

**Autoreferat  
przedstawiający opis dorobku i osiągnięć  
naukowych, w szczególności określonych  
w art. 16 ust. 2 ustawy**

dr inż. Ewelina Sendek-Matysiak  
Politechnika Świętokrzyska  
Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn

## SPIS TREŚCI

1	Imię i nazwisko.....	3
2	Posiadane dyplomy, stopnie naukowe .....	3
3	Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych .....	3
4	Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.) .....	5
4.1	Tytuł osiągnięcia naukowego .....	5
4.2	Wykaz prac stanowiących osiągnięcie naukowe.....	6
4.3	Charakterystyka celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z przedstawieniem ich ewentualnego wykorzystania .....	7
4.3.1	Cel naukowy badań przedstawionych do oceny.....	7
4.3.2	Przedstawienie osiągniętych wyników badań .....	10
4.3.3	Ogólny sposób wykorzystania osiągniętych wyników badań .....	20
5	Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych .....	20
5.1	Działalność naukowo-badawcza, dydaktyczna i organizacyjna przed uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych .....	20
5.2	Działalność naukowo-badawcza prowadzona po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych (2008 – 2019).....	21
5.3	Działalność dydaktyczna prowadzona po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych (2008 – 2019).....	26
5.4	Działalność organizacyjna prowadzona po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych (2008 – 2019).....	29
5.5	Współpraca z innymi jednostkami naukowymi i przemysłem prowadzona po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych (2008 – 2019).....	30
5.6	Uzyskane nagrody, wyróżnienia i odznaczenia.....	30

## 1 Imię i Nazwisko

Ewelina Sendek-Matysiak

## 2 Posiadane dyplomy, stopnie naukowe

- 10.07.2008                      Stopień **doktora nauk technicznych** w dyscyplinie **Mechanika**.  
Rozprawa doktorska pt. **Badanie własności termicznych ośrodka za pomocą sondy termiczny Mupus-Pen**.  
Rozprawa obroniona na Wydziale Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej w dniu 10 lipca 2008r.  
Promotor: dr hab. Krzysztof Grysa, prof. PŚk.  
Recenzenci: dr hab. inż. Andrzej Blinowski, prof. UWM (Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie), dr hab. inż. Leszek Radziszewski, prof. PŚk (Politechnika Świętokrzyska).
- 2001 – 2005                      Studia doktoranckie w zakresie Budowa i Eksploatacja Maszyn
- 01.06.2001                      Stopień zawodowy **magistra inżyniera** na kierunku Elektrotechnika w zakresie Telekomunikacja uzyskany na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Świętokrzyskiej.

## 3 Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

- od 09. 2016                      Adiunkt – Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej, Katedra Pojazdów Samochodowych i Transportu.
- 09.2013 – 09.2016              Adiunkt – Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej, Katedra Pojazdów Samochodowych i Transportu.
- 10.2009 – 09.2010              Prodzikan Wydziału Informatyki, Zarządzania i Transportu Akademii Humanistyczno – Ekonomicznej w Łodzi.

- 10.2008 – 09.2013    Adiunkt – Wydział Informatyki, Zarządzania i Transportu Akademii Humanistyczno-Ekonomicznej w Łodzi, Katedra Systemów Transportowych.
- 10.2006 – 09.2009    nauczyciel akademicki – Wyższa Szkoła Handlowa im. Bolesława Markowskiego w Kielcach, Wydział Zarządzania, Katedra Transportu i Logistyki (umowa o dzieło).

#### **4 Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.)**

##### **4.1 Tytuł osiągnięcia naukowego**

Moim osiągnięciem naukowym, uzyskanym po otrzymaniu stopnia doktora nauk technicznych, stanowiącym istotny wkład w rozwój dyscypliny naukowej Transport, określonym w art. 16. ust. 2. obowiązującej ustawy, jest jednotematyczny cykl publikacji związanych z problematyką wprowadzania samochodów elektrycznych jako alternatywy wobec pojazdów spalinowych w celu obniżenia negatywnych oddziaływań środowiskowych pt. **Wieloaspektowa metodyka oceny efektywności wykorzystania samochodów elektrycznych w modelowaniu zrównoważonego systemu transportu drogowego.**

Jednotematyczny cykl publikacji, tworzący wskazane powyżej osiągnięcie naukowe, został wybrany według kryterium, które ma na celu pokazanie wielowymiarowego ujęcia procesu decyzyjnego oceny funkcjonowania samochodów elektrycznych w aspekcie bezpieczeństwa i efektywności realizacji strategii zrównoważonego rozwoju.

Takie podejście stanowi przemyślaną strategię budowy modelu decyzyjnego. Uwzględniana ona szereg aspektów związanych z identyfikacją czynników, które w sposób istotny wpływają na ich zrównoważony charakter i wpływ na środowisko. Opracowana metodyka wspomagania decyzji w kształtowaniu zrównoważonego systemu transportu drogowego w aspekcie oceny efektywności wdrażania samochodów elektrycznych, stanowi narzędzie pozwalające na wybór najlepszych rozwiązań i jest wymiernym efektem procesu modelowania systemu transportu drogowego o złożonych strukturach funkcjonalnych.

Jednym z istotnych elementów przeprowadzonych badań jest przedstawienie złożoności analizowanej problematyki oraz uporządkowanie wiedzy dotyczącej możliwości zastosowania narzędzi matematycznych do oceny wykorzystania samochodów elektrycznych w modelowaniu zrównoważonego systemu transportu drogowego.

Publikacje zawarte w punkcie 4.2 autoreferatu zamieszczone zostały w załączniku 7 jako pliki „hab.07.01.pdf ÷ hab-07.10.pdf”.

## 4.2 Wykaz prac stanowiących osiągnięcie naukowe

1. **Sendek-Matysiak E.:** *Wieloaspektowa analiza produkcji i eksploatacji samochodów elektrycznych w aspekcie zrównoważonego rozwoju*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce, 2019, ISBN 978-83-65719-56-0, s. 245, **25 (80<sup>1</sup>) pkt MNiSW**
2. **Sendek-Matysiak E., Pyza D. :** *Vehicle selection using a multi-criteria scoring method*, Archives of Transport, 48(4), s. 77-85, 2018, ISSN 0866-9546, **14 pkt MNiSW**.
3. **Sendek-Matysiak E.:** *Ocena cyklu życia samochodów elektrycznych typu BEV w kontekście zrównoważonego rozwoju*, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej Transport z. 123, s. 147–160, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2018, ISSN 1230-9265, **7 pkt MNiSW**.
4. **Sendek-Matysiak E.:** *Multi-criteria analysis and expert assessment of vehicles with different drive types regarding their functionality and environmental impact*, Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport, Vol. 102, 2019, ISSN 0209-3324, **9 pkt MNiSW**.
5. **Sendek-Matysiak E.:** *EV infrastructure as the dominant for electromobility progress in the world – analysis for years 2005-2016*, Edited by: Macioszek E., Sierpiński G., Conference: 15th Scientific and Technical Conference on Transport Systems. Theory and Practice 2018, Location Katowice, Poland, Date Sep 17-19, 2018, Sponsor(s): Silesian Univ Technol, Fac Transport, Dept Transport Syst & Traff Engn. Book Series: Lecture Notes in Networks and Systems, Volume 51, p. 55-65, **15 pkt MNiSW**.
6. **Sendek-Matysiak E.:** *Analysis of the electromobility performance in Poland and proposed incentives for its development*, 2018 XI International Science-technical Conference Automotive Safety, 2018, Location Casta Papiernicka, Slovakia, Date Apr 18-20, 2018, Sponsor(s): IEEE; Kielce Univ Technol, Fac Mechatron & Machine Engn, Dept Automot Vehicles & Transportat; Warsaw Univ Technol, Inst Automot Engn, Fac Automot & Construct Machinery Engn; Univ Zilina, Fac Operat & Econ Transport & Commun, Dept Road & Urban Transport, **15 pkt MNiSW**.
7. **Sendek-Matysiak E.:** *Niski poziom emisji hałasu przez samochody elektryczne BEV - zaleta czy wada?*, Autobusy, 2018, nr 12, s. 221-224, **7 pkt MNiSW**.

---

<sup>1</sup> Wg USTAWA z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce

8. **Sendek-Matysiak E.**, Szumska E.: *Infrastruktura ładowania jako jeden z elementów rozwoju elektromobilności w Polsce*, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport, Warszawa 2018, z. 121, s. 329-340, **7 pkt MNiSW**.
9. **Sendek-Matysiak E.**: *Ocena baterii litowo-jonowych stosowanych w samochodach elektrycznych typu BEV pod względem bezpieczeństwa i wpływu na środowisko*, Problemy Transportu i Logistyki, 2019, nr 2 (46), ISSN: 1644-275x, **10 pkt MNiSW**.
10. **Sendek-Matysiak E.**: *Przyszłość rynku motoryzacyjnego w aspekcie samochodów elektrycznych*, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej Transport, z. 123, s. 163–174, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2018, ISSN 1230-9265, **7 pkt MNiSW**.

### **4.3 Charakterystyka celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z przedstawieniem ich ewentualnego wykorzystania**

#### **4.3.1 Cel naukowy badań przedstawionych do oceny**

Zasadniczym celem naukowym prac przedstawionych do oceny jest opracowanie wieloaspektowej metodyki wspomagania decyzji kształtowania zrównoważonego systemu transportu drogowego w zastosowaniu do oceny efektywności i bezpieczeństwa funkcjonowania samochodów elektrycznych.

Wieloaspektowy charakter prezentowanej metodyki prowadzi do uwzględnienia w niej kryteriów sformułowanych w odniesieniu do obszarów technicznych, technologicznych, ekonomicznych i środowiskowych produkcji, użytkowania i wycofania z eksploatacji samochodów elektrycznych. W zakresie zidentyfikowanego w ten sposób celu badań wyodrębniono następujące zadania badawcze:

- rozpoznanie strategii zrównoważonego rozwoju i jej implementacja do samochodów elektrycznych;
- analiza działań na rzecz eliminowania negatywnych skutków transportu samochodowego;
- identyfikacja czynników wpływających na intensyfikację wdrażania samochodów elektrycznych;
- zidentyfikowanie i sformalizowanie ograniczeń rozwoju rynku samochodów elektrycznych, uwzględniających aspekty techniczne, technologiczne, ekonomiczne, społeczne;

- analiza potrzeb i kierunków zmian wpływających na rozwój elektromobilności;
- identyfikacja i klasyfikacja samochodów z napędem elektrycznym;
- analiza uwarunkowań techniczno-eksploatacyjnych funkcjonowania samochodów elektrycznych;
- analiza czynników wpływających na efektywność i bezpieczeństwo funkcjonowania samochodów elektrycznych;
- ocena zrównoważonego charakteru samochodów elektrycznych i ich wpływu na środowisko w całym cyklu życia;
- oszacowanie możliwości oraz efektywności zastosowania wielokryterialnych metod wspomagania decyzji w ocenie samochodów elektrycznych pod względem środowiskowym, technicznym i ekonomicznym;
- identyfikacja i formalizacja kryteriów oceny samochodów elektrycznych w kategoriach technicznych, ekonomicznych i środowiskowych;
- opracowanie praktycznych przykładów obliczeniowych prezentujących zastosowanie proponowanych metod do oceny samochodów elektrycznych.

Idea zrównoważonego i trwałego rozwoju stanowi w dzisiejszych czasach, obowiązujący postulat, sposób działania człowieka we wszystkich rozwiniętych i rozwijających się krajach świata. Zrównoważony i trwały rozwój ma na celu trwałą poprawę jakości życia współczesnych i przyszłych pokoleń poprzez właściwe kształtowanie proporcji między poszczególnymi rodzajami kapitału: ekonomicznym, ludzkim i przyrodniczym. Jednym z podstawowych założeń tej koncepcji jest zasada: „myśleć globalnie – działać lokalnie”.

Obecnie aspekt proekologiczności, tj. konieczności ograniczania negatywnego działania na środowisko naturalne, jest głównym czynnikiem prowadzącym do rozwoju techniki i technologii oraz organizacji we wszystkich dziedzinach gospodarki.

Zrównoważony rozwój transportu oraz ochrona środowiska naturalnego należą do obszarów zainteresowania Unii Europejskiej, które są związane z kształtowaniem proekologicznego systemu transportowego. W dokumentach Unii Europejskiej dotyczących wspólnej polityki transportowej i transportu już od wielu lat przyjęte są cele, priorytety oraz odpowiadające im działania, które mają na celu zapewnienie zrównoważonego rozwoju w danym obszarze. W Białej Księdze Transportu z 2011 roku pt. „Plan utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu – dążenie do osiągnięcia konkurencyjnego i zasobooszczędnego systemu transportu” zapisano, że kraje Unii Europejskiej do roku 2050



powinny ograniczyć emisje szkodliwych substancji do atmosfery o 60% w porównaniu z poziomem roku 1990 oraz wycofać z miast pojazdy z napędem spalinowym.

Otwiera to ogromne możliwości rozwoju samochodów elektrycznych, które do napędu wykorzystują tylko i wyłącznie energię elektryczną zmagazynowaną w akumulatorze pokładowym, który musi być regularnie ładowany, podłączając go do punktu ładowania przyłączonego do lokalnej sieci elektrycznej. Zgodnie z realizowaną przez Unię Europejską polityką transportową, takie samochody mają w przyszłości stanowić najważniejszy środek transportu. Według najbardziej optymistycznych prognoz w 2035 roku wszystkie sprzedawane w tym czasie nowe samochody osobowe mają być w pełni elektryczne. Ich wykorzystanie wiąże się jednak nie tylko z korzyściami, ale również przedstawia zagrożenia np. związane z wykorzystaniem metali ziem rzadkich, produkcją i utylizacją baterii oraz zapotrzebowaniem na energię na etapie eksploatacji. Również ich cicha praca jest dyskusyjna. Waga poruszonej tematyki wynika zatem z rzeczywistych dylematów związanych z wdrażaniem e-mobilności.

Wobec powyższego celem podjętych przez mnie badań było opracowanie metodyki wieloaspektowej oceny wykorzystania samochodów elektrycznych w modelowaniu zrównoważonego systemu transportu drogowego przy obecnych technologiach i technikach wytwarzania. W literaturze dotyczącej samochodów elektrycznych i elektromobilności oraz ich wpływu na środowisko, brak jest kompleksowych opracowań merytorycznych, które ujmowałyby tą problematykę w sposób systemowy wychodząc od ogólnej problematyki zrównoważonego transportu poprzez rozwój rynku samochodów elektrycznych i związane z tym problemy do równoważenia systemu elektroenergetycznego i analiz wielokryterialnych dotyczących samochodów elektrycznych i ich oddziaływania na środowisko. W tym aspekcie, aby wyczerpująco określić zrównoważony charakter tego typu samochodów i ich wpływ na środowisko przeanalizowałam cały cykl ich życia, obejmujący cykl pojazdu i „od szybu wiertniczego do kół”. Szczególną uwagę zwróciłam tam na baterie wykorzystywane w takich pojazdach. Metodyka ma charakter wieloaspektowy tzn. uwzględnia różne kryteria, w tym techniczno-technologiczne, ekonomiczne, bezpieczeństwa, jakościowe i środowiskowe.

W związku z powyższym, struktura przedstawionego dzieła naukowego wskazuje na złożoność analizowanych zagadnień i obejmuje zbiór artykułów naukowych i publikacji poświęconych:

- rozwojowi rynku samochodów elektrycznych [1, 5, 6, 8, 10];
- bezpieczeństwu użytkowania samochodów elektrycznych [1, 7];
- emisyjności zanieczyszczeń samochodów elektrycznych w fazie ich produkcji, eksploatacji i po wycofaniu z użytkowania [1, 3];

- emisyjności gazów cieplarnianych przy produkcji i recyklingu baterii stosowanych w samochodach elektrycznych [1, 9];
- emisyjności hałasu samochodów elektrycznych [1, 7];
- wpływowi ładowania samochodów elektrycznych na system elektroenergetyczny [1];
- wykorzystaniu samochodów elektrycznych w równoważeniu sieci elektroenergetycznej [1];
- wykorzystaniu baterii po ich wyeksploatowaniu w samochodach elektrycznych jako stabilizatory sieci elektroenergetycznej [1];
- opracowaniu matematycznego modelu oceny eksploatowanych samochodów elektrycznych [1, 2, 4].

Tym samym opracowana i przedstawiona w dziele naukowym metodyka stanowi aparat teoretyczny i praktyczny możliwy do wykorzystania do oceny samochodów elektrycznych jako alternatywy wobec pojazdów spalinowych w celu obniżenia negatywnych oddziaływań środowiskowych, przy obecnych uwarunkowaniach. Przedstawione podejście do oceny efektywności wykorzystania samochodów elektrycznych w kształtowaniu zrównoważonego systemu transportu drogowego może być stosowane nie tylko do celów badawczych ale także jako narzędzie dla decydentów na poziomie danego kraju, regionu czy jednolitego systemu transportu drogowego.

#### 4.3.2 Prezentowanie osiągniętych wyników badań

Autorskim osiągnięciem przedstawionym w jednotematycznym cyklu publikacji pt. **Wieloaspektowa metodyka oceny efektywności samochodów elektrycznych w modelowaniu zrównoważonego systemu transportu drogowego** jest opracowanie podejścia do kształtowania zrównoważonego systemu transportu drogowego w aspekcie oceny efektywności wykorzystania samochodów elektrycznych jako alternatywy wobec pojazdów spalinowych. Podejście to obejmuje wymienione w celu naukowym zagadnienia, tj.:

- rozpoznanie strategii zrównoważonego rozwoju i jej implementacja do samochodów elektrycznych;
- analiza działań na rzecz eliminowania negatywnych skutków transportu samochodowego;
- identyfikacja czynników wpływających na intensyfikację wdrażania samochodów elektrycznych;

- zidentyfikowanie i sformalizowanie ograniczeń rozwoju rynku samochodów elektrycznych, uwzględniających aspekty techniczne, technologiczne, ekonomiczne, społeczne;
- analiza potrzeb i kierunków zmian wpływających na rozwój elektromobilności;
- identyfikacja i klasyfikacja samochodów z napędem elektrycznym;
- analiza uwarunkowań techniczno-eksploatacyjnych funkcjonowania samochodów elektrycznych;
- analiza czynników wpływających na efektywność i bezpieczeństwo funkcjonowania samochodów elektrycznych;
- ocena zrównoważonego charakteru samochodów elektrycznych i ich wpływu na środowisko w całym cyklu ich życia;
- oszacowanie możliwości oraz efektywności zastosowania wielokryterialnych metod wspomagania decyzji w ocenie samochodów elektrycznych pod względem środowiskowym, technicznym i ekonomicznym przy obecnych uwarunkowaniach;
- identyfikacja i formalizacja kryteriów oceny samochodów elektrycznych w kategoriach technicznych, ekonomicznych i środowiskowych;
- opracowanie praktycznych przykładów obliczeniowych prezentujących zastosowanie proponowanych metod do oceny samochodów elektrycznych.

Proponowane w dziele naukowym podejście zostało zawarte w cyklu publikacji obejmującym:

- serię artykułów naukowych [2÷10] przedstawiających rozważania nad wybranymi problemami związanymi z rozwojem rynku samochodów elektrycznych, ich produkcją i eksploatacją oraz infrastrukturą dedykowaną dla tego typu pojazdów, w tym modele matematyczne oceny ich funkcjonowania, oraz analiza czynników i warunków zapewnienia odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa funkcjonowania;
- monografię autorską [1], której zasadniczą częścią jest model oceny funkcjonowania samochodów elektrycznych oraz algorytmy wyboru i oceny wariantów pojazdów z różnym typem napędu możliwych i dopuszczalnych do realizacji zrównoważonego systemu transportu drogowego.

Przedstawiona przeze mnie w pracach [1÷10] metodyka tworzy spójną i logiczną całość. Takie holistyczne podejście do prezentowanej problematyki umożliwia uwzględnianie szerokiego spektrum aspektów związanych z kształtowaniem zrównoważonego systemu transportu drogowego oraz wzięcie pod uwagę różnych ograniczeń i kryteriów, które mogą być istotne z punktu widzenia interesów określonych uczestników procesu decyzyjnego.

Elementy prezentowanego przeze mnie obszaru badawczego występują w dotychczasowej literaturze, jednak zazwyczaj są one dekomponowane do postaci pojedynczych, zindywidualizowanych problemów, które rozporoszone są w wielu niezależnych pracach. Brakuje kompleksowego podejścia do oceny samochodów elektrycznych w aspekcie zrównoważonego rozwoju przy obecnych technologiach i technikach wytwarzania.

W związku z powyższym, przedstawione w dziele naukowym podejście ma na celu uporządkowanie i całościowe ujęcie problematyki wprowadzania pojazdów elektrycznych jako alternatywy wobec pojazdów spalinowych wobec obniżenia negatywnych oddziaływań środowiskowych. W literaturze, co podkreślono powyżej, brak jest kompleksowych opracowań merytorycznych, które ujmowałyby tą problematykę w sposób systemowy wychodząc od ogólnej problematyki zrównoważonego transportu poprzez rozwój rynku samochodów elektrycznych i związane z nim problemy, do równoważenia systemu elektroenergetycznego i analiz wielokryterialnych dotyczących samochodów elektrycznych i ich oddziaływania na środowisko.

Modelowanie systemu transportu drogowego w zastosowaniu do oceny efektywności funkcjonowania pojazdów elektrycznych stwarza narzędzia umożliwiające decydentom rozwiązywanie złożonych problemów decyzyjnych, uwzględniających wiele różnych kryteriów. Klasyczne podejście do tego problemu, bez uporządkowanej wiedzy nie pozwala na uzyskanie optymalnych i jednocześnie racjonalnych wyników, a przez to nie może być stosowane w ocenie strategicznych kierunków działania.

Najważniejszą część dzieła naukowego przedstawionego do oceny stanowi autorska monografia [1], która jest podsumowaniem pracy badawczej w zakresie kształtowania zrównoważonego systemu transportu drogowego. Jest to publikacja przygotowana z myślą o szerszym kręgu odbiorców, w szczególności studentów oraz decydentów systemu transportu drogowego, zarówno w ujęciu regionalnym jak i międzynarodowym. Prezentuje ona kompleksową wiedzę z zakresu e-mobility oraz wykorzystania samochodów elektrycznych jako alternatywy wobec pojazdów spalinowych w celu zmniejszenia negatywnych oddziaływań środowiskowych.

Współczesna koncepcja rozwoju zrównoważonego pojawiła się i rozwinęła w nieprzypadkowym momencie dziejowym. Jej źródła należy szukać w swoistym przebudzeniu opinii publicznej w latach 60. XX wieku, które zbiegło się w czasie z rozwojem mediów. Dzięki trafiającym do prasy i telewizji informacjom o katastrofach ekologicznych i związanych z nimi zagrożeniach dla ludności, w społeczeństwie rozbudowano przekonanie o globalnej odpowiedzialności za nawet lokalne zmiany w środowisku. Stąd w wyniku licznych dyskusji

i publikacji wyrażających zaniepokojenie ówczesnym charakterem relacji człowieka i środowiska oraz ich skutkami, pojawiła się idea nowej koncepcji dalszego rozwoju cywilizacyjnego, określana obecnie jako zrównoważony rozwój.

Państwa Unii Europejskiej od początku aktywnie wspierały działania zmierzające do ustalenia, a następnie utrwalenia koncepcji zrównoważonego rozwoju, m.in. promując i starając się wdrożyć na swoim obszarze jednolity zrównoważony system transportowy. Obecnie, dokumentem unijnym o najwyższym stopniu aktualności, dotyczącym polityki transportowej Unii Europejskiej, jest Biała Księga zatytułowana *Plan utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu – dążenie do osiągnięcia konkurencyjnego i zasobooszczędnego systemu transportu*. W dokumencie tym, podkreślono znaczenie zrównoważonego transportu dla rozwoju Unii Europejskiej i osiągnięcia jej strategicznych celów tj. zmniejszenie uzależnienia Unii Europejskiej od importu surowców energetycznych oraz redukcję emisji zanieczyszczeń o 60% do 2050 roku, poprzez wdrażanie m.in. nowych technologii, rozwój i wprowadzanie nowych paliw i systemów napędowych zgodnych z koncepcją zrównoważonego rozwoju. Wyczerpująco idea zrównoważonego rozwoju, zarówno w ujęciu globalnym, jak i europejskim oraz równoważenia systemu transportu została przez mnie omówiona w [1].

Tworzenie zrównoważonych systemów transportowych jest o tyle istotne gdyż to właśnie sektor transportowy odpowiada za zużycie ponad jednej trzeciej energii w krajach członkowskich UE i za jedną piątą emisji gazów cieplarnianych. Ponadto ma duży udział w generowaniu zanieczyszczenia powietrza oraz hałasu. W tym aspekcie w pracy [1] dokonałam analizy w ramach negatywnych skutków wykorzystania kopalnych surowców energetycznych, w zakresie efektu cieplarnianego i jego wpływu na zmiany klimatyczne oraz konsekwencje społeczne.

Około trzech czwartych emisji z tej działalności gospodarczej powodowanych jest przez transport drogowy, a w szczególności samochody osobowe. Produkty spalania paliw w pojazdach silnikowych wpływają na środowisko przyrodnicze, w szczególności w skali lokalnej i regionalnej, powodując między innymi zjawiska, takie jak kwaśne deszcze czy smog fotochemiczny oraz kształtując mikroklimat wokół dróg. Stanowią one także bezpośrednie zagrożenie dla zdrowia ludzkiego, gdyż emisje związków szkodliwych spalin emitowane przez środki transportu są bardziej niebezpieczne dla zdrowia i życia ludzi niż pochodzące z przemysłu zanieczyszczenia. Wpływ zanieczyszczeń powietrza na zdrowie ludzkie zostały przez mnie omówione w [1]. Zwróciłam tam uwagę także na inny, ważny problem jakim jest hałas generowany przez środki transportu drogowego. Jego oddziaływanie na organizm ludzki analizowałam w [1, 7].

Chociaż transport ma negatywny wpływ na środowisko naturalne to jednak jest jednym z głównych generatorów rozwoju gospodarczego kraju. Dlatego też poszukuje się takich rozwiązań, zarówno doraźnych jak i długofalowych, w zakresie jego kształtowania aby zminimalizować jego destrukcyjny wpływ na środowisko. Ich realizacja ma na celu osiągnięcie bardziej zrównoważonej gospodarki obiegu zamkniętego i dekarbonizacji systemu transportu. Przykłady takich działań zostały zaprezentowane w [1].

Jednakże, pomimo znacznego postępu w ograniczaniu negatywnego oddziaływania pojazdów na środowisko, tj. zmniejszenia emisji związków szkodliwych poprzez rozwój układów napędowych i zastosowanie paliw alternatywnych, ograniczenia hałasu i poboru surowców naturalnych oraz zmniejszenia ilości odpadów dzięki recyklingowi wycofanych z użytku pojazdów to transport drogowy pozostaje jednym z niewielu sektorów przemysłu, dla których całkowita emisja wzrasta. W związku z czym obecnie największy postęp, jak wskazała Komisja Europejska, można uzyskać poprzez odpowiednie kształtowanie systemów transportowych, w tym poprzez wzrost sprzedaży samochodów elektrycznych.

Rozdział piąty pracy [1] poświęciłam charakterystyce samochodów elektrycznych. Przedstawiłam tam klasyfikację, historię rozwoju samochodów zasilanych elektrycznie i scharakteryzowałam podstawowe elementy samochodów elektrycznych, w tym wykazując zdecydowaną przewagę silników elektrycznych nad spalinowymi (stanowczo mniejsze zużycie energii potrzebnej do napędu, a przez to dużo tańsze w eksploatacji; większa trwałość; niższe koszty konserwacji; poprzez niezależne sterowanie silnikami możliwe jest realizowanie funkcji likwidacji poślizgu kół przy rozruchu (ASR), blokowania kół przy hamowaniu (ABS); może również działać jako wbudowany generator akumulatora; nie wymaga chłodzenia; mniejsza awaryjność itp.).

Ponadto, zastosowanie silnika elektrycznego w pojazdach pozwala uniezależnić sektor transportu od ropy naftowej. Korzyści z uniezależnienia się od ropy naftowej i korzyści środowisko z tym związane są m.in. tematem rozdziału szóstego pracy [1]

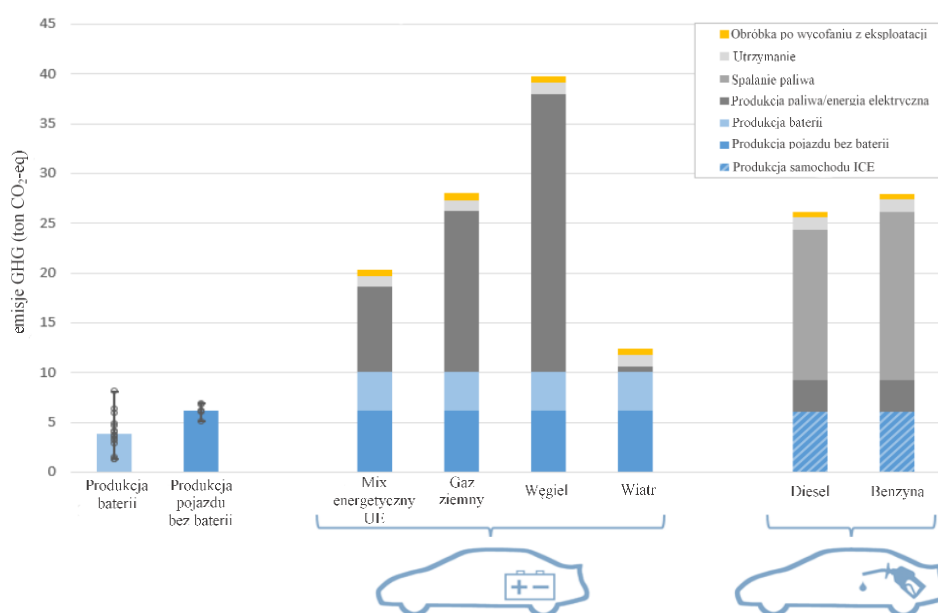
Oczekuje się, że w przyszłości, zgodnie z realizowaną przez Unię Europejską polityką transportową w zakresie minimalizacji emisji szkodliwych substancji, samochody elektryczne będą stanowić jeden z najważniejszych środków transportu publicznego i indywidualnego. Wynikać to będzie przede wszystkim z wypełniania celu szczegółowego nr 1 *Białej Księgi Transportu 2011*, który zakłada zmniejszenie o połowę liczby samochodów o napędzie konwencjonalnym w transporcie miejskim do 2030 roku oraz eliminację ich z miast do 2050 roku. W pracach [1, 10] przedłożyłam działania, mające przyczynić się do popularyzacji elektryfikacji transportu, aktualny stan rynku samochodów elektrycznych, a także prognozy jego

rozwoju. Zwróciłam tam szczególną uwagę na plany koncernów samochodowych w tym wymiarze. Obecnie udział samochodów elektrycznym w rynku motoryzacyjnym jest niewielki i w 2018r. w Unii Europejskiej wynosił 0,8%. Stąd w publikacjach [1, 5, 6, 8] dokonałam kompleksową analizę barier rozwoju elektromobilności oraz podałam przykładowe rozwiązania wspierające ten obszar gospodarki w wybranych państwach Unii Europejskiej. W pracy [1, 6] przedstawiłam i omówiłam rozwiązania, które planowane są do wprowadzenia w Polsce.

Jedną z poważnych barier rozwoju rynku samochodów elektrycznych jest ograniczona infrastruktura transportowa, dedykowana dla tego typu pojazdów, czyli publiczne punkty ładowania pojazdów elektrycznych. Z badań, których efekty zaprezentowałam w [1, 6] wynika, że problem ten jest o tyle istotny gdyż dotyczy zarówno ich liczby, parametrów ale także ich dostępności. Przeprowadzona przeze mnie w pracy [5] analiza, dotycząca liczebności publicznych punktów ładowania w różnych krajach na świecie, pozwoliła na sformułowanie wniosków dotyczących korzyści wynikających ze wzrostu liczby publicznych punktów ładowania, m.in. zwiększone prawdopodobieństwo znalezienia ładowarki, która byłaby kompatybilna z danym samochodem; wzrost liczby samochodów, które mogą być ładowane jednocześnie.

Podczas kształtowania efektywnego zrównoważonego systemu transportowego należy uwzględnić zagrożenia wynikające z emisji związków szkodliwych spalin pochodzących z transportu drogowego. Samochody elektryczne, z powodu nieobecności systemu wydechowego, a więc także braku bezpośredniej emisji spalin, zwykle się uważa za pojazdy w pełni ekologiczne. Z zrealizowanych przeze mnie badań wynika, że lokalny brak emisji substancji szkodliwych jest niewątpliwie dużym plusem, ale istnieją inne czynniki, często niezauważalne, które wywierają istotny wpływ na środowisko. Szczególnie ważnymi są: energia potrzebna do produkcji i utylizacji baterii oraz źródło energii, które będzie używane do jej ładowania. Samochody elektryczne nie emitują spalin, ale pośrednie emisje gazów cieplarnianych wynikające przede wszystkim z produkcji i utylizacji baterii oraz źródła energii, które będzie używane do jej ładowania, mogą być znaczne. Przeprowadzone w pracy [3] rozważania, które zostały rozszerzone w pracy [1], dotyczą zatem pełnego cyklu życia samochodu elektrycznego, obejmującego cykl pojazdu i „od szybu wiertniczego do kół”. Zawarta tam analiza pozwoliła stwierdzić, że pomijając produkcję baterii do samochodów elektrycznych, poziom emisji gazów cieplarnianych i zanieczyszczeń powietrza przy produkcji samochodów tradycyjnych i elektrycznych jest porównywalny. W związku z powyższym, na podstawie tychże badań należy zauważyć, że o pozytywnych lub negatywnych skutkach

funkcjonowania samochodów elektrycznych stanowi emisyjność energii elektrycznej zużywanej w fazie ich eksploatacji. W przywołanych powyżej pracach porównałam emisyjność pojazdów z różnym napędem w całym cyklu ich życia, a dla samochodów elektrycznych dodatkowo przy różnych źródłach energii elektrycznej. Z badań wynika, że przy obecnych technologiach i technikach wytwarzania, energia elektryczna uzyskana tylko z węgla sprawia, że samochody elektryczne przyczynią się do większej emisji gazów cieplarnianych niż pojazdy typu ICE. Ale już samochody elektryczne, które wykorzystują energię elektryczną z przeciętnego koszyka europejskiego, choć nieznacznie, ale zmniejszą emisje gazów cieplarnianych w porównaniu z pojazdami napędzanymi zarówno silnikami wysokoprężnymi, jak i benzynowymi, przyjmując, że żywotność pojazdu wynosi 150 tys. km. Wskazano tam, że już nawet dla mixu energetycznego, w którym około 85% elektryczności jest wytwarzana poprzez spalanie węgla, zamiana samochodu z napędem spalinowym na elektryczny jest korzystniejsza dla ochrony klimatu. Ponadto, również samochody napędzane silnikiem diesla powodują większą emisję gazów cieplarnianych niż te, które napędzane są prądem produkowanym przez elektronikę o sprawności nawet 40% (np. w Polsce). W pracach [1, 3] podkreślono, że stosunkowo podobne emisje w cyklu życia samochodów elektrycznych w porównaniu z ICE można osiągnąć, zasilając samochody elektryczne energią elektryczną wytworzoną z gazu ziemnego, natomiast znacznie niższe z odnawialnych źródeł energii np. wiatru. Wykorzystanie energii z zasobów naturalnych, może nawet zredukować ich emisyjność o co najmniej 50% w porównaniu z pojazdami typu ICE (Rys. 1).



**Rys. 1.** Emisje gazów cieplarnianych w cyklu życia średniej wielkości pojazdu elektrycznego zasilanego baterią o pojemności 24 kWh (po lewej) i pojazdu wyposażonego w silnik spalinowy (po prawej)



W pracy [3] wskazano, że emisje wynikające z przetwarzania samochodu elektrycznego po jego wycofaniu z eksploatacji są niewielkie w porównaniu z emisjami pochodzącymi z ich produkcji i eksploatacji. Ponadto zwróciłam tam uwagę, że takie samochody, z powodu posiadania baterii, charakteryzują się nieco wyższą emisją EOL (z ang. End of Life) niż samochody wyposażone w silnik spalinowy wewnętrznego spalania.

Szczegółowy opis oddziaływań środowiskowych baterii wykorzystywanych do zasilania samochodów elektrycznych został zawarty w pracy [10]. Podkreślono tam, że jej produkcja odpowiada aż za 35-41% emisji gazów cieplarnianych w całym cyklu życia samochodów elektrycznych, przy obecnych uwarunkowaniach i wiąże się ponadto z ryzykiem wyczerpania zasobów niektórych minerałów, m.in. litu.

Kolejnym, ważnym zadaniem w dążeniu do kształtowania zrównoważonego systemu jest obniżanie poziomu hałasu generowanego przez środki transportu drogowego. Samochody elektryczne wydają się odpowiednim sposobem, na co zwrócono uwagę w pracy [1]. Silniki elektryczne, których działanie nie opiera się na cyklicznych wybuchach mieszanki paliwowo-powietrznej, nie emitują prawie żadnego hałasu. Hałas, jaki powstaje w wyniku poruszania się samochodu elektrycznego, osiąga poziom 40dB. Unijna polityka transportowa wymaga tworzenia zrównoważonych systemów transportowych, których celem jest zapewnienie mobilności nie tylko przyjaznej środowisku ale również bezpiecznej. Tymczasem w pracy [7] dowiedziono, że niski poziom hałasu generowany przez samochody elektryczne, który powszechnie uważany jest za zaletę jest jednocześnie ich wadą. Cicha praca – wielki ich walor z punktu widzenia ochrony przed hałasem – zwiększa prawdopodobieństwo wypadków z udziałem pieszych. Już teraz piesi przyzwyczajeni do hałasu komunikacyjnego, są 10 razy bardziej narażeni na śmierć na drodze niż kierowcy, a prawie niesłyszalny samochód elektryczny zwiększy to ryzyko o 40%. W pracy [7] zwrócono również uwagę, że samochody elektryczne stanowią zagrożenie dla osób niedowidzących lub niewidomych i ich psów przewodników.

Wśród wielu argumentów przeciw pojazdom elektrycznym bardzo często pojawia się problem bezpieczeństwa podczas zdarzenia drogowego. W związku z powyższym w pracy [1, 9] przeprowadziłam rozważania na ten temat, biorąc pod uwagę zagrożenia związane z: bateriami magazynującymi energię elektryczną oraz ich wpływem na zachowanie się pojazdu podczas zdarzenia drogowego, ryzykiem porażenia prądem, a także efekty testów zderzeniowych. Wynika z nich, że obecne, stosowane różne strategie ograniczają do minimum skalę zagrożeń, przez co samochody elektryczne są tak samo bezpieczne w użytkowaniu jak pojazdy z napędem spalinowym.

Komplementarnie, w pracy [1] wszechstronnie omówiłam rolę jaką samochody elektryczne mogą odegrać w równoważeniu systemu elektroenergetycznego. Dowiodłam tam, że takie samochody oprócz funkcji transportowej mogłyby pełnić w przyszłości rolę przemieszczających się po drodze baterii, które nie tylko pobierają, ale również oddają energię elektryczną do sieci w celu lepszego zbilansowania popytu i podaży prądu. Ich wpływ na system elektroenergetyczny, rola zasobników energii elektrycznej zostało kompleksowo omówione w pracy [1]. Dodatkowo w przywołanej pracy wskazano, że również zużyte akumulatory mogą odegrać istotną rolę w stabilizacji systemu elektroenergetycznego, podając praktyczne przykłady ich zastosowania.

Ostatni etap moich badań stanowił wykorzystanie wielokryterialnych metod wspomagania decyzji do oceny samochodów elektrycznych pod względem różnych, przyjętych kryteriów tj. środowiskowym, technicznym i ekonomicznym i dla różnych scenariuszy. Problematyka oceny pojazdów i ich wyboru ze względu na różne kryteria, przedstawiona w ujęciu wielokryterialnym jest w pewnym zakresie nowym ujęciem w badanym problemie decyzyjnym.

W pracy [4] do oceny wykorzystałam metodę MAJA oraz w [2] metodę oceny punktowej. Analizę przeprowadziłam dla każdego z kryteriów osobno (ocena jednokryterialna wg metody MAJA) i dla wszystkich łącznie (wielokryterialna ocena punktowa). Ponadto dla oceny wielokryterialnej przeprowadziłam ocenę dla dwóch sytuacji, w jednej brałam pod uwagę łączną emisję powstającą podczas produkcji pojazdu, produkcji paliwa i użytkowania samochodu, a w drugiej tylko emisję z etapu eksploatacji.

Podsumowując, cykl publikacji, stanowiących niniejsze dzieło naukowe, miał na celu przedstawienie wieloaspektowego ujęcia procesu decyzyjnego wprowadzenia pojazdów elektrycznych jako alternatywy wobec pojazdów spalinowych w celu obniżenia negatywnych oddziaływań środowiskowych. W rezultacie, stanowią one **metodykę kształtowania zrównoważonego systemu transportu drogowego w zastosowaniu do oceny efektywności i bezpieczeństwa funkcjonowania samochodów elektrycznych.**

Wszystkie przywołane wyżej publikacje zostały przygotowane w oparciu o krytyczny przegląd literatury w danym obszarze badawczym oraz doświadczenie praktyczne.

#### 4.3.3 Ogólny sposób wykorzystania osiągniętych wyników badań

Opracowane w dotychczasowych pracach oraz wskazane w monografii wyniki badań doprowadziły do uzyskania koncepcji i rozwiązań, które można wykorzystać m.in w podanym poniżej zakresie:

- wspomagania procesu kształtowania zrównoważonego systemu transportu drogowego;
- wspomagania bieżącego sterowania systemami transportowymi ukierunkowanego na poprawę efektywności i bezpieczeństwa ich funkcjonowania;
- opracowania procedury wprowadzania zmian innowacyjnych w transporcie i oceny ich możliwych skutków;
- przeprowadzania wieloaspektowych i wielowariantowych analiz kształtowania systemów transportowych w odniesieniu do zastosowanych w nich środków transportowych;
- wspomagania oceny efektywności i bezpieczeństwa wdrażania samochodów elektrycznych;
- oceny systemu transportu drogowego;
- weryfikacji dotychczasowego podejścia przy wprowadzaniu zmian w transporcie drogowym;
- weryfikacji wdrożonych innowacji w transporcie drogowym;
- wspomagania podejmowania decyzji.

Wyniki przeprowadzonych badań dają możliwość weryfikacji:

- dotychczasowego podejścia do opracowywania programów i strategii rozwoju transportu drogowego;
- tworzenia zakresu zmian usprawniających funkcjonowanie transportu drogowego;
- przyjmowanych założeń przy opracowywaniu koncepcji zrównoważonego systemu transportu drogowego w aspekcie efektywności i bezpieczeństwa samochodów elektrycznych.
- metodyki badawczej funkcjonowania samochodów elektrycznych.

Dalsze, prowadzone badania powinny obejmować następującą problematykę:

- modelowanie procesów zmian i wyboru wariantów rozwiązań w transporcie drogowym z uwzględnieniem programowania dynamicznego, a w szczególności opracowania metodyki wielokryterialnych zadań optymalizacyjnych programowania dynamicznego;
- analizy scenariuszowe dla wybranych studiów przypadków w oparciu o model funkcjonowania samochodów elektrycznych;
- poszukiwania metod i narzędzi rozwiązywania wielokryterialnych zadań optymalizacyjnych, w szczególności w zarządzaniu procesem zmian w transporcie drogowym w warunkach niepewnej i niepełnej informacji i sytuacji na rynku transportowym.

## 5 Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych

Wykaz osiągnięć naukowo-badawczych, dydaktycznych i organizacyjnych zamieszczono w Załączniku 4 w pliku "hab-04.pdf".

### 5.1 Działalność naukowo-badawcza, dydaktyczna i organizacyjna przed uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych

#### • Działalność naukowa przed uzyskaniem stopnia doktora

W czerwcu 2001 roku ukończyłam studia magisterskie na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Świętokrzyskiej, a następnie rozpoczęłam studia doktoranckie na Wydziale Mechatroniki i Budowy Maszyn tej samej uczelni. W czasie studiów uczestniczyłam w cotygodniowym seminarium Zakładu Matematyki Stosowanej, którego kierownikiem był Prof. dr hab. Krzysztof Grysa. Poruszane tam tematy, głównie dotyczyły tematyki i matematycznych narzędzi związanych z teorią optymalizacji.

Zagadnienia i problemy tam podnoszone ukierunkowały moje dalsze badania naukowe, w efekcie których opracowałam i obroniłam w lipcu 2008r. rozprawę doktorską pt. „*Badanie własności termicznych ośrodka za pomocą sondy termiczny Mupus-Pen*”. Promotorem rozprawy był wspomniany wyżej Pan Prof. dr hab. Krzysztof Grysa.

Badania prowadzone w ramach rozprawy doktorskiej wymagały ode mnie pogłębienia wiedzy związanej z teorią optymalizacji, programowania matematycznego i zasad programowania komputerowego. W rezultacie przeprowadzone badania pozwoliły mi na przedstawienie teoretycznych i aplikacyjnych aspektów badania problemów odwrotnych. Rozważania nad teoretycznymi aspektami zagadnienia doprowadziły m.in. do:

- usystematyzowania problematyki z zakresu metod rozwiązywania prostych i odwrotnych zagadnień przewodnictwa ciepła;
- przedłożenia metody umożliwiającej rozwiązywanie zagadnień prostych i odwrotnych;
- wskazania ograniczeń wpływających na rozwiązanie zagadnień prostych i odwrotnych opracowaną metodą;
- wskazania możliwości wykorzystania przedłożonej metody;
- sformułowania zadania optymalizacyjnego wyznaczania współczynnika wyrównywania temperatury i przewodności cieplnej i wskazania metody rozwiązania tego zadania.

Natomiast w zakresie praktycznych aspektów przeprowadzone badania w rozprawie doktorskiej zaowocowały m.in.:

- opracowaniem algorytmu metody rozwiązywania zagadnień prostych i odwrotnych;
- implementacją metody do wyznaczania temperatury na brzegu obszaru, a przede wszystkim własności termofizycznych ciała stałego: współczynnika wyrównywania temperatury, współczynnika przewodzenia ciepła;
- weryfikacją opracowanej metody;
- skróceniem fazy obliczeniowej wyznaczania temperatury na brzegu obszaru i identyfikacji współczynnika wyrównywania temperatury i przewodności cieplnej.

- **Działalność dydaktyczna i organizacyjna przed uzyskaniem stopnia doktora**

W ramach moich obowiązków na Wydziale Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej, począwszy od 2001 roku, prowadziłam zajęcia dydaktyczne z następujących przedmiotów:

- Komputerowe wspomaganie zarządzania (laboratorium),
- Matematyka (ćwiczenia),
- Optymalizacja i programowanie liniowe (ćwiczenia i laboratorium),
- Podstawy informatyki (laboratorium),
- Statystyka komputerowa (laboratorium),
- Technologie informacyjne (laboratorium).

- **Współpraca z naukowcami z innych jednostek przed uzyskaniem stopnia doktora**

-współpraca z dr Wojciechem Marczewskim z Centrum Badań Kosmicznych PAN. Efektem współpracy było m.in. uzyskanie danych z sondy termicznej Mupus-Pen. Pomiary, te stanowiły podstawę badań, których wyniki zaprezentowałam w pracy doktorskiej pt. „Badanie własności termicznych ośrodka za pomocą sondy termicznej Mupus-Pen” i innych publikacjach naukowych [II.2.2/1, 2, 3]<sup>2</sup>.

## **5.2 Działalność naukowo-badawcza prowadzona po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych (2008 – 2019)**

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych w dyscyplinie Budowa i Eksploatacja Maszyn, w październiku 2008r. zostałam zatrudniona na stanowisku adiunkta na Wydziale Informatyki, Zarządzania i Transportu Akademii Humanistyczno-Ekonomicznej w Łodzi w Katedrze

---

<sup>2</sup> Oznaczenia publikacji wg Załącznika 4 do Wniosku – Wykaz publikacji naukowych...

Systemów Transportowych, a następnie w 2013r. na Wydziale Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej w Katedrze Pojazdów Samochodowych i Transportu. W związku z powyższym prowadzona przeze mnie działalność naukowa skupiła się na dziedzinie transportu, w tym przede wszystkim na kształtowaniu transportu drogowego w aspekcie proekologicznym. Prowadzone prace badawcze i rozwojowe obejmowały zagadnienia modelowania różnych obiektów transportowych w ujęciu technicznym, ekonomicznym, środowiskowym i bezpieczeństwa. Główną uwagę skoncentrowałam na problematyce systemowego ujęcia zagadnień projektowania i eksploatacji samochodów elektrycznych jako kluczowych elementów zintegrowanych systemów transportowych.

Działalność naukowa, po obronie rozprawy doktorskiej, dotyczyła kilku, powiązanych ze sobą obszarów badawczych, wśród których można wyróżnić:

- opracowanie metodyki oceny wykorzystania samochodów elektrycznych w kontekście zrównoważonego rozwoju transportu;
- kształtowanie i modelowanie efektywnych rozwiązań systemowych wpływających na rozwój elektromobilności;
- modelowanie procesów transportowych w aspekcie bezpieczeństwa funkcjonowania samochodów elektrycznych.

Powyższe obszary badawcze były rozwijane równolegle, tak więc rezultaty badań w poszczególnych obszarach miały wpływ także na inne obszary.

**• Opracowanie metodyki oceny wykorzystania samochodów elektrycznych w kontekście zrównoważonego rozwoju transportu**

Punktem wyjścia do realizacji badań w zakresie opracowania metodyki oceny wprowadzania pojazdów elektrycznych jako alternatywy wobec pojazdów spalinowych w celu zmniejszenia negatywnego oddziaływania transportu na środowisko były studia literaturowe związane z działalnością transportową w tym przede wszystkim elektromobilnością. Zauważyłam, że w dostępnej literaturze problematyka elektromobilności ujmowana jest w sposób wybiórczy i dotyczy różnych zagadnień. Brak jest kompleksowego podejścia do zagadnień elektromobilności, które ujmowałoby zarówno problemy konstrukcyjne samochodów elektrycznych, ich eksploatację jak i wpływ na zanieczyszczanie środowiska. Stąd, wnioski z dokonanego przeze mnie przeglądu prac naukowych, wskazały na potrzebę przeprowadzenia wszechstronnej analizy rozwoju rynku motoryzacyjnego w zakresie elektromobilności w celu określenia czy jest ona istotna dla kształtowania zrównoważonego

transportu. Takie systemowe podejście do problematyki funkcjonowania samochodów elektrycznych jest istotnym i oryginalnym osiągnięciem.

W związku z powyższym, w pracy [I/1] szczegółowo omówiłam korzyści wynikające z wykorzystania napędu elektrycznego, oraz wykazałam, że przy obecnych technologiach i technikach wytwarzania pojazdy elektryczne są tak samo bezpieczne w użytkowaniu jak samochody z innym typem napędu.

Wskazywałoby to na ogromne możliwości w wykorzystaniu samochodów elektrycznych w modelowaniu zrównoważonego systemu transportu drogowego. Jednak ich funkcjonowanie wywołuje szereg kontrowersji związanymi m.in. z ich emisyjnością. Dlatego w celu wyczerpującego określenia zrównoważonego charakteru e-mobilności i wpływu na środowisko samochodów elektrycznych, w prowadzonych przez mnie badaniach analizowałam rodzaje oddziaływań takich pojazdów na otoczenie w podziale na poszczególne etapy cyklu życia, tj. produkcję, użytkowanie i wycofanie z eksploatacji, uwzględniając emisję substancji szkodliwych, hałas oraz wpływ na wykorzystanie minerałów. Przeprowadzone badania pozwoliły mi na wykazanie nie tylko korzyści wynikających z wykorzystania samochodów elektrycznych, ale również na zagrożenia np. związane z wykorzystaniem metali ziem rzadkich, zapotrzebowaniem na energię na etapie eksploatacji czy produkcji i utylizacji baterii. Wyniki przeprowadzonych badań opublikowałam m.in. w pracach [II.2.1/3, 4, 5].

Ponadto, w swoich publikacjach prezentowałam również inne podejście do oceny funkcjonowania samochodów elektrycznych, np. stosując wielokryterialne metody wspomagania decyzji tj. metodę MAJA i metodę oceny punktowej. Metody te implementowane były w autorskiej aplikacji komputerowej i poddawane testowaniu ze względu na przyjęte kryteria środowiskowe, techniczne i ekonomiczne oraz dla różnych scenariuszy (łącznie emisja powstająca podczas produkcji pojazdu, produkcji paliwa i użytkowania samochodu; emisja z etapu eksploatacji). Efektem moich prac były publikacje [I/2, 4] oraz rozdział w monografii [I/1]. Problematyka analizy pojazdów i ich wyboru ze względu na różne kryteria, przedstawiona przez mnie w ujęciu wielokryterialnym jest w pewnym zakresie nowym ujęciem w badanym problemie decyzyjnym.

Celem powyższych badań było wypracowanie kompleksowej metodyki oceny zastosowania samochodów elektrycznym w ujęciu zrównoważonego kształtowania systemu transportowego.

- **Kształtowanie i modelowanie efektywnych rozwiązań systemowych wpływających na rozwój elektromobilności**

Równolegle prowadzone przez mnie badania, dotyczyły analiz rynku samochodów elektrycznych w Unii Europejskiej. Obejmowały one aktualną wielkość parku, wielkość sprzedaży samochodów elektrycznych oraz udział w rynku. Zawierały także analizę prognoz dla poszczególnych krajów oraz plany koncernów motoryzacyjnych co do produkcji samochodów elektrycznych [I/10]. Dokonując analizy rynku samochodów elektrycznych, przeprowadziłam kompleksową analizę barier rozwoju elektromobilności biorąc pod uwagę m.in. koszt zakupu pojazdu, ograniczony wybór modeli, ograniczony zasięg pojazdu, czas ładowania, infrastrukturę ładowania, co zostało przedstawione przez mnie w pracach [I/1, 5, 6, 8, II.2.1/1, 5]. Swoje badania w tym zakresie rozszerzyłam o wskazanie rozwiązań wspomagających rozwój rynku samochodów elektrycznych stosowanych w krajach członkowskich Unii Europejskiej, w tym planowe do wprowadzenia rozwiązania w Polsce. W swoich publikacjach prezentowałam zarówno subwencje fiskalne ale również inne czynniki niefiskalne tzw. miękkie instrumenty wsparcia, które mogą znacząco wpływać na rozwój elektromobilności [I/6, 8, II.2.1/1].

- **Modelowanie procesów transportowych w aspekcie bezpieczeństwa funkcjonowania samochodów elektrycznych**

Zainteresowanie systemami transportowymi i ich modelowaniem zaowocowało również publikacjami związanymi z bezpieczeństwem ruchu drogowego [I/1, 7, II.2.1/2, 7, 8, 9, 10, 11].

Ponieważ wśród wielu argumentów przeciw pojazdom elektrycznym bardzo często pojawia się kwestia bezpieczeństwa, kolejne podjęte przez mnie badania dotyczyły zagrożeń podczas zdarzenia drogowego i codziennego użytkowania samochodów elektrycznych (pożar, porażenie prądem). Zaprezentowane przez mnie rozwiązania stosowane w takich pojazdach i wyniki testów zderzeniowych pozwoliły mi na wykazanie, że są one tak samo bezpieczne jak samochody konwencjonalne. Inną kwestią związaną z bezpieczeństwem, na którą zwróciłam uwagę w swoich badaniach jest niemal całkowity brak emisji hałasu wytwarzanego przez pojazdy elektryczne. Niestety cicha praca będąca wielką zaletą z punktu widzenia ochrony przed hałasem, zwiększa prawdopodobieństwo wypadków z udziałem pieszych, a także stanowi zagrożenie dla osób niedowidzących lub niewidomych i ich psów przewodników. W pracy [I/7] opisałam jedno z rozwiązań niwelujących ten problem.

Ponadto, w realizowanych przez mnie badaniach związanych z bezpieczeństwem, analizowanym czynnikiem ruchu drogowego była samoocena i postrzeganie innych



kierowców. Ich wpływ na bezpieczeństwo ruchu, jako przedmiot przeprowadzonych przeze mnie, wśród kierowców badań, pozwolił mi wyznaczyć zależności między zachowaniami kierowców a poziomem samooceny i oceny innych. Jest to o tyle istotne, gdyż wysoka samoocena kierowców przy niskiej ocenie umiejętności innych kierujących może być przesłanką do niebezpiecznych typów zachowań kierowców na drodze.

W dalszej kolejności, badania rozszerzyłam na wykazanie zależności między oceną umiejętności własnych i innych kierowców a sprawstwem kolizji i wypadków drogowych.

W tym celu opracowałam metodologię wyznaczania takiej zależności. Przeprowadzona przez mnie analiza wykazała, że największą liczbę wypadków popełniają kierowcy, którzy oceniają swoje umiejętności w byciu kierowcą bardzo wysoko lub wysoko, najmniej nisko i bardzo nisko. Dodatkowo w pracy [II.2.1/2], dla kierowców oceniających swoje umiejętności na wysokim i bardzo wysokim poziomie, przeprowadziłam analizę sprawstwa kolizji i wypadków drogowych.

Innym kierunek realizowanych przez mnie badań w zakresie bezpieczeństwa ruchu drogowego dotyczył metodologii określania oddziaływania reklamowych tablic świetlnych (ich lokalizacji, jasności) na koncentrację kierowców oraz na warunki widzenia przez nich znaków i sygnałów drogowych, co zostało zaprezentowane w artykule [II.2.1/7, 9]. Z badań tych wynika, że takie tablice nie przeszkadzają osobom, które kierują pojazdem sporadycznie, natomiast kierowcy, którzy kierują pojazdem codziennie lub kilka razy w tygodniu uważają, że „zawsze” tablice świetlne wpływają na ich koncentrację.

Okazałam tam ponadto, że tablice świetlne stojące przy drogach utrudniają widoczność znaków i sygnałów drogowych większości polskim kierowcom, którzy, jak wynika z przeprowadzonych badań, są tego świadomi i uważają, że należy zaostrzyć przepisy dotyczące usytuowania względem drogi i jasności świecenia reklamowych tablic świetlnych.

W tym samym czasie, równocześnie prowadziłam badania, mające na celu wyznaczyć, czy kolejnym, dotychczas niezbadanym czynnikiem wpływającym na bezpieczeństwo ruchu drogowego jest zbyt duże przecenianie przez kierowców zmian jakie zachodzą w polskiej infrastrukturze. Albowiem w pracy [II.2.1/8] wykazałam, że kierowcy dostrzegają zmiany na lepsze dotyczące infrastruktury drogowej w Polsce. Opracowana metodologia pozwoliła stwierdzić, że kierowcy którzy wyżej oceniają stan infrastruktury transportu drogowego niż inni kierujący samochodami, są częściej sprawcami wypadków czy kolizji drogowych.

Inny nurt moich badań dotyczył oszacowania i porównania kosztów cyklu życia (LCC) autobusów miejskich z napędami hybrydowym i konwencjonalnym oraz dla autobusu wyposażonego w silnik zasilany sprężonym gazem ziemnym CNG. Analiza kosztów cyklu

życia (LCC) obejmowała: koszt zakupu, koszty napraw i utrzymania, koszty zużycia paliwa, koszty wymiany akumulatora w autobusie hybrydowym, koszt dodatkowej infrastruktury w przypadku autobusu CNG oraz koszty emisji. Wyniki badań przedstawiłam w [II.2.1/6].

Równolegle prowadziłam badania dotyczące oceny jakości modeli do prognoz własnych stężenia SO<sub>2</sub> w powietrzu atmosferycznym. Do budowy modeli prognostycznych wykorzystano dane z Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska oraz ze stacji monitoringu w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie z okresu ostatnich dziesięciu lat. Prognozy wykonano za pomocą trzech następujących modeli: klasycznego modelu regresji wielu zmiennych, regresyjnego uzyskanego metodą „multivariate adaptive regression splines” (MARS) w programie Statistica, modelu szeregów czasowych z trendem, z wahaniami sezonowymi i cyklicznymi oraz z uwzględnieniem wpływu czynników losowych. Uzyskane wyniki zaprezentowane zostały na 2<sup>nd</sup> Symposium „Air Quality and Health” Wrocław 12–14.06.2017

Szczegółowy wykaz osiągnięć naukowo-badawczych stanowi Załącznik 4 (plik „hab-04.pdf”).

### **5.3 Działalność dydaktyczna prowadzona po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych (2008 – 2019)**

Realizowana przeze mnie działalność dydaktyczna jest powiązana z obszarem moich zainteresowań naukowych oraz doświadczeń praktycznych. Przygotowywany materiał dydaktyczny, na bieżąco jest rozwijany i uzupełniany o wybrane wyniki moich badań naukowych, co podwyższa wartość prowadzonych przeze mnie zajęć.

Począwszy od roku 2008, po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych i zatrudnieniu na stanowisku adiunkta w Katedrze Systemów Transportowych Akademii Humanistyczno-Ekonomicznej w Łodzi, a następnie w 2013r. w Katedrze Pojazdów Samochodowych i Transportu Politechniki Świętokrzyskiej, do części prowadzonych przeze mnie zajęć opracowałam nowe programy nauczania w celu dostosowania treści nauczania do wymogów rynku pracy oraz trendów w zakresie szeroko pojętego transportu. Pozostałe programy sukcesywnie modernizuję i dostosowuję do zmieniających się potrzeb i stanu wiedzy.

Aktualnie prowadzę zajęcia dydaktyczne na Wydziale Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej na studiach pierwszego i drugiego stopnia, w trybie stacjonarnym i niestacjonarnym. Prowadzone zajęcia obejmują wykłady, ćwiczenia, projekty oraz laboratoria. Jestem kierownikiem prac inżynierskich i magisterskich.

Po uzyskaniu stopnia doktora, tj. od roku 2008, prowadziłam lub prowadzę następujące zajęcia:

Studia I stopnia:

- **Badania Operacyjne**, wykład, ćwiczenia i laboratorium dla kierunku Transport, studia stacjonarne i niestacjonarne.
- **Ekonomika Transportu**, ćwiczenia dla kierunku Transport, studia niestacjonarne.
- **Eksploatacja Pojazdów Samochodowych**, laboratorium dla kierunku Transport, Mechanika i Budowa Maszyn, studia stacjonarne.
- **Infrastruktura transportu samochodowego**, wykład, ćwiczenia dla kierunku Transport, studia stacjonarne i niestacjonarne.
- **Komputerowe wspomaganie zarządzania**, na kierunku Zarządzania, studia niestacjonarne.
- **Matematyka**, ćwiczenia dla kierunku Transport, studia niestacjonarne.
- **Materialoznawstwo**, wykład dla kierunku Transport, studia niestacjonarne.
- **Mechanika ruchu pojazdów samochodowych**, laboratorium dla kierunku Transport, studia stacjonarne.
- **Metody probabilistyczne w transporcie**, wykład, i laboratorium dla kierunku Transport, studia stacjonarne i niestacjonarne.
- **Metodyka pracy rzeczoznawcy samochodowego**, laboratorium dla kierunku Transport, studia stacjonarne i niestacjonarne.
- **Optymalizacja i programowanie liniowe**, wykład i ćwiczenia dla kierunku Transport, studia niestacjonarne.
- **Podstawy budowy maszyn**, wykład dla kierunku Transport, studia niestacjonarne.
- **Podstawy eksploatacji technicznej**, wykład dla kierunku Transport, studia niestacjonarne.
- **Podstawy inżynierii ruchu**, wykład dla kierunku Transport, studia stacjonarne i niestacjonarne.
- **Praca przejściowa**, projekt dla kierunku Transport, studia stacjonarne.
- **Procedury i ekspertyzy powypadkowe**, laboratorium dla kierunku Mechanika i Budowa Maszyn, studia stacjonarne.
- **Prognozowanie i symulacje**, laboratorium dla kierunku Politologia, studia niestacjonarne.
- **Seminarium dyplomowe**, dla kierunku Transport, studia niestacjonarne.

Studia II stopnia:

- **Diagnostyka Pojazdów Samochodowych**, laboratorium dla kierunku Transport, studia stacjonarne.
  - **Metody matematyczne w transporcie**, laboratorium dla kierunku Transport, studia stacjonarne.
  - **Modelowanie procesów transportowych**, wykład i ćwiczenia dla kierunku Transport, studia niestacjonarne.
  - **Przewozy specjalistyczne w transporcie drogowym**, ćwiczenia dla kierunku Transport, studia stacjonarne.
- Począwszy od roku 2008, do chwili obecnej, byłam kierownikiem **69** prac dyplomowych oraz 106 prac przejściowych, w tym:
- **5** prac magisterskich obronionych na kierunku Transport na Wydziale Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej.
  - **17** prac inżynierskich na kierunku Transport na Wydziale Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej.
  - **47** prac inżynierskich na kierunku Transport na Wydziale Informatyki, Zarządzania i Transportu Akademii Humanistyczno-Ekonomicznej w Łodzi.

W tym samym czasie wykonałam **59** recenzji prac dyplomowych, w tym:

- **15** prac inżynierskich na kierunku Transport na Wydziale Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej.
  - **44** prac na kierunku Transport na Wydziale Informatyki, Zarządzania i Transportu Akademii Humanistyczno-Ekonomicznej w Łodzi.
- W ramach obowiązków dodatkowych byłam opiekunem naukowym uczniów szkół średnich, prowadząc zajęcia wprowadzające w tematykę optymalizacji w transporcie.
- Ocena prowadzącego zajęcia przez studentów: w latach 2013 – 2018 powyżej 4,5 (max 5).
- Autor przedmiotu obieralnego „Inteligentna infrastruktura transportu drogowego” dla studentów I stopnia kierunku Transport.
- Autor przedmiotu obieralnego „Pojazdy elektryczne i hybrydowe” dla studentów I stopnia kierunku Transport.
- Autor przedmiotu obieralnego „Metody optymalizacyjne i wielokryterialne w transporcie” dla studentów II stopnia kierunku Transport.

#### 5.4 Działalność organizacyjna prowadzona po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych (2008 – 2019)

Moja działalność organizacyjna realizowana po uzyskaniu stopnia doktora obejmuje funkcje uczelniane i wydziałowe oraz działania na rzecz podmiotów zewnętrznych, m.in.:

2009 - 2010 **Prodziekan ds. Studenckich** kierunku Transport na Wydziale Informatyki, Zarządzania i Transportu Akademii Humanistyczno – Ekonomicznej w Łodzi.

2009 - 2010 **Przewodnicząca Kierunkowej Komisji Antyplagiatowej** kierunku Transport na Wydziale Informatyki, Zarządzania i Transportu Akademii Humanistyczno – Ekonomicznej w Łodzi

od 2013 **Koordynator** obron studenckich dla specjalności Transport Samochodowy na kierunku Transport na Wydziale Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej.

od 2013 **Koordynator** obron studenckich dla specjalności Samochody i Ciągniki na kierunku Mechanika i Budowa Maszyn na Wydziale Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej.

od 2013 **Koordynator** przydzielania zadań na prace dyplomowych inżynierskich i magisterskich na kierunku Transport na Wydziale Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej.

od 2015 **Opiekun** studentów drugiego roku studiów stacjonarnych I stopnia na kierunku Transport na Wydziale Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej.

od 2015 **Opiekun** studentów drugiego roku studiów niestacjonarnych I stopnia na kierunku Transport na Wydziale Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej.

Ponadto:

- uczestniczyłam w komisjach uczelnianych: komisja egzaminacyjna ds. Obron Prac Inżynierskich, komisja egzaminacyjna ds. Obron Prac Magisterskich.
- pełniłam i pełnię funkcję członka komitetu organizacyjnego Międzynarodowej Konferencji Naukowo – Technicznej *Problemy bezpieczeństwa w pojazdach samochodowych. Automotive Safety*:

X, Kielce-Ameliówka 22 – 24 lutego 2016;

XI, Casta – Papiernicka 18 sierpnia – 20 kwietnia 2018;

XII, Kielce 2020.

- przygotowałam i złożyłam wniosek o finansowanie badań pt.: „*Wpływ reklam na poziom bezpieczeństwa ruchu drogowego*” do NCBR nr OT3-3D-PŚk-WAT-IES w 2015r. (kierownik).
- uczestniczyłam w zorganizowaniu i uruchomienie specjalności *Eksploatacja i zarządzanie w transporcie drogowym* na kierunku Transport na Wydziale Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej.
- uczestniczyłam w modernizacji stanowiska dydaktycznego do pomiaru siły w pasach bezpieczeństwa podczas symulowanej próby zderzenia, a także stanowiska dydaktycznego do obsługi technicznej pojazdu ciężarowego.
- jestem członkiem **Polskiego Towarzystwa Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej**.

### **5.5 Współpraca z innymi jednostkami naukowymi i przemysłem prowadzona po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych (2008 – 2019)**

Równoległe z prowadzeniem działalności naukowej uczestniczyłem i uczestniczę w realizacji prac o charakterze badawczo-rozwojowym.

W latach 2008 – 2019 moja współpraca związana była z:

1. Instytut Ekspertyz Sądowych im. Prof dra Jana Sehna
2. Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego

Efektom współpracy był złożony do NCBiR w 2015r. projekt pt.: „*Wpływ reklam na poziom bezpieczeństwa ruchu drogowego*”. Przeprowadzone badania i ich analiza miały wykazać, w jaki sposób reklama i jej lokalizacja poza pasem drogowym wpływa na rozproszenie uwagi oraz warunki widzenia kierowców (rozpoznawanie znaków pionowych i poziomych itp.). Ponadto założono w projekcie określanie dopuszczalnej luminacji reklam świetlnych w dzień i w nocy, z uwzględnieniem zmiennych warunków atmosferycznych, w trzech środowiskach: symulator, tor poligonowy, rzeczywiste warunki drogowe.

### **5.6 Uzyskane nagrody, wyróżnienia i odznaczenia**

Po uzyskaniu stopnia doktora otrzymałem nagrody za działalność naukową:

1. Nagroda Rektora Politechniki Świętokrzyskiej III stopnia w roku 2016 za złożenie wniosków do programów badawczych ogłoszonych przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.