - głównie inżynierowie akustycy wykonujący modelowanie hałasu drogowego, zarządcy infrastruktury drogowej mający wpływ na stawiane wymagania odnośnie opracowań środowiskowych i co za tym idzie na inwestycje drogowe oraz pracownicy organów ochrony środowiska podejmujący decyzje administracyjne odnośnie realizacji inwestycji. W mojej ocenie rozprawa doktorska powinna być również, a nawet przede wszystkim, zaadresowana do ludzi świata nauki. Nie mniej, doceniam i wysoko oceniam użyteczność przedmiotowej rozprawy.

Oceniając krytycznie uważam, że rozdział ten nie powinien zawierać streszczenia pracy, które przecież znajduje się w załączniku, a sama rozprawa doktorska rozpoczyna się spisem treści. Autor zaś w drugiej części pierwszego rozdziału szczegółowo opisuje co zawierają kolejne rozdziały. Niepotrzebnie zwiększa to rozmiar rozprawy nie wnosząc istotnych treści.

Celem przedmiotowej rozprawy doktorskiej, przedstawionym w drugim rozdziale (*Problem naukowy, przedmiot i cel pracy*), było „określenie, czy badane czynniki i dane wejściowe w istotny sposób wpływają na wyniki modelowania hałasu drogowego i ich dokładność”. W mojej opinii cel ten został osiągnięty i w pełni zrealizowany w zakresie jaki doktorant zdefiniował stawiając 4 tezy sformułowane w rozdziale trzecim (*Tezy pracy*). Uważam, że niepotrzebnie autor wydzielił tu dwa odrębne, bardzo krótkie rozdziały (nr 2 i 3).

Rozdział czwarty (*Aktualny stan wiedzy*) zawiera wyczerpujący przegląd stanu wiedzy w dziedzinie modelowania hałasu drogowego, rozpoczynając od przedstawienia prób historycznych z połowy XX w. do czasów obecnych. Przegląd współczesnych modeli obliczeniowych, ich wzajemne porównanie, biorąc pod uwagę uwzględniane przez nie dane wejściowe i czynniki powiązane z modelowaniem hałasu drogowego, zostały przedstawione w oparciu o szeroki wybór pozycji literaturowych zarówno zagranicznych jak i polskich. Autor przybliżył tu także problematykę modelowania hałasu drogowego w opracowaniach środowiskowych, które odbiega od modelowania przy sporządzaniu map akustycznych i programów ochrony środowiska.

W kolejnych podrozdziałach, od podrozdziału 4.3 zaczynając, doktorant omówił wiele istotnych aspektów związanych bezpośrednio z modelowaniem hałasu drogowego, z których niemal każde mogłoby stanowić odrębny rozdział. Uważam, że poprzez taki podział treści struktura tego rozdziału jest słabo czytelna. Wielokrotnie na końcu kolejnych podrozdziałów znajdują się odwołania do rozdziału siódmego (*Wyniki badań*), gdzie autor niejako kończy opisywanie danego zagadnienia. Wydaje się, że dużo lepszym i czytelniejszym rozwiązaniem z punktu widzenia odbiorcy pracy byłoby wydzielenie odrębnych rozdziałów przedstawiających poszczególne zagadnienia wraz z opisem przeprowadzonych przez doktoranta badań dotyczących danego zagadnienia i przedstawieniem wniosków z nich wynikających. Cierpi na tym czytelność całej obszernej zresztą rozprawy doktorskiej.

Wyboru czynników i danych wejściowych do modeli obliczeniowych, które należy poddać badaniom i szczegółowej analizie, autor przedmiotowej rozprawy przedstawił w rozdziale piątym (*Wybór czynników i danych wejściowych do badań*). Omówił tu również kryteria wyboru, którymi się kierował. Uważam, że dokonany wybór z szerokiego zakresu danych wejściowych i czynników uwzględnianych we współczesnych modelach obliczeniowych jest trafny i prawidłowy. Autor zrezygnował z wyboru danych wejściowych i czynników, które wpływają na wyniki obliczeń jedynie w sposób punktowy, na bardzo małym obszarze oraz z czynników i danych, których zbadanie byłoby znacznie utrudnione, co groziłoby niezrealizowaniem założonego celu. Skupił się na czynnikach i danych wejściowych istotnych z praktycznego punktu widzenia, na tych które w bezpośredni sposób są związane z wykonywaniem opracowań środowiskowych, które są aktualnie używane i które będą wprowadzane do modeli obliczeniowych w najbliższej przyszłości.

Rozdział szósty (*Metody wykonywania badań*) zawiera szczegółowe informacje dotyczące warsztatu badawczego autora niniejszej rozprawy. W poszczególnych podrozdziałach przedstawiono opis metod wykorzystanych przy wykonywaniu badań dotyczących zagadnień wymienionych uprzednio w podrozdziałach rozdziału czwartego. Należy podkreślić bardzo szeroki zakres przeprowadzonych pomiarów terenowych. W latach 2012 - 2019 badania wykonano na 133 odcinkach dróg, spędzono przy tym tysiące godzin pomiarowych. Autor koordynował przygotowania i wykonywanie wszystkich pomiarów, w części z nich bezpośrednio uczestniczył. Doktorant wykonał także modelowanie hałasu drogowego za pomocą czterech różnych modeli obliczeniowych (trzech wykorzystywanych wspólnie i jednego opracowanego w latach 80-tych XX wieku) dla 511 rzeczywistych zestawów danych wejściowych. Powyższe świadczy o doskonałej znajomości warsztatu badawczego i o umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez doktoranta.

Niemal połowę pracy stanowi rozdział siódmy (*Wyniki badań*), w którym autor w poszczególnych podrozdziałach przedstawił wyniki przeprowadzonych pomiarów, badań i analiz. W mojej opinii poszczególne podrozdziały należałoby bezpośrednio skorelować z odpowiednimi podrozdziałami dotyczącymi danego zagadnienia znajdującymi się w rozdziałach 4 i 6. Poprawiłoby to znacznie czytelność niniejszej rozprawy. Nie mam zasadniczych merytorycznych uwag dotyczących zaprezentowanych wyników, jednakże występuje kilka niejasności bądź uwag dyskusyjnych, które przedstawiam w trzecim rozdziale mojej recenzji. Uważam, że osiągnięte wyniki pomiarów i badań oraz przeprowadzone na ich podstawie analizy są poprawne i trafne. Stanowią one główne osiągnięcie autora rozprawy doktorskiej, pana mgr. inż. Macieja Hałuchy.

Podsumowanie pracy stanowi rozdział ósmy (*Podsumowanie i wnioski*), w którym autor w sposób syntetyczny odniósł się do postawionych na wstępie swojej rozprawy doktorskiej czterech tez. Stwierdził, co też udowodnił w poprzednim rozdziale, że **prognozowane parametry ruchu drogowego mają istotny wpływ na wyniki modelowania hałasu i ich dokładność** (potwierdził tezę nr 1), **niepewność wyników pomiarów „in situ” równoważnego poziomu dźwięku, liczba punktów pomiarowych i poziom tła akustycznego nie mają znaczącego wpływu na walidację modeli obliczeniowych** (zaprzeczył tezie nr 2), **wyniki modelowania hałasu drogowego wykonywanego za pomocą współczesnych modeli obliczeniowych nie różnią się istotnie pomiędzy sobą** (potwierdził tezę nr 3) oraz **niedokładności danych wejściowych do modeli obliczeniowych mogą powodować znaczące błędy w projektowaniu rozwiązań chroniących przed hałasem drogowym** (częściowo potwierdził tezę nr 4). W dalszej części tego rozdziału autor trafnie sformułował także 24 wnioski o charakterze szczegółowym wynikające z przeprowadzonych badań i analiz.

Ostatni, ósmy rozdział niniejszej rozprawy (*Kierunki dalszych badań*) wskazuje obszary, w których powinny być prowadzone dalsze badania, mające na celu określenie wpływu innych niż wybranych przez autora danych wejściowych i czynników na wyniki i dokładność modelowania hałasu drogowego.

Bibliografia zamieszczona na końcu pracy liczy 277 pozycji literaturowych światowych i krajowych. Została ona dobrana odpowiednio do przedmiotowej rozprawy doktorskiej i jest aktualna.

3. Uwagi szczegółowe do rozprawy

Przedstawione poniżej uwagi szczegółowe do przedmiotowej rozprawy doktorskiej mają charakter dyskusyjny. Pominę przytaczanie tu nielicznych błędów ortograficznych (głównie pisownia łączna „nie” z przymiotnikami), stylistycznych (powtórzenia stwierdzeń) i interpunkcyjnych oraz nieistotnych błędów edycyjnych (literówki wynikające zapewne w wielu przypadkach z autokorekty), gdyż nie mają one wpływu na ogólną pozytywną ocenę merytoryczną pracy. Natomiast chciałbym zwrócić uwagę na następujące fragmenty pracy:

- a. na str. 4 u dołu stwierdzono: *„Badania te wykonano dla jednego modelu obliczeniowego (NMPB-Routes-96), wykorzystywanego aktualnie do obliczeń akustycznych wykonywanych w warunkach polskich. Z uwagi na brak danych, z zakresu tych badań wyłączono pozostałe modele obliczeniowe.”*. Skoro były dostępne czynniki i dane wejściowe dla jednego modelu to dlaczego nie można ich było wykorzystać dla pozostałych?
- b. na str. 17 środek autor podaje: *„Francuski model NMPB-Routes-96 wykorzystuje następujące etapy obliczeń hałasu drogowego [116]: 1. Podział źródła hałasu na źródła liniowe.”*. Czy nie powinno być „źródła punktowe”?
- c. na str. 26 u góry autor pisze: *„Na rozbieżności wyników modelowania hałasu wykonywanego za pomocą różnych metod z wartościami hałasu zmierzonymi w warunkach „in situ” może mieć także wpływ stale zmieniający się park samochodowy. [...] W warunkach polskich, w których nadal bardzo duży udział stanowią samochody sprowadzane z innych krajów europejskich (w szczególności z Niemiec), efekt ten ma duży wpływ na wyniki modelowania hałasu drogowego.”*. Wpływ parku samochodowego będzie wynikał raczej z wieku i stanu technicznego pojazdów, a nie będzie zależał od kraju, skąd nastąpił import pojazdów.
- d. analiza danych przedstawionych na rys. 4.4 – akapit pod tym wykresem na str. 30: W tekście nie podano dla jakich warunków ruchu przeprowadzono modelowanie. Czy wprowadzono odcinki poruszania się ze stałą prędkością, hamowania i przyspieszania, czy też cały odcinek był zamodelowany jako ruch pojazdów ze stałą prędkością? W drugim przypadku trudno wówczas porównywać wyniki modelowania z pomiarami „in situ”.
- e. pierwszy akapit podrozdziału 4.8 na str. 47: Autor używa tu określeń *„Samochody elektryczne (BEV – ang. Battery Electric Vehicle) i hybrydowe (PHEV – ang. Plug-in Hybrid Electric Vehicle)”*. Obecnie samochody elektryczne nie muszą być tylko i wyłącznie bateryjne, mogą być zasilane ogniwem paliwowym, a tylko część samochodów hybrydowych może być ładowana z gniazdka. Uważam, że należy posługiwać się skrótami odpowiednio EV i HEV, co zresztą autor czyni w dalszej części rozprawy.
- f. podpis pod rys. 6.1 na str. 73: Czy jest to rzeczywiście *„Widok miernika poziomu dźwięku w punkcie zlokalizowanym w odległości 10 m od krawędzi jezdni na wysokości 4 m nad poziomem terenu”*, czy też jest tam zlokalizowany tylko mikrofon pomiarowy?

- g. na str. 84 u góry autor pisze: „Należy także zwrócić uwagę na prędkości pojazdów ciężkich prognozowane na poziomie 120 km/h (rys. 7.5 i rys. 7.6). Takie wartości nie występują w rzeczywistości dla tej kategorii pojazdów (nawet dla pojazdów lekkich są one bardzo wysokie i występują tylko dla najwyższych klas dróg)”. Dlaczego w prognozach przyjmuje się takie nierzeczywiste wartości i w jakim celu autor przytacza je w rozprawie i poddaje dalszej analizie? Dotyczy również analiz w rozdziale 7.4 (str. 154-157).
- h. czy wykresy na rys. 7.9 i 7.10, str. 85 i 86 nie powinny być sformatowane na bazie kwadratu – jednakowa skala na obu osiach? Ułatwiłoby to ich interpretację.
- i. skala pionowej osi rysunków 7.27 i 7.28 na str. 110 i 111 jest nieprawidłowa
- j. przy naprawdę obszernie przedstawionej w rozprawie analizie wpływu ruchu drogowego na wyniki modelowania hałasu zabrakło mi wydzielenia wpływu poszczególnych jego parametrów i to w charakterze ilościowym. Przykładowo jaki wpływ (w dB np. w określonym punkcie) będzie miało niedoszacowanie bądź przeszacowanie natężenia ruchu drogowego o np. 1000 pojazdów dziennie, które stanowią np. 10 % całkowitego ruchu. Analogicznie jaki wpływ będzie miała zmiana prędkości np. o 10 km/h, zmiana udziału pojazdów ciężarowych o np. 10 %, w porze dziennej, nocnej?
- k. na str. 121 środek autor pisze: „W przeciwieństwie do dróg o klasie technicznej G, przeszacowania te nie niosą ze sobą aż tak niekorzystnych skutków. Wyniki modelowania hałasu dla tych dróg, bardzo często wskazują na przekroczenia wartości dopuszczalnych hałasu w środowisku w ich najbliższym otoczeniu i przekroczenia te są w wielu przypadkach bardzo duże. W związku z tym rozbieżności wyników modelowania hałasu mogą wpłynąć jedynie na nieznaczne przeszacowanie parametrów zabezpieczeń przeciwhałasowych, które po upływie kilku lat i tak zostaną zredukowane przez stale zwiększające się natężenie ruchu na tych drogach. W wielu przypadkach nie powinno być to analizowane, jako nieuzasadnione wydatkowanie środków publicznych na stosowanie środków mających na celu redukcję poziomu hałasu.”. Czy modelowanie z zasady nie powinno tego uwzględniać skoro jest to rzecz znana i niemal zawsze występująca, aby nie było konieczności przeszacowania na wstępie aby później było prawidłowo?
- l. na str. 126 u dołu i 127 u góry autor pisze: „W celu określenia wpływu wprowadzenia do potoku ruchu pojazdów z napędem elektrycznym, w ramach pracy, wykonano modelowanie akustyczne przy wykorzystaniu następujących założeń: [...] – przyjęto udział procentowy pojazdów elektrycznych w potoku ruchu taki sam dla wszystkich kategorii pojazdów (od 0% do 100%)”. Czy autor uważa, że założenie udziału pojazdów elektrycznych na poziomie powyżej 50 % i prowadzenie analiz w tym zakresie jest realistyczne w przewidywalnej prognozie czasowej?
- m. podane wartości redukcji hałasu w pierwszym i drugim od góry akapicie na str. 129 dotyczące analizy wartości podanych na rys. 7.42 i 7.43 nie korespondują z wartościami odczytanymi z tych wykresów – są znacznie wyższe. Skąd wynika błąd? Które wartości są prawidłowe?
- n. ostatni akapit na str. 129: Czy autor dokonując szacowania udziału pojazdów elektrycznych w ruchu drogowym w Polsce, biorąc pod uwagę prognozowany wzrost ilości pojazdów na drogach w perspektywie czasu oraz ujemny przyrost naturalny ludności, rozważał również inne czynniki na to wpływające jak np. wzrost popularności car-sharing’u, zwiększenia udziału transportu publicznego, rozwój innych form transportu towarów np. typu dron skutkujący redukcją ilości pojazdów ciężarowych i dostawczych? Przyjęcie prognozowanej w 2050 roku ilości samochodów na poziomie 850 pojazdów na 1000 mieszkańców wydaje się być nierealistyczne obserwując trendy choćby w innych wysokorozwiniętych krajach. Podobnie z

udziałem samochodów zeroemisyjnych – dopiero na ten czas wybrane państwa Unii Europejskiej (z wyjątkami) prognozują wprowadzenie zakazu rejestracji nowych samochodów z silnikami spalinowymi.

- o. skala pionowej osi rysunku 7.46 na str. 132 jest nieprawidłowa
- p. skala pionowej osi wykresów na rysunku 7.52 na str. 138 i 139 jest nieprawidłowa
- q. rys. 7.60 do 7.63 na str. 148 i 149: W jakim zakresie zmieniano poszczególne parametry ruchu? Brak takich informacji w treści pracy.
- r. rys. 7.70 - 7.73 na str. 161 - 164: Występuje duplikowanie porównań (np. model A vs. model B i model B vs. model A).
- s. rys. 7.74 i 7.77 na str. 170 i 171: Należałoby utrzymać tą samą skalę osi pionowej na obu wykresach dla każdego rysunku.

Przedstawione powyżej moje uwagi i pytania mają charakter dyskusyjny. Poddaję je do przemyślenia i proszę autora rozprawy doktorskiej o ustosunkowanie się do nich.

4. Wnioski końcowe

Recenzowana rozprawa doktorska pana mgr. inż. Macieja Hałuchy dotyczy aktualnej i ważnej tematyki modelowania hałasu drogowego. Autor rozprawy osiągnął cel pracy i zaprezentował ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie „Inżynieria Lądowa i Transport”. Udowodnił bądź zaprzeczył postawionym w pracy tezom. Poparł to przeprowadzonymi pomiarami, badaniami i analizami otrzymanych wyników. Wytyczył kierunki dalszych badań w tej dziedzinie. Sformułowane w rozprawie wnioski ogólne i szczegółowe stanowią autorskie osiągnięcie pana mgr. inż. Macieja Hałuchy. Szeroki zakres przeprowadzonych badań świadczy o doskonałej znajomości warsztatu badawczego i o umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Praca mieści się i jej wyniki są przydatne w zakresie dyscypliny naukowej „Inżynieria Lądowa i Transport”.

Warto również podkreślić wysoce użyteczny charakter tej pracy. Jej wyniki są również szczególnie przydatne dla specjalistów zajmujących się modelowaniem hałasu drogowego, zarządców infrastruktury drogowej oraz pracowników organów ochrony środowiska. Na podstawie bardziej precyzyjnych wyników modelowania hałasu można podejmować właściwe decyzje dotyczące konieczności zastosowania odpowiednich, czyli zarówno nie przeszacowanych jak i nie niedoszacowanych, działań mających na celu obniżenie hałasu w otoczeniu drogi, szczególnie na wczesnych etapach procesów inwestycyjnych związanych z budową nowych odcinków dróg.

Uwagi krytyczne przedstawione w niniejszej recenzji mają charakter dyskusyjny lub dotyczą drobnych uchybień i nie wpływają istotnie na pozytywną ocenę pracy i jej wartość merytoryczną.

Podążając za wymaganiami stawianymi rozprawie doktorskiej w ustawie „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”, stwierdzam, że cel pracy został osiągnięty w pełni, a wyniki przeprowadzonych badań i analiz oraz sformułowane na tej podstawie wnioski stanowią oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej. Recenzowana praca spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim zgodnie z przedmiotową ustawą, wobec czego wnoszę o dopuszczenie mgr. inż. Macieja Hałuchy do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



dr hab. inż. Piotr Mioduszewski, prof. uczelni