

RECENZJA

osiągnięcia naukowego i pozostałej aktywności naukowej, dorobku dydaktycznego, organizacyjnego oraz w zakresie popularyzacji nauki dr. inż. Maksymiliana MĄDZIELA w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie: *inżynieria lądowa, geodezja i transport*

1. **Podstawa opracowania opinii:** pismo (sygn. RD/hab./21/6/2024) podpisane przez Pana prof. dr hab. inż. Jacka PIELECHĘ- Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport oraz dołączona do niego treść uchwały Nr RD/35/2024 Rady z dnia 29 października 2024r. w sprawie powołania komisji habilitacyjnej dotyczącej powołania na recenzenta w związku z wszczętym postępowaniem o nadanie dr. inż. Maksymilianowi MĄDZIELOWI z Politechniki Rzeszowskiej stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie *inżynieria lądowa, geodezja i transport* wraz ze stosowną dokumentacją.

Tytuł osiągnięcia naukowego stanowi cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych pt.

Modelowanie i badania symulacyjne emisji spalin oraz zużycia energii pojazdów samochodowych

2. Sylwetka Habilitanta

Dyplom inżyniera dr inż. Maksymilian MĄDZIEL uzyskał w 2012 roku na kierunku *transport*, natomiast dyplom magistra inżyniera (2014r.) na kierunku *mechanika i budowa maszyn*, w obu przypadkach na tej samej uczelni, tj. Politechnice Rzeszowskiej. Sześć lat później, tj. w 2020r. Habilitant uzyskał stopień doktora w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie *inżynieria lądowa i transport*, nadany uchwałą nr 7.1/RK/02/2020 Rady Naukowej Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej z dnia 19.02.2020 r. Promotorem rozprawy pt. *Wpływ charakterystyki ruchu na rondach na emisję spalin* był prof. dr hab. inż. Kazimierz Lejda, z Politechniki Rzeszowskiej.

Od roku 2014 do chwili obecnej dr inż. Maksymilian MĄDZIEL jest zatrudniony na Politechnice Rzeszowskiej (Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa) najpierw jako asystent (lata 2014-2020), a następnie (od 01.03.2020r.) jako adiunkt badawczo-dydaktyczny.

3. Ocena osiągnięcia naukowego

Przedstawione do recenzji osiągnięcie naukowe w formie cyklu publikacji naukowych obejmuje dwa wątki/obszary tematyczne w niżej wymienionej formule:

- 1) Obszar naukowy nr 1 zatytułowany jako: *Tworzenie modeli emisji spalin oraz zużycia energii pojazdów samochodowych*;
- 2) Obszar naukowy nr 2 zatytułowany jako: *Symulacyjne modelowanie ruchu pojazdów i obliczenia emisji spalin*.

Wskazane powyżej dwa obszary naukowe tworzące w efekcie osiągnięcie naukowe Habilitanta obejmują odpowiednio liczby publikacji naukowych je tworzące. W obszarze naukowym nr 1 jest to zbiór niżej wymienionych 9-ciu publikacji indeksowanych w bazach Web of Science (WoS) oraz Scopus:

[A1] **Mądział, M.**; Jaworski, A.; Kuszewski, H.; Woś, P.; Campisi, T.; Lew, K. The Development of CO₂ Instantaneous Emission Model of Full Hybrid Vehicle with the Use of Machine Learning Techniques. *Energies* 2022, 15, 142. <https://doi.org/10.3390/en15010142> (IF2022 3.2) (punktacja ministerialna: 140)
Udział merytoryczny: kierowanie pracami zespołu, sformułowanie problemu badawczego, opracowanie koncepcji badań i przeprowadzenie badań laboratoryjnych/drogowych; analiza wyników i formułowanie wniosków; przeprowadzenie i dobór przeglądu literatury; współudział w redagowaniu pierwszej wersji tekstu manuskryptu i wersji po poprawkach recenzyjnych; opracowanie części ilustracyjnej; pełnienie funkcji autora korespondencyjnego.

[A2] **Mądział, M.**; Campisi, T. Energy Consumption of Electric Vehicles: Analysis of Selected Parameters Based on Created Database. *Energies* 2023, 16, 1437. <https://doi.org/10.3390/en16031437> (IF2023 3.0) (punktacja ministerialna: 140)

Udział merytoryczny: sformułowanie problemu badawczego, opracowanie koncepcji badań i przeprowadzenie badań; analiza wyników i formułowanie wniosków; przeprowadzenie i dobór przeglądu literatury; współudział w redagowaniu pierwszej wersji tekstu manuskryptu i wersji po poprawkach recenzyjnych; opracowanie części ilustracyjnej; pełnienie funkcji autora korespondencyjnego.

[A3] **Mądział, M.** Liquified Petroleum Gas-Fuelled Vehicle CO₂ Emission Modelling Based on Portable Emission Measurement System, On-Board Diagnostics Data, and Gradient-Boosting Machine Learning. *Energies* 2023, 16, 2754. <https://doi.org/10.3390/en16062754> (IF2023 3.0) (punktacja ministerialna: 140)

[A4] **Mądział, M.** Future Cities Carbon Emission Models: Hybrid Vehicle Emission Modelling for Low-Emission Zones. *Energies* 2023, 16, 6928. <https://doi.org/10.3390/en16196928> (IF2023 3.0) (punktacja ministerialna: 140)

[A5] **Mądział, M.** Vehicle Emission Models and Traffic Simulators: A Review. *Energies* 2023, 16, 3941. <https://doi.org/10.3390/en16093941> (IF2023 3.0) (punktacja ministerialna: 140)

[A6] **Mądział, M.** Instantaneous CO₂ emission modelling for a Euro 6 start-stop vehicle based on portable emission measurement system data and artificial intelligence methods. *Environ Sci Pollut Res* 31, 6944–6959 (2024). <https://doi.org/10.1007/s11356-023-31022-5> (IF2022 5.8) (punktacja ministerialna: 100)

[A7] **Mądział, M.** Energy Modeling for Electric Vehicles Based on Real Driving Cycles: An Artificial Intelligence Approach for Microscale Analyses. *Energies* 2024, 17, 1148. <https://doi.org/10.3390/en17051148> (IF2023 3.0) (punktacja ministerialna: 140)

[A8] **Mądział, M.** Modelling CO₂ Emissions from Vehicles Fuelled with Compressed Natural Gas Based on On-Road and Chassis Dynamometer Tests. *Energies* 2024, 17, 1850. <https://doi.org/10.3390/en17081850> (IF2023 3.0) (punktacja ministerialna: 140)

[A9] **Mądział, M.** Quantifying Emissions in Vehicles Equipped with Energy-Saving Start-Stop Technology: THC and NO_x Modeling Insights. *Energies* 2024, 2024050024. <https://doi.org/10.3390/en17122815> (IF2023 3.0) (punktacja ministerialna: 140)

Obszar naukowy nr 1 tworzy powyższy zbiór 9 publikacji z czego 7-em jest Autorskich i 2-ie współautorskie. Analizując przedstawiony zbiór artykułów naukowych tworzący osiągnięcie naukowe należy stwierdzić, że aż 8 z 9 prac zostało opublikowane w jednym wydawnictwie pt. *Energies*, co świadczy o jednokierunkowości i jednocześnie o bardzo wąskim zbiorze źródeł publikacji, w jakich Habilitant opublikował wyniki swoich badań.

W nawiązaniu do obszaru naukowego nr 2 cykl publikacji obejmuje łącznie 8 niżej wymienionych artykułów, z czego 7 z nich posiada punktację ministerialną, natomiast 1 (Springer) jest indeksowana w bazach Web of Science oraz Scopus:

[A10] **Mądział, M.**; Jaworski, A.; Savostin-Kosiak, D.; Lejda, K. The Impact of Exhaust Emission from Combustion Engines on the Environment: Modelling of Vehicle Movement at Roundabouts. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering* 2020, 17(4), 8360-8371. (IF2023 1.0); (punktacja ministerialna: 70)

Udział merytoryczny: kierowanie pracami zespołu, sformułowanie problemu badawczego, opracowanie koncepcji badań, przeprowadzenie badań; analiza wyników i formułowanie wniosków; przeprowadzenie i dobór przeglądu literatury; współudział w redagowaniu pierwszej wersji tekstu manuskryptu i wersji po poprawkach recenzenckich; opracowanie części ilustracyjnej; pełnienie funkcji autora korespondencyjnego.

[A11] **Mądział, M.**; Campisi, T.; Jaworski, A.; Tesoriere, G. The Development of Strategies to Reduce Exhaust Emissions from Passenger Cars in Rzeszow City—Poland A Preliminary Assessment of the Results Produced by the Increase of E-

Fleet. *Energies* 2021, 14, 1046. <https://doi.org/10.3390/en14041046> (IF2021 3.252); (punktacja ministerialna: 140)

Udział merytoryczny: kierowanie pracami zespołu, sformułowanie problemu badawczego, opracowanie koncepcji badań, przeprowadzenie badań; analiza wyników i formułowanie wniosków; przeprowadzenie i dobór przeglądu literatury; współudział w redagowaniu pierwszej wersji tekstu manuskryptu i wersji po poprawkach recenzenckich; opracowanie części ilustracyjnej; pełnienie funkcji autora korespondencyjnego.

[A12] **Mądział, M.**; Campisi, T.; Jaworski, A.; Kuszewski, H.; Woś, P. Assessing Vehicle Emissions from a Multi-Lane to Turbo Roundabout Conversion Using a Microsimulation Tool. *Energies* 2021, 14, 4399. <https://doi.org/10.3390/en14154399> (IF2021 3.252) (punktacja ministerialna: 140)

Udział merytoryczny: kierowanie pracami zespołu, sformułowanie problemu badawczego, opracowanie koncepcji badań, przeprowadzenie badań; analiza wyników i formułowanie wniosków; przeprowadzenie i dobór przeglądu literatury; współudział w redagowaniu pierwszej wersji tekstu manuskryptu i wersji po poprawkach recenzenckich; opracowanie części ilustracyjnej; pełnienie funkcji autora korespondencyjnego.

[A13] Campisi T., **Mądział M.**, Nikiforiadis A., Basbas S., Tesoriere G. An Estimation of Emission Patterns from Vehicle Traffic Highlighting Decarbonisation Effects from Increased e-fleet in Areas Surrounding the City of Rzeszow (Poland). In: Gervasi O. et al. (eds) *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2021. ICCSA 2021. Lecture Notes in Computer Science*, vol 12953. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-86976-2_47 (Indeksowany w Web of Science oraz Scopus);

Udział merytoryczny: współudział w sformułowaniu problemu badawczego, opracowaniu koncepcji badań i przeprowadzeniu badań; analiza wyników i formułowanie wniosków; przeprowadzenie i dobór przeglądu literatury; współudział w redagowaniu pierwszej wersji tekstu manuskryptu i wersji po poprawkach recenzenckich; opracowanie części ilustracyjnej; autor prawa własności intelektualnej na stanowisko badawcze wykorzystane w publikacji.

[A14] Jaworski, A.; **Mądział, M.**; Kuszewski, H. Sustainable Public Transport Strategies—Decomposition of the Bus Fleet and Its Influence on the Decrease in Greenhouse Gas Emissions. *Energies* 2022, 15. <https://doi.org/10.3390/en15062238> (IF2022 3.2) (punktacja ministerialna: 140)

Udział merytoryczny: współudział w sformułowaniu problemu badawczego, opracowaniu koncepcji badań i przeprowadzeniu badań; analiza wyników i formułowanie wniosków; przeprowadzenie i dobór przeglądu literatury; współudział w redagowaniu pierwszej wersji tekstu manuskryptu i wersji po poprawkach recenzenckich; opracowanie części ilustracyjnej.

[A15] **Mądział, M.**, Campisi, T. Assessment of vehicle emissions at roundabouts: a comparative study of PEMS data and microscale emission model. *Archives of Transport* 2022, 63(3), 35-51. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.9926> (Indeksowany w bazach Scopus) (punktacja ministerialna: 100)

Udział merytoryczny: sformułowanie problemu badawczego, opracowanie koncepcji badań, przeprowadzenie badań; analiza wyników i formułowanie wniosków; przeprowadzenie i dobór przeglądu literatury; współudział w redagowaniu pierwszej wersji tekstu manuskryptu i wersji po poprawkach recenzyjnych; opracowanie części ilustracyjnej; pełnienie funkcji autora korespondencyjnego.

[A16] Mądziel, M.; Campisi, T. Investigation of Vehicular Pollutant Emissions at 4-Arm Intersections for the Improvement of Integrated Actions in the Sustainable Urban Mobility Plans (SUMPs). Sustainability 2023, 15, 1860. <https://doi.org/10.3390/su15031860> (IF2023 3.3) (punktacja ministerialna: 100)

Udział merytoryczny: sformułowanie problemu badawczego, opracowanie koncepcji badań i przeprowadzenie badań; analiza wyników i formułowanie wniosków; przeprowadzenie i dobór przeglądu literatury; współudział w redagowaniu pierwszej wersji tekstu manuskryptu i wersji po poprawkach recenzyjnych; opracowanie części ilustracyjnej; pełnienie funkcji autora korespondencyjnego.

[A17] Jaworski, A.; Mateichyk, V.; Kuszewski, H.; Mądziel, M.; Woś, P.; Babiarz, B.; Śmieszek, M.; Porada, S. Towards Cleaner Cities: An Analysis of the Impact of Bus Fleet Decomposition on PM and NOX Emissions Reduction in Sustainable Public Transport. Energies 2023, 16, 6956. <https://doi.org/10.3390/en16196956> (IF2023 3.0) (punktacja ministerialna: 140)

Udział merytoryczny: współudział w sformułowaniu problemu badawczego, opracowaniu koncepcji badań i przeprowadzeniu badań; analiza wyników i formułowanie wniosków; przeprowadzenie i dobór przeglądu literatury; współudział w redagowaniu pierwszej wersji tekstu manuskryptu i wersji po poprawkach recenzyjnych; opracowanie części ilustracyjnej.

W obszarze naukowym nr 2 cykl publikacji obejmuje łącznie 8 współautorskich artykułów naukowych, przy czym Habilitant jest pierwszym (5), drugim (2) lub ostatnim (1) autorem. W odniesieniu do obszaru naukowego nr 2 źródła publikacji stanowią szerszy wachlarz, obejmujący 4 prace ponownie wydane w Energies, natomiast pozostałe 4 z nich w innych źródłach (1 w International Journal of Automotive and Mechanical Engineering- 70 pkt, 1 w Springer-brak punktacji, 1 w Archives of Transport- 100 pkt oraz 1 w Sustainability- 100 pkt).

Zasadniczym celem naukowym cyklu publikacji było zdaniem Habilitanta poszerzenie wiedzy z zakresu pomiaru emisji oraz zużycia energii pojazdów samochodowych oraz efektywne przetworzenie tych danych w celu stworzenia miarodajnych i rzetelnych modeli emisji spalin oraz zużycia energii pojazdów samochodowych. Modele takie mają zastosowanie praktyczne i są pomocne do analiz drogowych i infrastrukturalnych przy użyciu narzędzi służących do mikrosymulacji ruchu. Okres przeprowadzonych badań był pięcioletni i obejmował lata 2020-2024r. Osiągnięcie naukowe jest kontynuacją i rozszerzeniem badań realizowanych w ramach pracy doktorskiej.

Przedmiotowy cykl składa się łącznie z 17 publikacji opracowanych w latach 2020-2024, z czego 7 stanowią prace samodzielne, a 10 prace zespołowe. Dla 14 prezentowanych z cyklu prac Habilitant jest autorem wiodącym. Osiągnięcia naukowe są opracowaniami angielskojęzycznymi, w tym 14 prac posiada określony Impact Factor i jest notowanych przez Journal Citation Reports, 2 publikacje są notowane przez Journal Citation Reports, ale dla roku publikacji nie posiadają Impact Factor, natomiast 1 publikacja pochodzi z materiałów konferencyjnych (indeksowana w bazach Scopus oraz WoS).

Z obszaru pierwszego osiągnięcia naukowego pt. *Tworzenie modeli emisji spalin oraz zużycia energii pojazdów samochodowych* stanowiącego cykl 9 artykułów mając na uwadze walory naukowe oraz wkład własny w nowe i oryginalne treści Habilitanta za wartościowe i autorskie należy uznać następujące:

- W pracy [A1] przedawniono problematykę emisji CO₂ przez pojazdy hybrydowe, które w mniejszym stopniu (ze względu na samo rozwiązanie stanowiące połączenie napędu elektrycznego i spalinowego oraz liczbę stanowiącą populację generalną), niż tradycyjne pojazdy spalinowe emitują substancje szkodliwe do atmosfery. Opracowany model mikroskalowy oferuje bardziej precyzyjne dane o emisjach dla pojazdów hybrydowych, jednocześnie rozwiązując niedoskonałości istniejących modeli mikroskalowych. Zaletą modelu

jest fakt, że może on być dowolnie rozbudowywany oraz stosowany do testów symulacyjnych, co więcej w szerszym rozumieniu może stanowić podstawę do tworzenia strategii redukcji emisji CO₂ do atmosfery.

- Praca [A2] prezentuje metodykę analizy danych dotyczących pojazdów elektrycznych przy zastosowaniu środowiska Python. Osiągnięciem Autora było opracowanie kompleksowej metody klasyfikacji i analizy zestawów danych pojazdów elektrycznych, ze szczególnym uwzględnieniem parametru zużycia energii. Przedstawiono analizę korelacji występującą pomiędzy wybranymi parametrami a zużyciem energii. Umożliwia ona identyfikację wzorców i klastrów danych do dalszej analizy. Opracowano metodę wyboru najlepszych predyktorów dla danej zmiennej objaśniającej, co jest kluczowe dla tworzenia modeli uczenia maszynowego.
- Nowe podejście do modelowania emisji CO₂ z pojazdów zasilanych gazem LPG zaprezentowano w artykule [A3]. Osiągnięciem Habilitanta było opracowanie jednej z pierwszych metodyk tworzenia mikroskalowych modeli emisji CO₂ dla pojazdów zasilanych LPG. W badaniu uwzględniono dane pochodzące z testów drogowych, do których wykorzystano przenośny system pomiaru emisji (PEMS) oraz interfejs diagnostyki pokładowej (OBDII). Wątpliwa wydaje się walidacja jakości opracowanego modelu, dla której uzyskano niski współczynnik determinacji wynoszący $R^2 = 0,61$ dla zestawu testowego. Pomimo tego, praca stanowi istotny wkład w dziedzinę badań nad emisjami pojazdów zasilanych alternatywnymi paliwami, oferując narzędzie do szacowania wpływu pojazdów zasilanych LPG na środowisko naturalne.
- Model emisji z pojazdów hybrydowych, który można wykorzystać w mikrosymulacji ruchu pojazdów zaprezentowano w pracy [A4]. Ma ona szczególne znaczenie szczególnie w kontekście modelowania emisji CO₂ pojazdów hybrydowych w warunkach niskoemisyjnych sfer miejskich. Osiągnięciem Autora jest opracowanie dwuwymiarowego modelu emisji dla pojazdów hybrydowych z wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych. Model został również poddany walidacji osiągając współczynnik determinacji wynoszący $R^2 = 0,71$, co również nie stanowi imponującego z punktu widzenia badań naukowych wyniku. Jednak, co należy podkreślić model został zweryfikowany poprzez zastosowanie go do symulacji w warunkach miejskich do: ograniczeń prędkości przy przejściach dla pieszych, podniesionych stref przejść na skrzyżowaniach oraz w warunkach scenariusza wykorzystującego progi zwalniające. Na podstawie wyników symulacji zostały sformułowane rekomendacje dotyczące projektowania rozwiązań drogowych w strefach niskoemisyjnych.
- Praca [A5] ma charakter przeglądowy i skupia się na analizie istniejących rozwiązań w zakresie istniejących modeli emisji spalin z pojazdów oraz symulatorów ruchu drogowego. Habilitant zestawiał wachlarz zróżnicowanych narzędzi służących do szacowania emisji spalin oraz symulacji ruchu, klasyfikując je według skali na: mikro, mezo i makro dokładność. Jej osiągnięciem jest pomoc w wyborze odpowiednich narzędzi do konkretnych zastosowań. Ponadto publikacja zawiera rekomendacje dotyczące stosowania omówionych modeli oraz omawia przyszłe trendy w rozwoju narzędzi do modelowania emisji i ruchu drogowego. Opracowanie zawiera również dane wejściowe niezbędne do przeprowadzenia analiz dla modeli emisji z uwzględnieniem różnego stopnia ich szczegółowości. Stanowią one kluczową wskazówkę dla dalszego rozwoju badań nad modelami emisji i ruchu drogowego.
- Metodyka pomiaru oraz opracowanie modelu obliczeniowego emisji CO₂ dla pojazdów posiadających na wyposażeniu układ elektroniczny start-stop, który automatycznie włącza i wyłącza silnik w czasie postoju była głównym celem pracy [A6]. Habilitant opracował model uwzględniający prędkość, przyspieszenie oraz pochylenie podłużne drogi do przewidywania emisji CO₂. Zdaniem Autora powyższy przypadek nie był przedmiotem rozważań autorów innych publikacji. Badania zrealizowano przy użyciu trzech metod uczenia maszynowego, których wyniki zobrazowano graficznie. Najbardziej skuteczna okazała się metoda *gradient boosting*

z najwyższym testowym (choć nie bardzo dobrym z punktu widzenia badań naukowych) współczynnikiem determinacji wynoszącym $R^2=0,74$.

- Przedmiotem rozważań w publikacji [A7] były pojazdy elektryczne (*Electronic Vehicles, EV*). Osiągnięciem Habilitanta było opracowanie dwóch predykcyjnych modeli zużycia energii EV, dostosowanych do warunków zimowych i letnich, opartych na rzeczywistych cyklach jazdy przy zastosowaniu sieci neuronowych. Zaproponowane modele zostały zweryfikowane i osiągnęły zadowalające wyniki wskaźników walidacji - dla danych testowych w warunkach letnich współczynnik determinacji wynoszący $R^2 = 0,86$ i średni błąd kwadratowy (*Mean Squared Error, MSE*) $MSE = 1,4$ oraz dla warunków zimowych wartości powyższe wyniosły odpowiednio $R^2 = 0,89$ i $MSE = 2,8$. Wartością dodaną było ponadto opracowanie narzędzia (w formie algorytmu) stanowiącego wsparcie dla decydentów w zarządzaniu drogami miejskimi oraz lepsze planowanie sieci infrastruktury ładowania. Ponadto modele mogą stanowić wskazówki w procesie planowania nowej sieci infrastruktury ładowania pojazdów elektrycznych w Polsce.
- Tematyka pracy [A8] dotyczy opracowania modelu emisji chwilowej CO_2 dla pojazdu zasilanego gazem ziemnym (*Compressed Natural Gas, CNG*). Badanie przeprowadzono na hamowni podwoziowej oraz w środowisku naturalnym, tj. testów drogowych z użyciem przenośnego systemu pomiaru emisji (PEMS). Model wykonano w środowisku programistycznym Python, dla którego najskuteczniejszym predyktorem okazała się technika XGBoost. Dzięki wykorzystaniu środowiska Optuna możliwe było zastosowanie metodyki optymalizacji hiperparametrów (tj. takich, które mają największy wpływ na zdolności predykcyjne modelu). Wysoka wartość współczynnika determinacji $R^2 = 0,9$ dla hamowni oraz nieco niższa $R^2 = 0,7$ w warunkach drogowych i wartości RMSE wynoszące odpowiednio 0,49 i 0,71 potwierdziły praktyczną przydatność modeli do prognozowania emisji CO_2 pojazdów zasilanych CNG w różnych środowiskach eksploatacji. Co więcej model został zintegrowany w aplikację umożliwiającą prognozowanie emisji na podstawie danych wejściowych dotyczących prędkości oraz przyspieszenia pojazdu (potwierdzając uniwersalność i użyteczność opracowanego rozwiązania).
- Istotą publikacji [A9] była zmienność i dynamika rozwoju nowoczesnych systemów napędowych. Habilitant skupił w niej główną uwagę na zbadaniu technik umożliwiających dokładne odwzorowanie etapów zatrzymywania silnika, podczas których nie występują emisje. Jego celem była predykcja emisji niespalonych węglowodorów (THC) i tlenków azotu (NO_x). Osiągnięciem Autora było opracowanie nowatorskiej metodyki modelowania emisji dla pojazdów z technologią start-stop, umożliwiającej dokładne odwzorowanie złożoności procesów emitowania THC i NO_x w zróżnicowanych warunkach pracy (zimny i rozgrzany) silnika. Model posiada możliwości generacji map emisji chwilowej niespalonych węglowodorów (THC) z rozróżnieniem warunków pracy, tj. dla zimnego i rozgrzanego silnika.

Przedłożony cykl publikacji zawiera wyniki i analizy badań laboratoryjnych, symulacyjnych oraz przeprowadzonych w naturalnym środowisku, tj. w warunkach drogowych. Ich efektem są zaprojektowane autorskie metodyki kalibracyjne modeli symulacyjnych oraz metodyki tworzenia modeli emisji oraz zużycia energii wytwarzanej z pojazdów. Opracowane modele emisji spalin z pojazdów służyły następnie do przeprowadzenia szeregu symulacji w zakresie ich aplikacyjnego wykorzystania do przeprowadzonych analiz ruchu pojazdów. Zaproponowane nowe podejście do modelowania emisji i zużycia energii z pojazdów bazuje na języku programowania Python, który posiada zdolność do szybkiego przetwarzania danych wejściowych i wygenerowania średnich wskaźników, takich jak sumy oraz mapy emisji szkodliwych składników spalin. Opracowany sposób postępowania został oparty na uczeniu maszynowym, które automatyzuje tworzenie modeli analitycznych i stanowi jedną z gałęzi sztucznej inteligencji. W zbiorze technik znalazły się m.in. regresja (liniowa i odpornościowa), maszyny

wektorów nośnych, drzewa decyzyjne oraz sztuczne sieci neuronowe. Utworzone modele emisji zostały również połączone z aplikacjami do symulacji ruchu drogowego.

Obszar drugi osiągnięcia naukowego pt. *Symulacyjne modelowanie ruchu pojazdów i obliczenia emisji spalin* stanowiły współautorskie publikacje [A10-A17]. Poniżej przedstawiono ich krótkie charakterystyki:

- Praca [A10] stanowi rozszerzenie badań przeprowadzonych w ramach rozprawy doktorskiej w zakresie modelowania ruchu pojazdów na rondach i jego wpływu na emisję spalin. Do mikro symulacji ruchu został wykorzystany program Vissim, przy użyciu którego porównano emisje z ruchu na rondach dwupasowych i turbinowych. Przeprowadzone symulacje wykazały przydatność do analizy wielkości emisji i identyfikacji zależności występującymi pomiędzy parametrami ruchu a emisjami spalin. Zdaniem Autorów badanie posiada potencjał do wprowadzenia zmian w przepisach dotyczących projektowania skrzyżowań drogowych, które mogą zredukować emisję spalin z pojazdów.
- Rondo jako rodzaj skrzyżowania wpływa na usprawnienie i zwiększenie bezpieczeństwa oraz płynności ruchu w aglomeracji miejskiej. Jednak w godzinach szczytu komunikacyjnego pojazdy stanowiące potoki ruchu są narażone szczególnie przy wjeździe na manewr częstego zatrzymywania się i ruszania. W nawiązaniu do powyższego zjawiska przedmiotem analiz pracy [A11] Habilitanta były samochody wyposażone w funkcję start-stop emitujące podczas takich manewrów pyły typu $PM_{2.5}$ i PM_{10} (o średnicach cząstek odpowiednio poniżej 2,5 i 10 μm , takich jak sadza czy bardzo drobne pyły, tzw. *fine particles*). Badano w m. Rzeszów zróżnicowane scenariusze pod względem rodzajów napędów pojazdów stanowiących potok i stwierdzono, że zwiększenie udziału pojazdów z napędem elektrycznym o 25% skutkuje zmniejszeniem stężenia bardzo drobnych pyłów (PM_{10}) o około 30% wzdłuż obwodnicy oraz spowoduje istotną redukcję stężenia pyłów na drogach dojazdowych do skrzyżowania. Ponadto rekomendowano zmianę geometrii drogi i wprowadzenie ronda turbinowego.
- Publikacja [A12] dotyczy emisji spalin z pojazdów poruszających się na skrzyżowaniu typu rondo, przy czym rozważono zróżnicowane natężenia ruchu (w tym w czasie COVID-19) i wzięto pod uwagę różne rodzaje rond. Zdaniem Autora przejście z ronda wielopasowego na rondo turbinowe może skutkować redukcją emisji nawet o 30% przy analogicznym składzie floty pojazdów biorących udział w badaniu. Dodatkowo opracowana metodyka postępowania może stanowić narzędzie wspomagające sporządzanie zrównoważonych planów mobilności miejskiej (SUMPs), uwzględniających inwestycje w nową infrastrukturę drogową oraz scenariusze interwencji mające na celu zmniejszenie zatorów drogowych i emisji z pojazdów w m. Rzeszów.
- Praca [A13] stanowi efekt współpracy z Uniwersytetem w Ennie oraz naukowcami z Uniwersytetu Aristotelesa w Salonikach. Ma ona wymiar praktyczny, gdyż jej efektem jest zastosowanie modeli emisji CO na wybranym skrzyżowaniu w m. Rzeszów, a potencjalne zmniejszenie emisji CO oraz CO_2 w transporcie można osiągnąć poprzez wprowadzenie hybrydowej oraz w pełni elektrycznej floty pojazdów. Według przeprowadzonych badań już 10% elektryfikacja floty pozwala na znaczną redukcję emisji tlenków węgla, jednak aby uzyskać istotne zmniejszenie emisji na skrzyżowaniach drogowych celowa jest wartość udziału na poziomie wynoszącym 30%.
- Współpracę Habilitanta z otoczeniem społeczno- gospodarczym dokumentują wyniki prac [A14-A17]. Wykonano je na zlecenie Związku Gmin „Podkarpackiej Komunikacji Samochodowej”. Przedmiotem było określenie wpływu emisji CO na efekt cieplarniany w kontekście wymiany floty starszych autobusów na nowocześniejsze, niskoemisyjne modele. Badania przeprowadzone w oparciu o rzeczywiste dane z 52 autobusów kursujących na 13 trasach w aglomeracji Rzeszowa i sąsiednich gminach [A14] wykazały, że modernizacja floty przyczyniła się do redukcji emisji CO_{2e} o około 450 ton. W publikacji [A17] stwierdzono, że dzięki realizacji projektu, polegającej na

wymianie 52 starych autobusów na nowe pojazdy spełniające normę emisji Euro VI oraz budowie nowych miejsc Park & Ride (P&R), średnia roczna redukcja emisji wyniosła około 703,6 kg PM₁₀, około 692,7 kg PM_{2.5} oraz około 10,4 ton NO_x. Praca [A15] stanowiła (w porównaniu do doktoratu) rozwój i weryfikację dostępnych modeli emisji w skali mikro, pod kątem ich stosowalności do obiektów infrastrukturalnych, typu rondo. Jej efektem było opracowanie lepszych jakościowo (gdyż uwzględniających specyfikę ruchu i obciążenia silnika) modeli emisji spalin. Modelowanie różnych wariantów skrzyżowań zostało przeprowadzone przy użyciu oprogramowania do mikrosymulacji ruchu VISSIM. Analiza [A16] obejmowała określone scenariusze przepływu ruchu, dla których dokonano pomiarów opóźnień oraz emisji szkodliwych składników spalin, takich jak NO_x i PM₁₀. Jej przydatność polega na przedstawieniu propozycji dotyczących skrzyżowań, lokalizacji przejść dla pieszych oraz strategii zrównoważonej mobilności miejskiej (SUMP).

Reasumując prace wskazane jako osiągnięcie naukowe Habilitanta stanowią istotny wkład w zrównoważone rozwiązania transportowe, zwłaszcza w kontekście pojazdów hybrydowych, elektrycznych oraz zasilanych paliwami alternatywnymi. Autor główny wysiłek intelektualny skoncentrował na rozwijaniu nowoczesnych metod modelowania emisji spalin oraz zużycia energii przez pojazdy wyposażone w różne rodzaje napędów. Celem prac była poprawa istniejących metod prognozowania emisji w warunkach rzeczywistych. Opracowane modele umożliwiają generowanie map emisji, prognozowanie emisji spalin w różnych warunkach eksploatacyjnych (zimny i rozgrzany silnik) oraz podczas różnych faz ruchu pojazdu, takich jak ruszanie i zatrzymanie się (z funkcją start-stop). Publikacje obejmowały opracowanie metod modelowania zużycia energii dla pojazdów elektrycznych, co pozwoliło na stworzenie precyzyjnych modeli energetycznych dla różnych warunków klimatycznych i typów tras. Przedstawione modele mogą być używane w procesach symulacji oraz służyć do planowania nowej infrastruktury obejmującej lokalną lub regionalną sieć ładowania dla pojazdów elektrycznych. Zbiór prac wpisuje się również w strategię zrównoważonego transportu i wskazuje wpływ nowoczesnych technologii na środowisko naturalne. Do najważniejszych nowych osiągnięć stanowiących znaczący wkład w rozwój dyscypliny zaliczam:

- opracowanie autorskich metod badawczych umożliwiających analizę i ocenę emisji spalin i zużycia energii dla pojazdów z napędem spalinowym, hybrydowym, LPG oraz CNG;
- opracowanie modeli i przeprowadzenie badań symulacyjnych dotyczących ruchu pojazdów w obszarze zabudowanym, a w szczególności w obrębie skrzyżowań różnego rodzaju;
- poprawę jakościową modeli służących do emisji spalin i cząstek stałych;
- analizę porównawczą wyników dotyczących emisji spalin w warunkach hamowni oraz w testach drogowych;
- sformułowanie propozycji (wytycznych) przydatnych do planowania polityki transportowej aglomeracji miejskiej w obszarze kreowania rozwiązań dotyczących zrównoważonego transportu;
- wskazanie metod uczenia maszynowego przydatnych z punktu widzenia emisji drogowych, zwłaszcza w kontekście nowoczesnych konstrukcji pojazdów z napędem hybrydowym.

4. Ocena pozostałej aktywności naukowej

Do innych istotnych osiągnięć naukowych Habilitanta można zaliczyć:

- autorstwo i współautorstwo dorobku naukowego obejmującego łącznie 95 publikacji, z czego 27 (po doktoracie) znajduje się na liście JCR;
- aktywną działalność w ramach koła naukowego, której efektem było kilkanaście prac opublikowanych w monografiach naukowych oraz jako materiały konferencyjne;

- udział w 6 konferencjach naukowych;
- trzykrotne wyróżnienie nagrodą Rektora Politechniki Rzeszowskiej za działania na rzecz rozwoju i promowanie pozytywnego wizerunku uczelni oraz otrzymanie Stypendium Rektora dla najlepszych studentów (czterokrotnie);
- realizację badań dotyczących pomiaru emisji spalin w warunkach laboratoryjnych w hamowni podwoziowej oraz podczas testów drogowych z wykorzystaniem systemu do mobilnego pomiaru emisji spalin. Wyniki tych prac obejmują korelację emisji m.in. z warunkami otoczenia oraz obciążeniem pojazdu podczas testów. Prace były realizowane w ramach zespołowych projektów Katedry Pojazdów Samochodowych i Inżynierii Transportu, a ich wyniki opublikowane zostały w czasopismach z Impact Factor indeksowanych w bazach Web of Science oraz Scopus;
- realizacja badań w obszarze paliw i ich mieszanek a szczególnie właściwości samozapłonu mieszanin biodesla o wysokiej liczbie cetanowej, estrów metylowych oleju rzepakowego oraz 1-butanolu. W ramach tych prac opracowano alternatywne kryterium oceny smarności, oparte na pomiarze obciążenia zatarcia przy użyciu maszyny czterokulowej;
- uczestnictwo w projektach dotyczących tworzenia platform szkoleniowych dla kadry przyszłości, w których głównym obszarem badań była tematyka sztucznej inteligencji, uczenia maszynowego oraz przetwarzania brzegowego. Prace były realizowane w dużych międzynarodowych zespołach badawczych, z udziałem licznych europejskich ośrodków badawczych, m.in. Uniwersytet Loannina w Grecji, Politechnika w Turynie we Włoszech, Uniwersytet Ramon LLull w Hiszpanii, Uniwersytet w Pizie we Włoszech, Uniwersytet Loughborough w Wielkiej Brytanii oraz Królewski Instytut Techniczny w Szwecji, we współpracy z przedsiębiorstwami takimi jak Bobst Germany, Elecnor w Hiszpanii oraz ValueDo we Włoszech;
- aktywną współpracę międzynarodową dotyczącą: wspólnych badań (testów drogowych), realizacji projektów europejskich (np. "JANUS - e-Pedagogy and Virtual Reality Based Robotic Blended Education" (nr: 2020-1-PL01-KA226-HE-095371; "Practical Learning of Artificial Intelligence on the Edge for Industry 4.0., -projekt Nr 621639-EPP-1-2020-1-IT-EPPKA2-KA), projektów wspierających edukację inżynierów współfinansowanych w ramach programu Erasmus+ Unii Europejskiej czy programu mobilności nauczycieli akademickich na Uniwersytecie w Splicie w Chorwacji (2024r.);
- szeroką współpracę wyrażającą się wspólnymi publikacjami w czasopismach o zasięgu międzynarodowym, współudział jako edytor, recenzent i uczestnik rad redakcyjnych międzynarodowych wydawnictw.

Pan dr inż. Maksymilian MĄDZIEL jest autorem/współautorem łącznie 34 publikacji indeksowanych w bazie Scopus oraz 31 publikacji indeksowanych Web of Science (WoS). Powyższe dane skutkują odpowiednio łącznymi liczbami cytowań wynoszącymi 524 i 407 oraz indeksami Hirsha (*h*-indeks) wynoszącymi 14 i 13 w obu bazach. Przedstawione wartości parametrów naukowych (stan na 27.12.2024r.) wskazują na rozpoznawalność i zainteresowanie środowiska naukowego pracami Habilitanta i nie budzą wątpliwości recenzenta.

5. Ocena działalności dydaktycznej, organizacyjnej i w zakresie popularyzacji nauki

Dorobek dydaktyczny dr inż. Maksymiliana MĄDZIELA obejmuje realizację praktycznie wszystkich form prowadzenia zajęć z kilku przedmiotów, których wykaz jest dość szeroki, ale większość mieści się w głównym obszarze Jego zainteresowań. Habilitant był promotorem łącznie 16 prac inżynierskich oraz 24 magisterskich a także recenzentem 16 prac dyplomowych. Wykonał również szereg recenzji do artykułów naukowych w zbiorze 12 różnych rodzajów czasopism (w większości MDPI) posiadających Impact Factor (IF).

W zakresie działalności organizacyjnej dr inż. Maksymilian MĄDZIEL współtworzy od 2023r. sekcję tematyczną wydania specjalnego pt. "Modern Power Electronics: Sustainable Electric Vehicles, Renewable Energy Applications, and Power Quality Management" w czasopiśmie *Sustainable*

Computing: Informatics and Systems, Elsevier (Citescor 10.7, IF 4.5). W tym samym roku został również członkiem rady redakcyjnej czasopisma *The Open Transportation Journal* (Citescor 2.1). W latach 2014-2019 pełnił funkcję członka komitetu organizacyjnego międzynarodowej konferencji SAKON (*System and Means of Motor Transport*). W latach 2020-2022 był członkiem komitetów organizacyjnych międzynarodowej konferencji *Lean Learning Academy*. Habilitant przyczynił się również do powstania Laboratorium Modelowania Procesów Transportowych, gdzie zajmował się wdrażaniem i obsługą oprogramowania *Flexsim* oraz *Vissim*. Ponadto wdrażał oprogramowanie *Goodloading* do planowania procesu załadunku. Habilitant uzyskiwał również nagrody Rektora Politechniki Rzeszowskiej za działalność publikacyjną 2022, 2023). Ponadto był wielokrotnym stypendystą dla: najlepszych studentów i najlepszych doktorantów. W roku 2014 otrzymał stypendium Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego za wybitne osiągnięcia za rok akademicki 2013/2014.

Pozytywnie oceniam *aktywność* na rzecz rozwoju kadry naukowej oraz *współpracę* Habilitanta z otoczeniem społeczno-gospodarczym. W ramach aktywności na rzecz rozwoju kadry dr inż. Maksymilian MĄDZIEL sprawował opiekę naukową nad realizacją praktyki zawodowej w ramach stażu badawczego organizowanego przez IAESTE (*The International Association for the Exchange of Students for Technical Experience*) dla 5-ciu osób. W ramach popularyzacji nauki podczas dni otwartych Politechniki Rzeszowskiej, prezentował 5-ciokrotnie uczestnikom tego wydarzenia laboratorium hamowni podwoziowej oraz stacji diagnostycznej funkcjonującej przy Katedrze Pojazdów Samochodowych i Inżynierii Transportu. Występował w TVP Rzeszów w ramach Programu *Smog* oraz Polsat News w programie *Czysta Polska*. W tym drugim przypadku w ramach promocji projektu *Politechniczna Sieć Via Carpatia*. Ponadto uczestniczył w przygotowaniu i wygłoszeniu materiałów łącznie do 30 prezentacji konferencyjnych.

6. Wniosek końcowy

Po przeprowadzeniu oceny osiągnięć dr inż. Maksymiliana MĄDZIELA przedstawionych we wniosku habilitacyjnym stwierdzam, że Jego dorobek naukowy spełnia wymagania określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668, z późn. zm.) i może stanowić podstawę ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego w dziedzinie *nauk inżynieryjno-technicznych* w dyscyplinie naukowej *inżynieria lądowa, geodezja i transport*.

Wnoszę o nadanie dr inż. Maksymilianowi MĄDZIELOWI stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie *nauk inżynieryjno-technicznych* w dyscyplinie naukowej *inżynieria lądowa, geodezja i transport*.