



Politechnika Wroclawska

---

**Wydział Mechaniczny**

Katedra Eksploatacji Systemów Logistycznych,  
Systemów Transportowych i Układów Hydraulicznych

## **AUTOREFERAT**

**przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych habilitanta**

**(w języku polskim)**

**dr inż. Sylwia Werbińska-Wojciechowska**



HR EXCELLENCE IN RESEARCH

Politechnika Wroclawska

Wybrzeże Wyspiańskiego 27  
50-370 Wrocław

[www.pwr.edu.pl](http://www.pwr.edu.pl)

REGON: 00001614

NIP: 896-000-58-51

Bank Zachodni WBK S.A.

37 1090 2402 0000 0006 1000 0434

Wrocław 2018

## SPIS TREŚCI

1. Dane osobowe .....	3
2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe .....	3
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.....	5
4. Przebieg działalności naukowej i zawodowej .....	5
5. Osiągnięcie stanowiące podstawę wszczęcia postępowania habilitacyjnego .	9
5.1. Tytuł osiągnięcia naukowego .....	9
5.2. Wykaz publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe .....	9
Sumaryczne zestawienie statystyk publikacji przedstawionych do osiągnięcia naukowego .....	15
5.3. Omówienie celu naukowego oraz osiągniętych wyników .....	16
5.4. Podsumowanie osiągnięcia naukowego wraz z omówieniem jego ewentualnego wykorzystania .....	22
6. Syntetyczne omówienie działalności naukowo-badawczej i innych osiągnięć w zakresie współpracy naukowej i popularyzacji nauki.....	37
6.1. Charakterystyka działalności naukowo-badawczej, dydaktycznej oraz organizacyjnej przed uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych .....	37
6.2. Charakterystyka działalności naukowo-badawczej prowadzonej po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych .....	39
6.3. Charakterystyka działalności dydaktycznej prowadzonej po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych.....	44
6.4. Charakterystyka działalności organizacyjnej prowadzonej po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych.....	47
6.5. Uzyskane nagrody i wyróżnienia .....	50
6.6. Zestawienie dorobku naukowego habilitantki .....	50

## 1. Dane osobowe

1. **Imię i nazwisko:** Sylwia Ewa Werbińska-Wojciechowska
2. **Stopień naukowy:** doktor nauk technicznych
3. **Miejsce i adres zatrudnienia:**  
Politechnika Wroclawska  
Wydział Mechaniczny  
Katedra Eksploatacji Systemów Logistycznych,  
Systemów Transportowych i Układów Hydraulicznych  
ul. Ignacego Łukasiewicza 7/9  
50-371 Wrocław  
tel. +48 71 320 34 27  
adres e-mail: [sylvia.werbinska@pwr.edu.pl](mailto:sylvia.werbinska@pwr.edu.pl)
4. **ORCID ID:** <https://orcid.org/0000-0002-9228-982X>
5. **ResearcherID:** A-3288-2016
6. **Scopus Author ID:** 38662052300
7. **Publons ID:** <https://publons.com/a/1426400>

## 2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe

- 25 czerwca 2004r.

**Magister inżynier,**

Politechnika Wroclawska,

Wydział Mechaniczny,

kierunek: Zarządzanie i Inżynieria Produkcji,

Specjalność: Logistyka

Tytuł pracy magisterskiej: ***System dystrybucji oraz logistyczne założenia dla doboru części zamiennych do kopiarek Nashuatec***

Promotor: prof. dr hab. Inż. Eugeniusz Rusiński (Politechnika Wroclawska, Wrocław)

Recenzent: dr inż. Wiktor Stefurak (Politechnika Wroclawska, Wrocław)

Dyplom magistra z oceną celującą,

Najlepszy Absolwent Wydziału Mechanicznego 2004,

- **9 lipca 2008r.**

**Doktor nauk technicznych,**

Politechnika Wroclawska,

Wydział Mechaniczny, Instytut Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn,

Zakład Logistyki i Systemów Transportowych

Dyscyplina: Budowa i Eksploatacja Maszyn,

Tytuł rozprawy doktorskiej: ***Model wsparcia logistycznego systemu eksploatacji środków transportu*** (wyróżnienie Rady Wydziału Mechanicznego Politechniki Wroclawskiej za rozprawę doktorską),

Promotor: dr hab. inż. Tomasz Nowakowski (Politechnika Wroclawska, Wroclaw)

Recenzenci:

prof. dr hab. inż. Lech Bukowski (Akademia Górniczo Hutnicza, Kraków),

dr hab. inż. Franciszek Przystupa (Politechnika Wroclawska, Wroclaw)

**Posiadane certyfikaty** (kopie w załączniku 6)

Certyfikat ukończenia specjalistycznego kursu z zakresu umiejętności dydaktyki w języku obcym p/t. „American Academic English and British Academic English”, szkolenie na poziomie C1 w wymiarze 30h, Wroclaw, uzyskany 8 lutego 2018r.

Certyfikat ukończenia specjalistycznego kursu z zakresu umiejętności dydaktyki w języku obcym p/t. „Język angielski z elementami języka technicznego”, szkolenie na poziomie C1 w wymiarze 30h, Wroclaw, uzyskany 30 lipca 2018r.

Certyfikat ukończenia specjalistycznego kursu z zakresu umiejętności dydaktyki w języku obcym p/t. „Academic writting”, na poziomie C1 w wymiarze 30h, Wroclaw, uzyskany 30 lipca 2018r.

### **3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych**

- **01.10.2004r. - 09.07.2008r.**

Politechnika Wroclawska,

Wydział Mechaniczny, Instytut Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn, Zakład Logistyki i Systemów Transportowych

**Studia doktoranckie**

- **01.10.2008r. - 28.02.2009r.**

Politechnika Wroclawska,

Wydział Mechaniczny, Instytut Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn, Zakład Logistyki i Systemów Transportowych

**Stanowisko: Asystent - pracownik naukowo-dydaktyczny**

- **od 01.03.2009r. do dzisiaj**

(urlop macierzyński w okresach: 11.09.2010r.-11.02.2011r.,  
14.04.2015r.-13.10.2015r.)

Politechnika Wroclawska,

Wydział Mechaniczny, Katedra Eksploatacji Systemów Logistycznych, Systemów Transportowych i Układów Hydraulicznych

**Stanowisko: Adiunkt - pracownik naukowo-dydaktyczny**

- **01.10.2008r. - 30.06.2009r. oraz 01.10.2009r. - 11.09.2010r.**

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa im. Angelusa Silesiusa w Wałbrzychu,

Instytut Przyrodniczo-Techniczny,

**Stanowisko: Starszy wykładowca - pracownik dydaktyczny**

### **4. Przebieg działalności naukowej i zawodowej**

Urodziłam się 6 czerwca 1980 roku we Wrocławiu. W roku 1999 ukończyłam naukę w VX Liceum Ogólnokształcącym im. P. Wysockiego we Wrocławiu, na kierunku Sekretarka menadżera.

W październiku 1999 roku rozpoczęłam studia dzienne na kierunku Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, realizowane na Wydziale Mechanicznym Politechniki Wrocławskiej we Wrocławiu. Na trzecim roku nauki wybrałam specjalność - Logistyka. W trakcie studiów dwukrotnie otrzymałam nagrody indywidualne Dziekana Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej za bardzo dobre wyniki w studiach, oraz - w roku 2004 - otrzymałam Nagrodę Rektora dla Najlepszego

Absolwenta Wydziału Mechanicznego. W pracy magisterskiej pt. „System dystrybucji oraz logistyczne założenia dla doboru części zamiennych do kopiarek Nashuatec” skupiłam się na przeprowadzeniu analizy i oceny realizowanych procesów w systemie logistycznym głównego dystrybutora urządzeń biurowych marki Nashuatec. Opracowałam m.in. model prognozowania zapotrzebowania na części zamienne w oparciu o harmonogramy obsługowe urządzeń biurowych klientów przedsiębiorstwa.

W październiku 2004 roku rozpoczęłam studia doktoranckie w Instytucie Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn Politechniki Wrocławskiej. W trakcie studiów doktoranckich moje badania ukierunkowane były na modelowanie złożoności systemów logistycznych i transportowych poprzez analizę zależności czasowych zachodzących w procesach eksploatacji. W badaniach skupiłam się na problemie oceny podstawowych relacji występujących między systemem technicznym a systemem wspierającym (logistycznym), proponując ich wzajemną integrację w jeden nadsystem, w którym pewne zadania są realizowane wspólnie przez oba współpracujące systemy w celu zapewnienia określonego potencjału operacyjnego. Zainteresowania zagadnieniami niezawodności i eksploatacji systemów technicznych rozwijałam w ramach dwóch projektów naukowych, gdzie byłam wykonawcą.

W lipcu 2008 roku obroniłam z wyróżnieniem pracę doktorską. W październiku 2008 roku zostałam zatrudniona na stanowisku asystenta na Wydziale Mechanicznym Politechniki Wrocławskiej i rozpoczęłam pracę w Zakładzie Logistyki i Systemów Transportowych, kierowanym przez prof. dr hab. inż. Tomasza Nowakowskiego. Obecnie, w wyniku reorganizacji na Wydziale Mechanicznym, jestem adiunktem w Katedrze Eksploatacji Systemów Logistycznych, Systemów Transportowych i Układów Hydraulicznych. W latach 2008-2010 pracowałam również na stanowisku Starszego wykładowcy w Państwowej Wyższej Szkole Zawodowej im. Angeliusa Silesiusa w Wałbrzychu, gdzie prowadziłam zajęcia dydaktyczne na kierunku Logistyka.

Po obronie pracy doktorskiej w dalszym ciągu brałam czynny udział w pracach zespołu zajmującego się zagadnieniami niezawodnościowymi oraz modelowaniem procesów utrzymania systemów technicznych. Od roku 2012 głównym tematem moich zainteresowań naukowych było modelowanie niezawodności systemów technicznych i logistycznych z zależnością czasową w oparciu o wykorzystanie koncepcji opóźnień czasowych. Wyniki wszystkich moich badań i analiz przedstawiałam na 33 konferencjach krajowych i zagranicznych. Ponadto, byłam kierownikiem lub wykonawcą w 12 projektach badawczych. W 2017 roku otrzymałam Nagrodę Rektora w uznaniu wyróżniającego wkładu w działalność uczelni.

Od 2008 roku prowadzę zajęcia dydaktyczne z obszaru logistyki, transportu oraz eksploatacji i niezawodności na Wydziale Mechanicznym Politechniki Wrocławskiej oraz na Wydziale Informatyki i Zarządzania Politechniki Wrocławskiej. Uczestniczę również w projektach ukierunkowanych na podnoszenie kompetencji studentów studiów dziennych Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej oraz uczniów

szkół zawodowych Dolnego Śląska. Byłam promotorem 175 prac dyplomowych oraz wielokrotnie opiniowałam takie prace.

W latach 2009-2017 byłam koordynatorem dydaktyki w Katedrze Eksploatacji Systemów Logistycznych, Systemów Transportowych i Układów Hydraulicznych/ Wydział Mechaniczny PWr. Od 2012 roku jestem członkiem Komisji Hospitacyjnej dla kierunku Zarządzanie i Inżynieria Produkcji na Wydziale Mechanicznym Politechniki Wrocławskiej.

Od 2008 roku jestem członkiem Polskiego Towarzystwa Logistycznego. Od 2017 roku pełnię funkcję sekretarza Sekcji Logistyki i Procesów Transportowych PAN. Od 2018 roku aktywnie uczestniczę w pracach Polskiego Naukowo-Technicznego Towarzystwa Eksploatacyjnego. Ponadto, od 2009 roku reprezentuję Politechnikę Wrocławską w europejskim towarzystwie European Safety and Reliability Association, gdzie od grudnia 2017r. realizuję zadania jako członek komitetu technicznego Maintenance Modelling and Optimization. Od maja 2018 roku jestem również reprezentantem Politechniki Wrocławskiej w stowarzyszeniu European Safety, Reliability and Data Association. Uczestniczyłam również w obradach GA EFNMS - Europejskiej Federacji Towarzystw Eksploatacyjnych (bez prawa głosu).

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora mój dorobek naukowy stanowi ogółem **100 publikacji z obszaru niezawodności i eksploatacji systemów technicznych**, w tym **6 publikacji w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports** oraz **18 publikacji indeksowanych w bazie danych Web of Science**. Sumaryczny Impact Factor publikacji naukowych według listy Journal Citation Reports, zgodnie z rokiem opublikowania wynosi **6.572**. Liczba cytowań moich publikacji wg bazy Web of Science wynosi **169**. Indeks Hirscha według bazy Web of Science wynosi **6**.

Byłam członkiem komisji/rady naukowej czterech krajowych konferencji naukowych oraz członkiem komitetu technicznego czterech międzynarodowych konferencji naukowych. Ponadto, brałam czynny udział w organizacji 10 krajowych i międzynarodowych konferencji naukowych, w tym konferencji European Safety and Reliability Conference ESREL 2014, która odbyła się w dniach 14-18 września 2014r. we Wrocławiu. W ramach zadań organizacyjnych konferencji ESREL 2014, pełniłam: funkcję współredaktora materiałów konferencyjnych, funkcję Track Directora dla obszaru metodologicznego Delay Time Analysis, funkcję recenzenta artykułów konferencyjnych, oraz funkcję przewodniczącego sesji tematycznej: Process reliability and safety modelling. Byłam również wiceprzewodniczącą XXI Konferencji Logistyki Stosowanej „Total Logistic Management” 2017, która odbyła się w dniach 29.11.-02.12.2017r. w Karpaczu. Objęłam również patronatem naukowym trzy krajowe konferencje naukowe.

Od 2010 roku jestem również członkiem kolegium redakcyjnego e-czasopisma ESRA Newsletter (European Safety and Reliability Association Newsletter). Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora byłam recenzentem **33 publikacji w**

czasopismach krajowych i zagranicznych, **21** publikacji w monografiach anglojęzycznych, oraz **18** publikacji w materiałach krajowych i zagranicznych konferencji naukowych.

Od 2014 roku sprawuję opiekę naukową w charakterze **promotora pomocniczego** nad jednym doktorantem: mgr inż. Maciej Chlebus w przewodzie doktorskim: Method of vulnerability assessment of logistics supply chains (Metoda oceny podatności na zagrożenia logistycznego łańcucha dostaw).



## 5. Osiągnięcie stanowiące podstawę wszczęcia postępowania habilitacyjnego

### 5.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Osiągnięciem stanowiącym podstawę wszczęcia postępowania habilitacyjnego według 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.) jest cykl powiązanych tematycznie publikacji w obszarze:

#### **Modele utrzymania systemów technicznych w aspekcie koncepcji opóźnień czasowych**

### 5.2. Wykaz publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe

Na monotematyczny cykl publikacji składa się monografia autorska oraz 7 publikacji naukowych wymienionych poniżej:

#### **Monografia:**

[5.2.1] Werbińska-Wojciechowska S., 2018, *Modele utrzymania systemów technicznych w aspekcie koncepcji opóźnień czasowych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław (218 stron, ISBN 978-83-7493-031-4).

#### **Recenzenci:**

Prof. dr hab. inż. Andrzej Kaźmierczak (Politechnika Wroclawska, Wroclaw)  
Dr hab. inż. Mirosław Siergiejczyk, prof. nadzw. PW. (Politechnika Warszawska, Warszawa)

Praca jest autorską monografią, zawiera wyniki własnych badań, jest napisana w języku polskim. W monografii autorka skupiła się na opracowaniu nowych modeli utrzymania systemów technicznych funkcjonujących w różnych strukturach niezawodnościowych. Opracowane modele kontroli stanu systemu bazują na wykorzystaniu koncepcji opóźnień czasowych dla pierwszego cyklu diagnostycznego (modele analityczne) oraz nieskończenie długiego horyzontu czasowego (modele symulacyjne). Modele pozwalają na optymalizację okresu między kolejnymi operacjami kontroli stanu systemu w oparciu o kryteria: oczekiwanych kosztów utrzymania oraz wskaźnika gotowości. Ponadto, modele opracowano z wykorzystaniem teorii odnowy oraz symulacji Monte Carlo. Następnie autorka przedyskutowała możliwości aplikacji opracowanych modeli

w oparciu o dane eksploatacyjne wybranych systemów technicznych. W podsumowaniu określone zostały główne kierunki dalszych prac badawczych.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na: opracowaniu koncepcji i przygotowaniu założeń do książki, opracowaniu przeglądu literatury, opracowaniu modeli utrzymania systemów technicznych, opracowaniu studiów przypadków, opracowaniu wniosków.

### **Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR)**

[5.2.2]Werbińska-Wojciechowska S., 2013, *Time resource problem in logistics systems dependability modelling*, Eksploatacja i Niezawodność - Maintenance and Reliability, vol. 15, nr 4, s. 427-433. Punktacja MNiSW: 15 (2012), IF - 00.505 (2013), SJR: 0.315 (2013)(procentowy udział własny: 100%)

Praca jest autorskim artykułem, zawiera wyniki własnych badań i jest napisana w języku polskim i angielskim. Artykuł jest indeksowany w bazie **Journal Citation Reports** oraz **Web of Science**. W artykule przedstawiono zagadnienia związane z matematycznym modelowaniem utrzymania systemów technicznych w stanie zdadności z wykorzystaniem koncepcji opóźnień czasowych. Przedstawiono podstawowy przegląd literatury z badanego obszaru obejmujący okres 1984-2012. Pracę uzupełnia przykład zastosowania klasycznego modelu utrzymania złożonego systemu technicznego dla analizy eksploatacyjnej szesnastu wózków widłowych, funkcjonujących w wybranym przedsiębiorstwie. Dane niezbędne do przeprowadzenia analizy niezawodności objęły dane serwisowe szesnastu elektrycznych wózków widłowych wybranej marki, obejmujące okres eksploatacji od roku 2000 do końca 2008. Zawierają dokładny przebieg pracy wózków, czasy trwania remontów i przeglądów, wyszczególnienie wymienianych elementów oraz uszkodzeń, które wystąpiły w tym czasie.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na: opracowaniu koncepcji i przygotowaniu założeń do artykułu, opracowaniu przeglądu literatury, przygotowaniu studium przypadku dla implementacji klasycznego modelu utrzymania systemów złożonych z uwzględnieniem koncepcji opóźnień czasowych, opracowaniu wniosków, redakcji tekstu i grafiki.

[5.2.3.]Jodejko-Pietruczuk A., Werbińska-Wojciechowska S., 2014, *Analysis of maintenance models' parameters estimation for technical systems with delay time*, Eksploatacja i Niezawodność - Maintenance and Reliability, vol. 16, nr 2, s. 288-294. Punktacja MNiSW: 15 (2014), IF: 00.983 (2014), SJR: 0.434 (2014) (procentowy udział własny: 50%)

Artykuł jest pracą współautorską, zawierającą wyniki własnych badań, jest napisany w języku polskim i angielskim. Artykuł jest indeksowany w bazie

**Journal Citation Reports** oraz **Web of Science**. W pracy skupiono się na problemie dokładności estymacji parametrów modeli utrzymania w odniesieniu do ponoszonych kosztów eksploatacyjnych. Analizie poddano trzelementowy system techniczny, funkcjonujący w progowej strukturze niezawodnościowej zgodnie z założeniami Polityki Przeglądów Blokowych. W pracy opracowano model symulacyjny, który następnie został poddany analizie wrażliwości w celu oceny, czy znajomość typu rozkładu prawdopodobieństwa zmiennej losowej opóźnienia czasowego ma istotne znaczenie dla wyników ekonomicznych funkcjonowania systemu, oraz jakie konsekwencje mogą wystąpić w wyniku niewłaściwej estymacji wartości średniej tej zmiennej losowej. Artykuł pozwolił na wstępne ustalenie podstawowych zależności pomiędzy długością okresu między obsługowego a wartościami parametru opóźnienia czasowego.

Mój wkład w opracowanie tej pracy polegał na przeprowadzeniu analizy merytorycznej tematu, opracowaniu koncepcji oraz założeń do artykułu, opracowaniu state-of-art, zaplanowaniu badań symulacyjnych, przetłumaczeniu tekstu na angielski, napisaniu manuskryptu. Opracowałam wstępne wyniki analizy wrażliwości na podstawie uzyskanych wyników w procesie oceny wrażliwości uzyskanej zmiennej decyzyjnej w aspekcie zmiany parametrów modelu utrzymania systemu technicznego. Opracowałam również wnioski oraz odpowiedzi na uwagi Recenzentów dotyczącej opracowanej przeze mnie części badawczej. Prowadziłam korespondencję z redakcją czasopisma.

- [5.2.4] Jodejko-Pietruczuk A., Werbińska-Wojciechowska S., 2017, *Development and sensitivity analysis of a technical object inspection model based on the delay-time concept use*, *Eksplatacja i Niezawodność - Maintenance and Reliability*, vol. 19, nr 3, s. 403-412, <http://dx.doi.org/10.17531/ein.2017.1.13>. Punktacja MNiSW: 25 (2016), IF: - 01.145 (2016), SJR: 0.511 (2016) (procentowy udział własny: 50%)

Artykuł jest pracą współautorską, zawiera wyniki własnych badań, jest napisany w języku polskim i angielskim. Artykuł jest indeksowany w bazie Journal Citation Reports oraz Web of Science. W artykule przedstawiono analityczny model utrzymania obiektu technicznego podlegającego kosztownym uszkodzeniom z uwzględnieniem koncepcji opóźnień czasowych. Model oparto na założeniach strategii blokowej kontroli stanu systemu. Wyznaczono funkcje wskaźnika gotowości oraz oczekiwanych kosztów utrzymania systemu dla nieskończonego horyzontu czasowego. Następnie zbadano zgodność opracowanego modelu analitycznego z wynikami uzyskanymi w drodze symulacji. Przeprowadzono analizę wrażliwości opracowanego modelu.

Mój wkład w opracowanie tej pracy polegał na przeprowadzeniu analizy merytorycznej tematu, opracowaniu koncepcji oraz założeń do artykułu, opracowaniu state-of-art, opracowaniu równań modelu matematycznego,

przetłumaczeniu tekstu na angielski, oraz napisaniu manuskryptu. Opracowałam wstępne wnioski oraz przygotowałam odpowiedzi na uwagi Recenzentów dotyczące opracowanej przeze mnie części badawczej. Ponadto, prowadziłam korespondencję z redakcją czasopisma.

### **Publikacje naukowe w materiałach znajdujących się w bazie *Web of Science***

[5.2.5] Jodejko-Pietruczuk A., Werbińska-Wojciechowska S., 2016, *Influence of data uncertainty on the optimum inspection period in a multi-unit system maintained according to the block inspection policy*, W: Dependability Engineering and Complex Systems: proc. Of the Eleventh International Conference on Dependability and Complex Systems DepCoS-RELCOMEX, June 27 - July 1, 2016, Brunów, Poland: Springer, s. 239-256. Punktacja MNiSW: 15 (2016) (procentowy udział własny: 50%)

Artykuł jest pracą współautorską, zawierającą wyniki własnych badań, jest napisany w języku angielskim. Artykuł jest indeksowany w bazie **Web of Science**. W artykule skupiono się na ocenie wpływu dokładności oszacowania parametrów modelu utrzymania systemów technicznych w aspekcie koncepcji opóźnień czasowych w odniesieniu do wyników kosztowych przyjętej strategii obsługowej. W pierwszym kroku zbadano wpływ przyjętego rozkładu prawdopodobieństwa dla zmiennych losowych występujących w modelu na parametry kosztowe. W drugim kroku poddano ocenie wpływ oszacowania wartości średnich oraz odchylenia standardowego zmiennych modelu na wyniki kosztowe. Pozwoliło to na zaproponowanie prostych reguł decyzyjnych, pozwalających menadżerowi d/s. eksploatacji na podejmowanie racjonalnych decyzji eksploatacyjnych w zakresie doboru okresu między kolejnymi operacjami kontroli stanu systemu.

Mój wkład w opracowanie tej pracy polegał na przeprowadzeniu analizy merytorycznej tematu, opracowaniu koncepcji i przygotowaniu założeń do artykułu, opracowaniu state-of-art, przetłumaczeniu tekstu na angielski, napisaniu manuskryptu. Opracowałam wstępną analizę uzyskanych wyników w procesie oceny wrażliwości uzyskanej zmiennej decyzyjnej w aspekcie zmiany parametrów modelu utrzymania systemu technicznego. Opracowałam również wnioski oraz odpowiedzi na uwagi Recenzentów dotyczącej opracowanej przeze mnie części badawczej. Byłam również odpowiedzialna za proces publikacji artykułu.

- [5.2.6] Jodejko-Pietruczuk A., Werbińska-Wojciechowska S., 2017, *Block Inspection policy model with imperfect maintenance for single-unit systems*, *Procedia Engineering*, vol. 187, s. 570-581, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.416>. Punktacja MNiSW: 15 (2017) (procentowy udział własny: 50%)

Artykuł jest pracą współautorską, zawierającą wyniki własnych badań, jest napisany w języku angielskim. Artykuł jest indeksowany w bazie **Web of Science**. W artykule przedstawiono analityczny model utrzymania obiektu technicznego z uwzględnieniem koncepcji opóźnień czasowych oraz założeniem nieperfekcyjnej operacji kontroli stanu systemu. Model oparto na założeniach strategii blokowej kontroli stanu systemu. Wyznaczono funkcję oczekiwanych kosztów utrzymania systemu dla nieskończonego horyzontu czasowego. Następnie zbadano zgodność opracowanego modelu analitycznego z wynikami uzyskanymi w drodze symulacji. Przeprowadzono analizę wrażliwości opracowanego modelu.

Mój wkład w opracowanie tej pracy polegał na przeprowadzeniu analizy merytorycznej tematu, opracowaniu koncepcji i przygotowaniu założeń do artykułu, opracowaniu state-of-art, opracowaniu modelu analitycznego dla utrzymania obiektu technicznego, przetłumaczeniu tekstu na angielski, napisaniu manuskryptu. Opracowałam również wnioski oraz odpowiedzi na uwagi Recenzentów dotyczącej opracowanej przeze mnie części badawczej. Byłam również odpowiedzialna za proces publikacji artykułu.

#### **Publikacja naukowa znajdująca się w czasopiśmie z listy MNiSW**

- [5.2.7] Nowakowski T., Werbińska S., 2009, *On problems of multicomponent system maintenance modelling*. *International Journal of Automation and Computing*, vol. 6, nr 4, s. 364-378, <http://dx.doi.org/10.1007/s11633-009-0364-4>. Punktacja MNiSW: 06 (2010) (procentowy udział własny: 70%)

Artykuł jest pracą współautorską, zawierającą wyniki własnych badań, jest napisany w języku angielskim. Artykuł jest indeksowany w bazie **Scopus**. W artykule przedstawiono przegląd literatury z obszaru modelowania utrzymania systemów technicznych. Skupiono się na trzech grupach strategii obsługowych, omawiając podstawowe modele optymalizacyjne dla modeli obsługi blokowych (*Block replacement models*), obsługi grupowej (*Group maintenance models*), oraz obsługi okazjonalnych (*Opportunistic maintenance models*), przedstawiając podstawowe kierunki rozwoju znanych modeli w danych obszarach. Przedstawiono również przykład systemu dwuelementowego funkcjonującego według różnych strategii, pozwalający na porównanie klasycznych modeli obsługowych.

Mój wkład w opracowanie tej pracy polegał na przeprowadzeniu analizy merytorycznej tematu, opracowaniu koncepcji i przygotowaniu założeń do artykułu, opracowaniu przeglądu literatury z obszaru modelowania strategii obsługi profilaktycznych systemów technicznych, przygotowaniu koncepcji przykładu obliczeniowego, przetłumaczeniu całości na angielski, napisaniu manuskryptu. Opracowałam również wnioski oraz odpowiedzi na uwagi Recenzentów. Prowadziłam korespondencję z redakcją czasopisma.

## Rozdział w monografii naukowej

[5.2.8] Werbińska-Wojciechowska S., 2014, *Modele utrzymania wieloelementowych obiektów technicznych - stan wiedzy*. W: Problemy utrzymania systemów technicznych: Siergiejczyk M. (red.). Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, ISBN 978-83-7814-269-0, s. 25-57. (procentowy udział własny: 100%)

Praca jest autorskim rozdziałem w monografii, zawiera wyniki własnych badań, jest napisana w języku polskim. W rozdziale skupiono się na przedstawieniu podstawowego przeglądu literatury obejmującej modelowanie utrzymania wieloelementowych systemów technicznych, skupiając się na jednej z grup strategii utrzymania – obsłudze profilaktycznej. Rozdział jest rozwinięciem przeglądu literatury przedstawionego w pracy [5.2.7]. Omówiono podstawowe modele dla systemów technicznych złożonych z niezależnych elementów (modele wymiany okresowej w ustalonym wieku oraz modele odnowy blokowej), oraz modele dla systemów technicznych, dla których możliwe jest określenie jednej z trzech zależności występujących pomiędzy elementami systemu (zależności stochastycznej, ekonomicznej, czy strukturalnej). Różnorodność modeli utrzymania obiektów technicznych, jakie zostały opracowane na przestrzeni ostatnich czterdziestu lat z wykorzystaniem strategii obsługi profilaktycznej spowodowała konieczność ograniczenia omawianych modeli z zakresu badanej problematyki tylko do najpowszechniej analizowanych problemów. Rozwój analizowanych modeli został przedstawiony w sposób graficzny (drzewa zależności).

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na: opracowaniu koncepcji i przygotowaniu założeń do rozdziału, opracowaniu przeglądu literatury, opracowaniu wniosków, redakcji tekstu i grafiki.

## Sumaryczne zestawienie statystyk publikacji przedstawionych do osiągnięcia naukowego

Zestawienie bibliometryczne publikacji [5.2.2]-[5.2.7]:

Lp.	Nr pozycji	Rodzaj publikacji	Rok wydania	Punktacja (zgodna z rokiem opublikowania)			Liczba cytowań	
				IF	SJR	MNiSW	WoS	Scopus
1	[5.2.2]	Lista JCR <sup>1</sup>	2013	00.505	0.315	15	17	19
2	[5.2.3]	Lista JCR	2014	00.983	0.434	15	9	8
3	[5.2.4]	Lista JCR	2017	01.145	0.511	25	0	1
4	[5.2.5]	WoS <sup>2</sup>	2016	-	-	15	0	0
5	[5.2.6]	WoS	2017	-	-	15	0	1
6	[5.2.7]	Lista B <sup>3</sup>	2009	-	-	6	40	54
<b>SUMA</b>				<b>02.633</b>	<b>1.26</b>	<b>91</b>	<b>66</b>	<b>83</b>

<sup>1</sup> artykuł umieszczony w bazie Journal Citation Reports

<sup>2</sup> artykuł umieszczony w bazie Web of Science

<sup>3</sup> artykuł z listy B wg. MNiSW

Średnia indywidualnego udziału w pracach [5.2.1]-[5.2.8] wynosi 71%.

Kopie powyższych publikacji znajdują się w załączniku 8, natomiast deklaracje współautorów zawarto w załączniku 9.

### 5.3. Omówienie celu naukowego oraz osiągniętych wyników

#### Ogólny cel naukowy badań opisanych w pracach przedstawionych do oceny

Z punktu widzenia efektywnego i bezpiecznego zarządzania eksploatacją systemów technicznych wskazane jest, aby dobrać taką strategię utrzymania, która pozwoli z największym prawdopodobieństwem na wykrycie potencjalnego uszkodzenia tuż przed jego wystąpieniem. Zagadnienie to jest szczególnie istotne przy modelowaniu procesów operacyjnych i obsługi takich systemów, w których skutki wystąpienia zdarzenia niebezpiecznego są bardzo poważne lub nawet katastrofalne dla człowieka i środowiska. Przykładami obszarów szczególnie związanych z bezpieczeństwem są: przemysł energetyki jądrowej, przemysł kosmiczny, przemysł medyczny, czy przemysł transportowy.

Znane w literaturze modele utrzymania obiektów/systemów technicznych można podzielić na dwa podstawowe typy ze względu na zachowanie się obiektu/systemu. Klasyczne modele utrzymania obiektów/systemów technicznych bazują na założeniu, że przejście systemu/elementu ze stanu zdatności do stanu niezdatności następuje w sposób skokowy. W tym obszarze można wykorzystać m.in. znane modele obsługi profilaktycznej szczegółowo omówione w pracy [5.2.8] lub modele utrzymania z kontrolą stanu systemu.

W klasycznym podejściu proces obsługi bazuje na wykorzystaniu parametrów procesu eksploatacji, jak intensywność uszkodzeń czy czas pomiędzy uszkodzeniami. Zakłada, że zmienne te można wyznaczyć statystycznie, przez co zapewniamy przeprowadzenie operacji wymiany/naprawy elementu „tuż przed uszkodzeniem”. Zwykle przyjmowane jest także założenie o perfekcyjnym procesie odnowy. W rezultacie, średni czas między uszkodzeniami jest zwykle wykorzystywaną miarą pozwalającą na określenie okresu obsługi systemu. Podstawową wadą tego podejścia w modelowaniu procesu obsługi jest to, że dane pozwalają jedynie na wyznaczenie oczekiwanej wartości intensywności uszkodzeń. W rzeczywistości, uszkodzenia pojawiają się w losowych chwilach czasu, z częstotliwością niezgodną z wartością oczekiwaną intensywności uszkodzeń. W związku z tym, realizowana strategia obsługi może być kosztowna i nieefektywna, gdy wykorzystamy dane podejście w modelowaniu zachowania się rzeczywistych systemów technicznych.

Rozwiązaniem danych problemów może być druga grupa modeli, która przeznaczona jest dla systemów, w których przejście systemu/elementu ze stanu zdatności do stanu niezdatności poprzedzone jest pojawieniem się symptomów przyszłego uszkodzenia. W danym przypadku klasyczne modele utrzymania systemów z kontrolą ich stanu są rozwijane dzięki wykorzystaniu tzw. koncepcji opóźnień czasowych (*Delay-time concept*, DT). W modelach utrzymania opierających się na założeniach koncepcji DT integracja pomiędzy strategią obsługi obiektu technicznego a procesem jego funkcjonowania wyrażana jest zależnością pomiędzy częstością realizowanych diagnoz stanu systemu a liczbą pojawiających się



uszkodzeń. Podstawowym problemem w tych modelach jest określenie optymalnego okresu między przeglądami.

Modelowanie procesów obsługi z wykorzystaniem koncepcji opóźnień czasowych DT jest rozwinięciem klasycznych modeli utrzymania z kontrolą stanu systemu, gdzie wynikiem operacji diagnostycznej jest jedynie informacja o jego stanie niezawodnościowym (zdatny/niezdatny). W związku z tym, dla obiektów/systemów, gdzie możliwe jest zdiagnozowanie symptomów nadchodzącego uszkodzenia, a z drugiej strony brakuje możliwości wdrożenia strategii obsługowych bazujących na ciągłej kontroli stanu systemu (np. *condition-based maintenance*, CBM), rozwiązanie bazujące na koncepcji DT wydaje się być efektywne ekonomicznie i niezawodnościowo. Potwierdzają to szerokie badania literaturowe przedstawione w pracach [5.2.1, 5.2.7, 5.2.8].

**Dlatego też, w swojej pracy naukowo-badawczej skupiłam się na opracowaniu nowych modeli utrzymania systemów technicznych z wykorzystaniem koncepcji opóźnień czasowych.**

W oparciu o przeprowadzony przegląd literatury z obszaru modelowania procesów utrzymania obiektów i systemów technicznych z wykorzystaniem koncepcji opóźnień czasowych możliwe było podsumowanie opracowanych w literaturze problemów badawczych oraz przedstawienie luk badawczych, które wymagają dalszych analiz [5.2.1]:

- opracowano niewiele prac, które pozwalają na stosowanie różnych operacji diagnostycznych w systemach technicznych; znane rozwiązania pozwalają jedynie na modelowanie złożonych procesów utrzymania dla obiektów technicznych;
- obecnie nie zostały opracowane modele utrzymania dla systemów technicznych z elementami zależnymi, bazujące na koncepcji opóźnień czasowych;
- występuje problem dostępności danych rzeczywistych, niezbędnych do zastosowania określonych modeli utrzymania obiektów (modele estymacji);
- brakuje rozwiązań modelowych dla procesów obsługi z uwzględnieniem dostępności zapasów części wymiennych; znane rozwiązania pozwalają jedynie na wspólne modelowanie strategii obsługi oraz strategii zarządzania zapasami dla obiektów technicznych;
- modelowanie systemów technicznych przede wszystkim jako systemów złożonych. Brakuje modeli dla systemów technicznych funkcjonujących w innych strukturach niezawodnościowych;
- nie ma opracowań w zakresie modelowania utrzymania systemów technicznych w aspekcie koncepcji opóźnień czasowych, pozwalających na analizę wpływu struktury niezawodnościowej systemu na jego wyniki ekonomiczne i/lub charakterystyki niezawodnościowe.

Biorąc pod uwagę, że znane modele utrzymania systemów technicznych z wykorzystaniem koncepcji opóźnień czasowych są przede wszystkim dedykowane dla

tw. systemów złożonych, nie ma możliwości m.in. modelowania występujących zależności (np. ekonomicznych czy strukturalnych) pomiędzy elementami systemu. Z drugiej strony, w oparciu o przeprowadzoną wstępną analizę porównawczą dwóch klasycznych strategii obsługiwanego - procesu obsługiwanego według założeń Polityki Przeglądów Blokowych oraz obsługi profilaktycznej według założeń polityki wymian grupowych można stwierdzić, iż występuje silna zależność między wynikami ekonomicznymi zastosowanej strategii obsługiwanego a strukturą niezawodnościową systemu technicznego [5.2.1].

W związku z tym, w oparciu o przeprowadzone wstępne analizy badawcze oraz badania literaturowe, możliwe było określenie celu naukowego prowadzonych przeze mnie prac badawczych:

**Opracowanie modeli utrzymania obiektów i systemów technicznych funkcjonujących w różnych strukturach niezawodnościowych z wykorzystaniem koncepcji opóźnień czasowych.**

Skupiłam się na opracowaniu nowych modeli utrzymania obiektów technicznych w długim horyzoncie czasowym oraz systemów technicznych funkcjonujących w różnych strukturach niezawodnościowych (szeregowej, równoległej, typu  $n_k$ -z- $n$ ) w długim horyzoncie czasowym, jak również dla pojedynczego cyklu inspekcji (do chwili przeprowadzenia pierwszej operacji kontroli stanu systemu). Modele pozwalają na optymalizację okresu między kolejnymi operacjami kontroli stanu systemu w oparciu o kryteria: oczekiwanych kosztów utrzymania oraz wskaźnika gotowości. Modele opracowano z wykorzystaniem teorii odnowy oraz symulacji Monte Carlo (GNU Octave software).

W swoich pracach przyjąłam założenie, że modele są dedykowane dla systemów naprawialnych, dla których operacja naprawy jest nieefektywna ekonomicznie oraz charakteryzujących się dwustopniowym procesem uszkodzeń. Oznacza to, iż analizowane systemy mogą znajdować się w jednym z trzech stanów niezawodnościowych - stanie zdatności (brak symptomów nadchodzącego uszkodzenia), stanie częściowej zdatności (stan, w którym pojawił się defekt elementu), oraz stanie niezdatności (stan uszkodzenia).

Dodatkowo modele utrzymania systemów technicznych opracowane zostały przy uwzględnieniu założeń polityki blokowej kontroli stanu systemu (*Block Inspection Policy*, BI). Dana polityka obsługiwanego zakłada, że operacje kontroli stanu systemu są przeprowadzane okresowo (w stałych, regularnych odstępach czasu) i mają na celu zidentyfikowanie czy występują symptomy przyszłego potencjalnego uszkodzenia systemu (czy elementy systemu znajdują się w stanie częściowej zdatności, trwającym okresie opóźnienia czasowego). W związku z tym, w systemie mogą być podejmowane dwie decyzje podczas realizacji okresowej diagnozy stanu systemu:

- wymiana profilaktyczna - w przypadku zidentyfikowania stanu częściowej zdatności systemu,
- dopuszczenie systemu do jego dalszej eksploatacji, bez realizacji operacji obsługowych - w przypadku zidentyfikowania stanu zdatności systemu.

Przyjęłam również założenie, że w systemie może występować tylko jeden typ defektu (jeden rodzaj symptomu diagnozowanego podczas operacji kontroli stanu systemu).

Podsumowując, prowadzone przeze mnie prace składają się na pewną całość badań w obszarze podejmowania racjonalnych decyzji eksploatacyjnych w zakresie efektywnego utrzymania obiektów/systemów technicznych, wykazujących diagnozowalne symptomy przyszłego uszkodzenia.

## **Omówienie osiągniętych wyników badań - na bazie prac wymienionych w punkcie 5.2.**

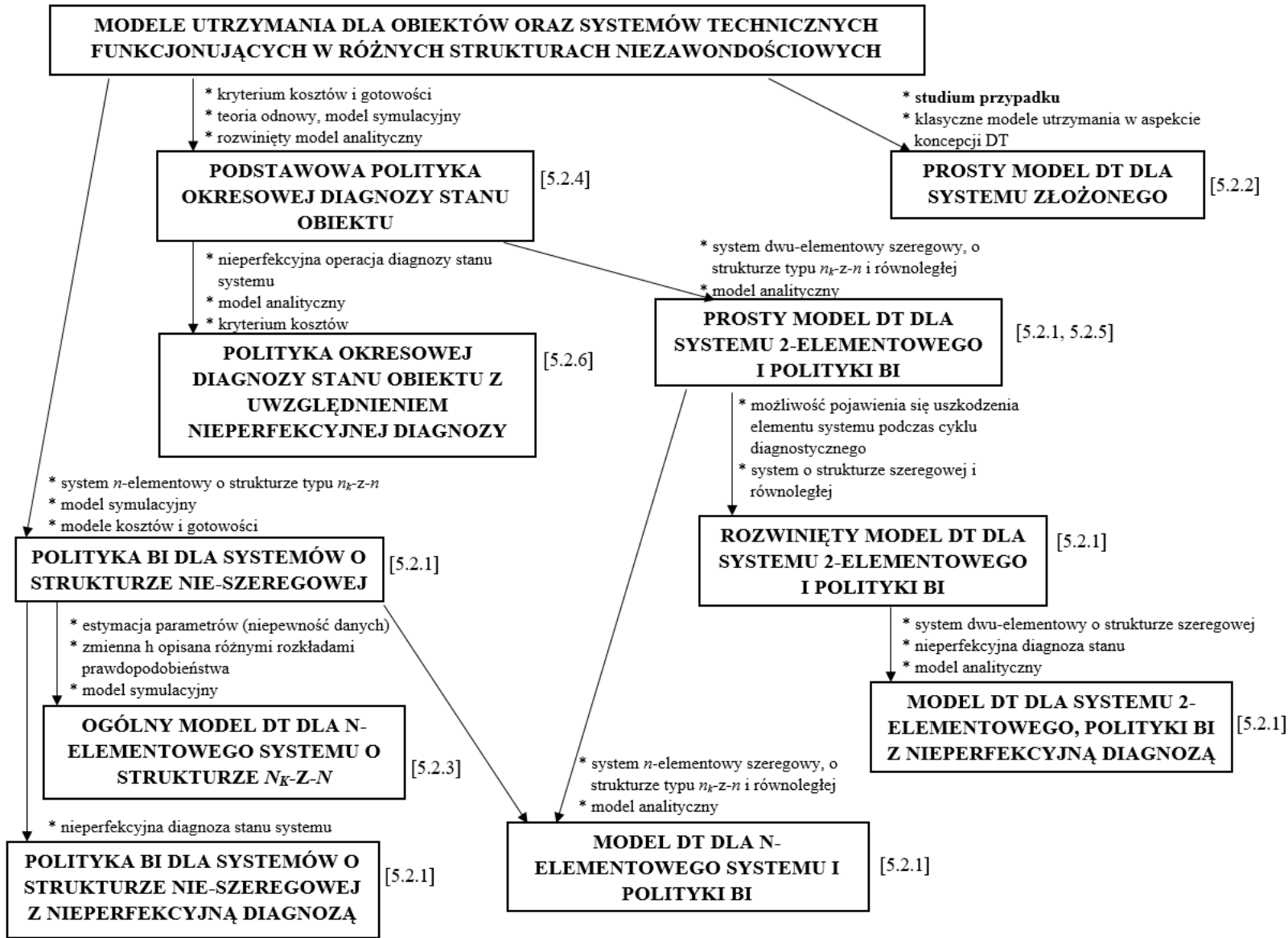
Realizacja postawionego celu prac badawczych wymagała opracowania następujących zadań roboczych:

1. Opracowanie przeglądu literatury z obszaru utrzymania systemów technicznych wraz z wstępną analizą znanych strategii obsługowych pozwalające na określenie celu prac naukowo-badawczych;
2. Opracowanie wstępnych symulacyjnych modeli utrzymania systemów technicznych w aspekcie koncepcji opóźnień czasowych z wykorzystaniem symulacji Monte Carlo, które posłużyły do realizacji szóstego zadania;
3. Opracowanie studium przypadku dla „klasycznych” modeli utrzymania systemów złożonych bazujących na koncepcji opóźnień czasowych;
4. Opracowanie analitycznych modeli utrzymania obiektów technicznych w aspekcie koncepcji opóźnień czasowych z wykorzystaniem teorii odnowy:
  - model utrzymania obiektu technicznego przy założeniu perfekcyjnej operacji kontroli jego stanu;
  - model utrzymania obiektu technicznego przy założeniu nieperfekcyjnej operacji kontroli jego stanu;
5. Opracowanie analitycznych modeli utrzymania systemów technicznych funkcjonujących w różnych strukturach niezawodnościowych w aspekcie koncepcji opóźnień czasowych (w oparciu o teorię odnowy):
  - podstawowe modele utrzymania dla dwu- i n-elementowych systemów technicznych dla pierwszego cyklu inspekcji, przy założeniu perfekcyjnej operacji kontroli stanu systemu;
  - rozwinięte modele utrzymania dla systemu dwuelementowego, funkcjonującego w strukturze szeregowej, przy założeniu perfekcyjnej i nieperfekcyjnej operacji kontroli stanu systemu;

- rozwinięty model utrzymania dla systemu dwuelementowego, funkcjonującego w strukturze równoległej, przy założeniu perfekcyjnej operacji kontroli stanu systemu;
6. Przeprowadzenie analizy zgodności analitycznych modeli utrzymania systemów technicznych z modelami opracowanymi metodą symulacyjną;
  7. Przeprowadzenie analizy możliwości optymalizacji procesów utrzymania systemów technicznych z wykorzystaniem wybranych modeli;
  8. Przeprowadzenie analizy procesu estymacji parametrów modeli utrzymania systemów technicznych;
  9. Przeprowadzenie oceny możliwości wykorzystania opracowanych modeli dla doboru parametrów polityki obsługi wybranych systemów technicznych;
  10. Podsumowanie wraz ze wskazaniem kierunków możliwych dalszych prac badawczych w badanym obszarze.

Powyższe zadania cząstkowe składające się na całość prac naukowych z zakresu modelowania utrzymania obiektów/systemów technicznych w aspekcie koncepcji opóźnień czasowych zostały opisane m.in. w opracowaniach wymienionych w punkcie 5.2. niniejszego autoreferatu.

Schemat przedstawiający opracowane modele utrzymania obiektów i systemów technicznych funkcjonujących w różnych strukturach niezawodnościowych z wykorzystaniem koncepcji opóźnień czasowych (wraz ze wskazaniem źródeł literaturowych) przedstawiłam na rysunku 2a.1.



Rys. 2a.1. Opracowane modele utrzymania obiektów i systemów technicznych w aspekcie koncepcji opóźnień czasowych

Pierwszym etapem moich prac badawczych było przeprowadzenie szerokich badań literaturowych, pozwalające na zdefiniowanie celu i zakresu dalszej pracy naukowo-badawczej. Podstawy teoretyczne z obszaru modelowania utrzymania systemów technicznych zostały omówione w rozdziale pierwszym monografii [5.2.1]. W pierwszym kroku przedstawione zostały podstawowe definicje z obszaru utrzymania obiektów/systemów technicznych, zdefiniowano takie pojęcia jak: utrzymanie/obsługiwanie, zarządzanie obsługiwaniem, polityka obsługiwanego, czy strategia obsługiwanego. Ponadto przedstawiono główne zadania oraz cele zarządzania obsługiwaniem. Omówiono podstawową klasyfikację głównych problemów eksploatacyjnych, które są badane w światowej literaturze. Zaproponowano oraz omówiono podstawową klasyfikację strategii obsługiwanego obiektów/systemów technicznych. Zdefiniowano dwie grupy modeli utrzymania obiektów i systemów technicznych ze względu na kryterium niezawodnościowe. Pierwszą grupę klasycznych modeli utrzymania omówiono w pracach [5.2.7, 5.2.8]. W pracy [5.2.7] zostały przedstawione wyniki badań literaturowych z zakresu modelowania utrzymania systemów technicznych z wykorzystaniem strategii obsługi profilaktycznych. W pracy skupiono się przede wszystkim na przedstawieniu znanych modeli wymian blokowych (ang., *Block replacement models*), modelach obsługi grupowych (ang., *Group maintenance models*) oraz modeli bazujących na tzw. realizacji okazyjnych operacji obsługowych (ang. *Opportunistic maintenance models*), jak również omówiono koncepcję niezawodnościową MFOP (ang., *Maintenance Free-Operating Period*). Przedstawiony przegląd pozwolił na zdefiniowanie podstawowych ograniczeń/luk badawczych, które powinny być rozwijane w celu dokładniejszego modelowania rzeczywistych procesów obsługowych. Następnie przeprowadzony w pracy [5.2.7] przegląd literatury w obszarze utrzymania systemów technicznych z wykorzystaniem strategii obsługi profilaktycznych został rozwinięty w pracy [5.2.8]. W pracy tej w pierwszym kroku omówiona została klasyfikacja znanych modeli odnowy profilaktycznej obiektów i systemów technicznych. W oparciu o opracowaną klasyfikację modeli, omówiłam szczegółowo pięć grup modeli utrzymania systemów technicznych:

- modele wymiany okresowej w ustalonym wieku,
- modele odnowy blokowej,
- modele odnowy grupowej,
- modele odnowy zgodnie z założeniami obsługi okazyjnej,
- modele utrzymania obiektów z odnową typu kanibalizacja.

W pracy [5.2.8] podsumowałam wyniki 106 prac naukowych z okresu 1970-2013, przedstawiając w sposób graficzny podstawowe kierunki rozwoju opracowanych modeli utrzymania. Pozwoliło to na określenie głównych kierunków przyszłego rozwoju prac badawczych w tym obszarze.

Druga grupa modeli utrzymania obiektów/systemów, w których przejście systemu/elementu ze stanu zdatności do stanu niezdatności poprzedzone jest pojawieniem się symptomów przyszłego uszkodzenia, została omówiona w rozdziale

drugim monografii [5.2.1]. Scharakteryzowano przegląd dostępnej literatury z zakresu modelowania utrzymania obiektów/systemów technicznych z wykorzystaniem koncepcji opóźnień czasowych. Dla modeli utrzymania obiektów technicznych wyróżniono modele dedykowane procesom obsługiwanym obiektów z tzw. dwustopniowym procesem uszkodzeń (ang., *two-stage failure process*) oraz trzystopniowym procesem uszkodzeń (ang., *three-stage failure process*). Ponadto omawiane modele pozwalają na analizę przypadków, kiedy w systemie pojawia się tylko jeden tzw. typ defektu (symptomu o przyszłym uszkodzeniu), lub modele dedykowane dla analizy obiektów z wieloma identyfikowanymi rodzajami defektów. Dla złożonych systemów technicznych (ang., *complex systems*) omawiane zagadnienia obejmowały m.in. modele estymacji parametrów systemów (ang., *parameters estimation models*), analizę studiów przypadków, czy tzw. modele hybrydowe obejmujące modelowanie procesów obsługiwanym z wykorzystaniem koncepcji opóźnień czasowych oraz założeń strategii obsługiwanym profilaktycznego. W przeglądzie ujęłam wyniki ponad 150 prac badawczych z okresu 1980-2018.

Wynikiem przeprowadzonych studiów literaturowych było określenie podstawowych luk badawczych występujących w obszarze modelowania utrzymania systemów technicznych z wykorzystaniem koncepcji opóźnień czasowych, co pozwoliło na wytyczenie kierunku dalszych prac badawczych.

Następnym etapem moich badań było opracowanie wstępnych modeli symulacyjnych utrzymania systemów technicznych w aspekcie koncepcji opóźnień czasowych wraz z analizą porównawczą dwóch klasycznych strategii obsługiwanym - procesu obsługiwanym według założeń Polityki Przeglądów Blokowych oraz obsługi profilaktycznej według założeń polityki wymian grupowych. Analizie poddano trzelementowy system funkcjonujący w strukturze niezawodnościowej typu  $n_k$ -z- $n$ . Podstawowe wyniki przeprowadzonych badań przedstawiono w rozdziale trzecim monografii [5.2.1]. W analizie przyjęto dwa cele badawcze:

- porównanie wyników ekonomicznych obu modeli obsługiwanym systemów,
- przeprowadzenie analizy wpływu struktury niezawodnościowej systemu na uzyskane najlepsze parametry polityki obsługiwanym.

W wyniku przeprowadzonych prac możliwe było określenie zależności uzyskanych wyników ekonomicznych od parametru czasowego  $T_{in}$  (okresu między kolejnymi operacjami kontroli stanu systemu) oraz od długości okresu opóźnienia czasowego  $h$ . Pozwoliło to na zdefiniowanie następującej reguły decyzyjnej [5.2.1]:

$$\frac{E[h]}{T_{in}} \approx 2 \quad (5.1)$$

gdzie:

$E[x]$  - wartość oczekiwana zmiennej  $x$ ,

$h$  - opóźnienie czasowe,

$T_{in}$  - okres między realizacją kolejnych operacji kontroli stanu systemu.

Ponadto możliwe było przyjęcie następujących wniosków [5.2.1]:

- struktura niezawodnościowa systemu ma duży wpływ na osiągnięte wyniki ekonomiczne dla procesów obsługiwanego grupowego oraz polityki blokowej kontroli stanu systemu (operacje diagnostyczne przeprowadzane okresowo), dlatego też określenie odpowiednich parametrów polityki utrzymania wymaga uwzględnienia struktury niezawodnościowej badanego systemu;
- dla systemów technicznych funkcjonujących w strukturze niezawodnościowej szeregowej, która jest bardziej podatna na uszkodzenia, wykorzystanie polityki przeglądów blokowych pozwala na uzyskanie lepszych wyników ekonomicznych niż w przypadku obsługi grupowych.

Następnie, w rozdziale 4.1 monografii [5.2.1] szerzej omówiłam wyniki opracowanych symulacyjnych modeli utrzymania systemów technicznych w aspekcie koncepcji opóźnień czasowych. Modele te zostały opracowane dla systemów funkcjonujących w strukturze progowej, gdzie liczba elementów wahała się od 3 do 100. Zbadano modele utrzymania dla przypadków perfekcyjnej oraz nieperfekcyjnej operacji kontroli stanu systemu. Przyjęto założenia polityki blokowej kontroli stanu systemu. Przedstawione modele symulacyjne pozwalają na optymalny dobór parametrów przy uwzględnieniu kryterium oczekiwanych kosztów utrzymania przypadających na jednostkę czasu oraz kryterium wskaźnika gotowości systemu. Uzyskane wyniki z przeprowadzonej analizy wrażliwości danych modeli posłużyły do opracowania modeli analitycznych. Ponadto, przedstawione wyniki analiz symulacyjnych modeli utrzymania systemów technicznych zostały wykorzystane w celu badania wpływu struktury niezawodnościowej systemu na poziom funkcjonowania analizowanego systemu oraz optymalny okres międzyobsługowy. Posłużyły również do wstępnej analizy zagadnienia estymacji podstawowych parametrów modelu (przede wszystkim zmiennej opóźnienia czasowego), co zostało szerzej omówione w rozdziale 5 pracy [5.2.1].

Uzupełnieniem prac badawczych na danym etapie było opracowanie studium przypadku dla „klasycznych” modeli utrzymania systemów złożonych bazujących na koncepcji opóźnień czasowych. Wyniki przedstawiono w pracy [5.2.2]. W omawianej pracy przedstawiłam możliwości implementacji podstawowego modelu utrzymania systemu złożonego z wykorzystaniem koncepcji opóźnień czasowych. Analizie poddano przedsiębiorstwo zajmujące się m.in. remontami i serwisem wózków jezdniowych - głównie wózków podnośnikowych z napędem silnikowym, z silnikami wysokoprężnymi, gazowymi i elektrycznymi. Wykorzystane dane eksploatacyjne obejmowały okres 2000-2008. Analizie poddany został model oczekiwanego czasu niezdatności  $E_d(T)$ , który można opisać następująco:

$$E_d(T_{in}) = \frac{kT_{in} \left[ \frac{1}{T_{in}} \int_0^{T_{in}} (T_{in}-h) f_h(h) dh \right] d_r + d_{in}}{T_{in} + d_{in}} \quad (5.2)$$

gdzie:

$d_{in}$  - czas realizacji operacji kontroli stanu obiektu/systemu,



- $d_r$  - czas realizacji wymiany korekcyjnej w systemie,  
 $f_h(h)$  - funkcja gęstości rozkładu prawdopodobieństwa zmiennej opisującej opóźnienie czasowe,  
 $k$  - stała intensywność pojawiania się uszkodzeń w systemie.

W wyniku estymacji podstawowych parametrów otrzymałam funkcję:

$$E_d(T_{in}) = \frac{(0,006363T_{in}) \left[ \frac{1}{T_{in}} \int_0^{T_{in}} (T_{in}-h) \exp(-kh) dh \right]^{5,18+2}}{T_{in}+2} \quad (5.3)$$

Przeprowadziłam analizę wrażliwości uzyskanego modelu oraz wykazałam ograniczenia związane z jego zastosowaniem w praktyce.

Kolejnym etapem moich prac badawczych było opracowanie analitycznych modeli utrzymania obiektów technicznych w aspekcie koncepcji opóźnień czasowych z wykorzystaniem teorii odnowy, przy założeniu perfekcyjnej i nieperfekcyjnej operacji kontroli jego stanu. Wyniki przeprowadzonych prac opublikowane zostały w artykułach naukowych [5.2.4] i [5.2.6].

W pracy [5.2.4] przedstawiono modele analityczne opisujące gotowość i koszty utrzymania obiektu technicznego modelowane z wykorzystaniem koncepcji opóźnień czasowych. Modele te mogą zostać wykorzystane do poszukiwania optymalnego okresu między kontrolami stanu obiektu dla zadanych parametrów kosztowych oraz charakterystyk niezawodnościowych. Model utrzymania obiektu technicznego oparto na założeniach polityki blokowej kontroli jego stanu, która zakłada, że operacje diagnozy jego stanu są przeprowadzane w regularnych odstępach co  $T_{in}$  jednostek czasu. Rozpatrzono model kosztowy oraz model gotowości dla przypadku perfekcyjnej diagnozy stanu obiektu z tzw. dwustopniowym procesem uszkodzeń. W pierwszym kroku wyznaczono funkcje prawdopodobieństw zdatności, zdatności częściowej i niezdatności obiektu w pojedynczym cyklu odnowy. Pozwoliło to na wyznaczenie wskaźnika gotowości analizowanego obiektu  $A(t_i \rightarrow \infty)$  zgodnie ze wzorem [5.2.4]:

$$A(t_i \rightarrow \infty) = \frac{T_M(t_i \rightarrow \infty)}{T_M(t_i \rightarrow \infty) + T_I(t_i \rightarrow \infty) + T_F(t_i \rightarrow \infty) + T_R(t_i \rightarrow \infty)} \quad (5.4)$$

gdzie:

$T_F(t_i \rightarrow \infty)$  - oczekiwany czas wymiany obiektu w jednym cyklu odnowy

$T_I(t_i \rightarrow \infty)$  - oczekiwany łączny czas diagnozowania stanu obiektu w jednym cyklu odnowy

$T_M(t_i \rightarrow \infty)$  - oczekiwany czas zdatności (pełnej i częściowej) obiektu od chwili rozpoczęcia jego pracy do chwili wymiany

$T_R(t_i \rightarrow \infty)$  - oczekiwany czas wymian profilaktycznych obiektu w jednym cyklu odnowy

Z kolei oczekiwany koszt utrzymania obiektu w przeliczeniu na jednostkę czasu jego pracy  $C(t_i \rightarrow \infty)$  można wyznaczyć wzorem [5.2.4]:

$$C(t_i \rightarrow \infty) = \frac{C_I(t_i \rightarrow \infty) + C_R(t_i \rightarrow \infty) + C_F(t_i \rightarrow \infty)}{T_M(t_i \rightarrow \infty)} \quad (5.5)$$

gdzie:

$C_I(t_i \rightarrow \infty)$  - oczekiwany koszt kontroli stanu obiektu w jednym cyklu odnowy

$C_R(t_i \rightarrow \infty)$  - oczekiwany koszt wymian profilaktycznych w jednym cyklu odnowy

$C_F(t_i \rightarrow \infty)$  - oczekiwany koszt uszkodzenia obiektu w jednym cyklu odnowy

Pozwoliło to na przeprowadzenie analitycznej optymalizacji okresu  $T_{in}$  między kolejnymi diagnozami stanu obiektu dla nieskończonego horyzontu czasowego. Następnie, zbadano zgodność opracowanego modelu analitycznego z wynikami uzyskanymi w drodze symulacji. Głównym celem było zbadanie wpływu podstawowych parametrów czasowych opracowanego modelu na poziom współczynnika gotowości oraz oczekiwanych kosztów utrzymania badanego obiektu. Analiza została przeprowadzona w dwóch etapach. Pierwszy obejmuje analizę oczekiwanej liczby zdarzeń (uszkodzeń, wymian profilaktycznych oraz operacji kontroli stanu obiektu) dla wybranych zakresów parametrów czasowych:  $T_{in}$  i opóźnienia czasowego  $h$ . W kolejnym kroku zbadano zależność wskaźnika gotowości i oczekiwanych kosztów utrzymania obiektu od wybranych parametrów czasowych modelu.

W pracy [5.2.6] rozwinięto modele analityczne przedstawione w artykule [5.2.4], przyjmując założenie o realizacji nieperfekcyjnej operacji kontroli stanu obiektu. W analizowanym przypadku przyjęto założenie, że operacje diagnozy stanu obiektu są nieperfekcyjne co oznacza, że symptomy o przyszłych uszkodzeniach, które wystąpią w obiekcie, są identyfikowane podczas operacji kontroli jego stanu z określonym prawdopodobieństwem  $p_w$ . W takim przypadku, w analizowanym obiekcie mogą wystąpić następujące sytuacje eksploatacyjne:

- naprawa, polegająca na wymianie uszkodzonego obiektu, realizowana z chwilą jego uszkodzenia;
- wymiana profilaktyczna obiektu podczas operacji diagnozy jego stanu, pod warunkiem że wystąpiły symptomy przyszłego uszkodzenia i zostały one wykryte z prawdopodobieństwem  $p_w$ ;
- operacja diagnozy stanu obiektu bez wymiany profilaktycznej, jeśli symptomy przyszłego uszkodzenia nie wystąpiły lub zostały nie wykryte z prawdopodobieństwem  $(1 - p_w)$ .

Dla przyjętego założenia o nieperfekcyjnej operacji diagnozy stanu obiektu, modyfikacji wymagała przede wszystkim funkcja prawdopodobieństwa profilaktycznej wymiany elementu systemu w pojedynczym cyklu odnowy, która przyjęła postać [5.2.6]:

$$P_R(t_i \rightarrow \infty) = \sum_{i=1}^{\infty} \left[ \sum_{j=1}^i \int_{t_{j-1}}^{t_j} g(u)(1 - F_h(t_i - u)) du \cdot (1 - p_w)^{i-j} \cdot p_w \right] \quad (5.6)$$

Wyznaczone funkcje prawdopodobieństw zdatności, zdatności częściowej i niezdatności obiektu w pojedynczym cyklu odnowy pozwoliły na oszacowanie funkcji oczekiwanych kosztów utrzymania obiektu w pojedynczym cyklu eksploatacji. W kolejnym kroku przeprowadzono analizę wrażliwości opracowanego modelu analitycznego. W celu oceny konsekwencji, jakie powoduje niedoskonałość diagnozy opracowano analizę wrażliwości modelu ze względu na dwie zmienne:

- parametr opisujący prawdopodobieństwo postawienia trafnej diagnozy podczas operacji kontroli stanu systemu ( $p_w$ ),
- podstawową zmienną decyzyjną systemu, jaką jest długość okresu między kolejnymi kontrolami stanu systemu ( $T_{in}$ ).

Wyniki analizy wrażliwości modelu przedstawione zostały dla dwóch systemów, charakteryzujących się identycznym czasem pracy do uszkodzenia oraz jednakowymi parametrami kosztowymi. Jedyną różnicą w systemach jest stosunek długości faz: oczekiwania na pojawienie się defektu (zmienniej  $u$ ) oraz opóźnienia czasowego (zmienniej  $h$ ), które to zmienne opisano podczas badania normalnymi rozkładami prawdopodobieństwa o parametrach  $N(\bar{u}, \delta_u)$  i  $N(\bar{h}, \delta_h)$ . Badaniu poddano m.in. wpływ błędów realizowanej diagnozy na oczekiwany czas pracy elementu, działającego w obiekcie z zależnością czasową oraz na całkowite koszty realizacji polityki obsługi obiektu z zależnością czasową funkcjonującego według polityki BI. Przeprowadzone badania pozwoliły na sformułowanie podstawowych wniosków [5.2.6]:

- większa precyzja diagnozy stanu zmniejsza koszty utrzymania obiektu ze względu na obniżenie kosztów potencjalnych uszkodzeń, zaś możliwość popełnienia błędów podczas diagnozowania powoduje, że najtańsze rozwiązania uzyskuje się przy często prowadzonych kontrolach;
- zidentyfikowane zależności wykorzystać można podczas tworzenia prostych reguł decyzyjnych dla perfekcyjnych operacji kontroli stanu:
  - jeśli istnieje długość okresu  $T_{in}$  spełniająca warunki:

$$(u + 3\delta_u) < T_{in} < (u - 3\delta_u) + (h - 3\delta_h) \quad (5.7)$$

należy przyjąć maksymalną jego wartość,

- jeśli jednak powyższy warunek nie jest spełniony, należy przyjąć:

$$T_{in} = h - 3\delta_h. \quad (5.8)$$

W kolejnym kroku moich prac badawczych opracowane zostały analityczne modele utrzymania systemów technicznych funkcjonujących w różnych strukturach niezawodnościowych w aspekcie koncepcji opóźnień czasowych (w oparciu o teorię odnowy). Wyniki zostały przedstawione w pracy [5.2.1].

W podrozdziale 4.1 pracy [5.2.1] przedstawiono wstępne analityczne modele utrzymania systemów technicznych z wykorzystaniem koncepcji opóźnień czasowych. W pierwszym kroku określono podstawowe założenia dla analizowanego przypadku. Następnie przedstawiono postać analityczną funkcji dystrybuanty rozkładu prawdopodobieństwa czasu do uszkodzenia dwu- i wieloelementowego systemu funkcjonującego w trzech strukturach niezawodnościowych (szeregowej równoległej, progowej) oraz wyznaczono oczekiwane koszty utrzymania systemu w pojedynczym cyklu eksploatacji (dla pierwszego cyklu międzyobsługowego):

$$C(T_{in1}) = \frac{c_r F(T_{in1}) + c_p (1 - F(T_{in1})) (\sum_{i=1}^n G_{hi}(T_{in1})) + c_{in} (1 - F(T_{in1}))}{\int_0^{T_{in1}} R(u) du} \quad (5.9)$$

gdzie:

- $c_{in}$  - koszt operacji diagnozy stanu systemu,
- $c_p$  - koszt wymiany profilaktycznej elementu systemu,
- $c_r$  - koszt wymiany uszkodzonego elementu systemu,
- $F(t)$  - dystrybuanta rozkładu prawdopodobieństwa zmiennej opisującej czas do uszkodzenia systemu/elementu,
- $G_{hi}(t)$  - dystrybuanta rozkładu prawdopodobieństwa zmiennej  $u$ , czyli czasu poprawnej pracy  $i$ -tego elementu do chwili pojawienia się defektu
- $R(t)$  - funkcja niezawodności systemu.

Przedyskutowano również zbieżność wyników analitycznego modelu utrzymania systemu technicznego z innymi opracowanymi modelami o charakterze symulacyjnym. Badania zostały przeprowadzone z wykorzystaniem metody symulacji Monte Carlo oraz oprogramowania GNU Octave. W celu możliwości porównania wyników obu modeli, model symulacyjny został opracowany dla procesów utrzymania systemu technicznego wieloelementowego funkcjonującego w strukturze niezawodnościowej progowej dla pierwszego cyklu inspekcji ( $T_{ini} = T_{in1}$ ). Pozwoliło to na realizację jednego z założeń modelu analitycznego, że wszystkie elementy pracujące w systemie, na początku cyklu eksploatacji są „tak dobre jak nowe”.

Następnie, w podrozdziałach 4.2.1, 4.2.2 i 4.2.3 przedstawiłam rozwinięte modele utrzymania dwuelementowych systemów technicznych z wykorzystaniem koncepcji opóźnień czasowych. Skupiłam się na dwóch strukturach niezawodnościowych - szeregowej oraz równoległej. Dla przypadku systemu funkcjonującego w szeregowej strukturze niezawodnościowej opracowano dwa modele - dla przypadku perfekcyjnej (podrozdział 4.2.1) oraz nieperfekcyjnej (podrozdział 4.2.2) operacji kontroli stanu systemu. W pierwszym kroku rozpatrzono przypadki, w których system generuje koszty i opisano prawdopodobieństwa ich wystąpienia. Ze względu na założenia polityki blokowej kontroli stanu systemu, przyjęto założenie, że model budowany będzie jedynie dla pierwszego okresu pracy systemu (do chwili pierwszej planowej diagnozy) oraz, że uwzględniał będzie możliwość wystąpienia w systemie maksymalnie dwóch uszkodzeń - po jednym dla każdego z elementów. Dodatkowo, w przypadku wystąpienia drugiego uszkodzenia (drugiego w czasie) w systemie, nie

będzie rozważany przypadek diagnozy oraz profilaktycznej odnowy elementu współpracującego. W drugim kroku wyznaczono oczekiwane koszty utrzymania w pojedynczym cyklu inspekcji. W rezultacie otrzymałam [5.2.1]:

- funkcję oczekiwanych kosztów utrzymania w pojedynczym cyklu inspekcji dla przypadku perfekcyjnej operacji diagnozy stanu systemu:

$$C(T_{in1}) = \frac{C_{rA\_B}(T_{in1}) + C_{rB\_A}(T_{in1}) + C_{pAB}(T_{in1}) + C_{inAB}(T_{in1})}{T_{in1}} \quad (5.10)$$

gdzie:

$C_{inAB}(T_{in1})$  - oczekiwane koszty przeprowadzonych operacji diagnozy stanu elementów systemu w okresie  $(0, T_{in1}]$ ,

$C_{pAB}(T_{in1})$  - oczekiwane koszty wymiany profilaktycznej elementów systemu w okresie  $(0, T_{in1}]$ ,

$C_{rA\_B}(T_{in1})$  - koszty wystąpienia pierwszego uszkodzenia elementu A w chwili  $x \in (0, T_{in1})$  oraz koszty potencjalnego drugiego uszkodzenia elementu B w okresie  $(x, T_{in1})$ ,

$C_{rB\_A}(T_{in1})$  - koszty wystąpienia pierwszego uszkodzenia elementu B w chwili  $x \in (0, T_{in1})$  oraz koszty potencjalnego drugiego uszkodzenia elementu A w okresie  $(x, T_{in1})$

- funkcję oczekiwanych kosztów utrzymania w pojedynczym cyklu inspekcji dla przypadku nieperfekcyjnej operacji diagnozy stanu systemu:

$$C(T_{in1}) = \frac{C_{r_{wA\_B}}(T_{in1}) + C_{r_{wB\_A}}(T_{in1}) + C_{p_{wAB}}(T_{in1}) + C_{in_{wAB}}(T_{in1})}{T_{in1}} \quad (5.11)$$

gdzie:

$C_{in_{wAB}}(T_{in1})$  - oczekiwane koszty przeprowadzonych operacji diagnozy stanu elementów systemu w okresie  $(0, T_{in1})$  dla przypadku nieperfekcyjnej diagnozy,

$C_{p_{wAB}}(T_{in1})$  - oczekiwane koszty wymiany profilaktycznej elementów systemu w okresie  $(0, T_{in1}]$  dla przypadku nieperfekcyjnej diagnozy,

$C_{r_{wA\_B}}(T_{in1})$  - koszty wystąpienia pierwszego uszkodzenia elementu A w chwili  $x \in (0, T_{in1})$  oraz koszty potencjalnego drugiego uszkodzenia elementu B w okresie  $(x, T_{in1})$  dla przypadku nieperfekcyjnej diagnozy,

$C_{r_{wB\_A}}(T_{in1})$  - koszty wystąpienia pierwszego uszkodzenia elementu B w chwili  $x \in (0, T_{in1})$  oraz koszty potencjalnego drugiego uszkodzenia elementu A w okresie  $(x, T_{in1})$  dla przypadku nieperfekcyjnej diagnozy.

Przedyskutowano również zbieżność wyników analitycznego modelu utrzymania systemu technicznego z innymi opracowanymi modelami o charakterze symulacyjnym.

W analogiczny sposób przeprowadzono proces modelowania utrzymania systemu dwuelementowego funkcjonującego w równoległej strukturze niezawodnościowej, przedstawiony w podrozdziale 4.2.3. W związku z tym przyjęto założenie, że uszkodzenie systemu wystąpi po uszkodzeniu się obu elementów funkcjonujących w systemie. Jednocześnie, w przypadku uszkodzenia się pojedynczego elementu w systemie, uszkodzenie to pozostaje niewykryte aż do chwili przeprowadzenia planowej operacji kontroli stanu systemu. Dla badanego przypadku, operacje wymiany profilaktycznej będą realizowane jedynie podczas planowej diagnozy stanu systemu dla tych elementów, w których zostanie zdiagnozowany stan częściowej zdatności (tzw. defekt). Analityczna postać modelu została opracowana jedynie dla założenia o perfekcyjnej operacji kontroli stanu systemu. Przeanalizowano przypadki, w których system generuje koszty i opisano prawdopodobieństwa ich wystąpienia. Następnie wyznaczono oczekiwane koszty utrzymania w pojedynczym cyklu inspekcji [5.2.1]:

$$C(T_{in1}) = \frac{C_{rAB}(T_{in1}) + c_p \cdot P_{prAB}(T_{in1}) + c_{in}}{T_{in1}} \quad (5.12)$$

gdzie:

$C_{rAB}(T_{in1})$  - oczekiwane koszty wymian uszkodzonych elementów w okresie  $(0, T_{in1}]$ ,  
 $P_{prAB}(T_{in1})$  - prawdopodobieństwo wymiany profilaktycznej elementów systemu w chwili  $T_{in1}$ .

Następnie zostały zbadane możliwości optymalizacji okresu między kolejnymi operacjami kontroli stanu systemu technicznego z wykorzystaniem wybranych modeli utrzymania technicznego. Wyniki zostały przedstawione w podrozdziale 4.3 pracy [5.2.1]. Uzyskane wyniki przeprowadzonych analiz opracowanych analitycznych modeli wskazują, że efektywność ich zastosowania bezpośrednio zależy od długości okresu międzyobsługowego  $T_{in}$  oraz długości opóźnienia czasowego  $h$ . W związku z tym, na podstawie przeprowadzonych analiz możliwe jest sformułowanie m.in. następującego wniosku: najlepsze wyniki zastosowania polityki blokowej kontroli stanu systemu BI mogą być osiągnięte, gdy okres międzyobsługowy  $T_{in}$  jest krótszy niż MTTF elementów systemu i ich średni czas opóźnienia  $h$ .

W dalszym etapie moich badań zajęłam się zagadnieniem estymacji parametrów modeli utrzymania bazujących na wykorzystaniu koncepcji opóźnień czasowych. Problem ten jest szczególnie istotny ze względu, że nie ma możliwości bezpośredniego wyznaczenia/pomiaru długości opóźnienia czasowego czy też dokładnego wyznaczenia chwili pojawienia się pierwszych symptomów świadczących o defekcie systemu ( $t_u$ ). Praktykowana jest procedura szacowania długości opóźnienia czasowego, bazująca na pomiarze czasowym zestawu określonych uszkodzeń i defektów w systemie w oparciu o dane obiektywne oraz/lub subiektywne. Dlatego też, w kolejnym kroku przeprowadziłam analizę procesu estymacji parametrów modeli utrzymania systemów technicznych wraz z analizą wpływu błędnej estymacji parametrów na uzyskiwane wyniki ekonomiczne

stosowanej polityki obsługi. Wyniki przeprowadzonych prac zostały opisane w monografii [5.2.1] oraz artykułach [5.2.3] i [5.2.5].

W pracy [5.2.3] skupiono się na analizie opracowanych symulacyjnych modeli utrzymania systemu technicznego w aspekcie opóźnień czasowych. Celem przeprowadzonych analiz była ocena [5.2.3]:

- skutków - ekonomicznych i niezawodnościowych - z jakimi należy się liczyć w obsługiwanym systemie, jeśli tylko wybrane parametry opóźnienia czasowego uda się oszacować w praktyce;
- niezbędnej dokładności szacowania parametrów opóźnienia czasowego, pozwalającego na dobór właściwego okresu między inspekcjami w systemie wieloelementowym.

Podczas przeprowadzonego badania symulacyjnego założono, że opóźnienie czasowe analizowanych systemów różni się formą rozkładu prawdopodobieństwa zmiennej  $h$  (rozkład Weibull'a, prostokątny, normalny), jednak wartość oczekiwana zmiennej jest ta sama ( $E[h] = 35$ ).

W efekcie przeprowadzonych prac badawczych okazało się, że uzyskane wyniki ekonomiczne są bardzo zbliżone bez względu na typ rozkładu prawdopodobieństwa zmiennej  $h$  dla wszystkich rozpatrywanych przypadków. Ponadto, oba modelowane parametry - długość cyklu międzyobsługowego ( $T_{in}$ ) oraz oczekiwana wartość opóźnienia czasowego ( $E[h]$ ) mają znaczący wpływ na poziom oczekiwanych kosztów obsługi. Jednakże uzyskane wyniki raczej nie zależą od typu rozkładu prawdopodobieństwa zmiennej  $h$ . Jednocześnie, wykonane badania pozwoliły na zdefiniowanie następujących wniosków [5.2.3]:

- podstawowym parametrem, który musi być jak najdokładniej oszacowany na podstawie posiadanych danych statystycznych jest oczekiwany czas opóźnienia  $h$ , gdyż w sposób jednoznaczny wpływa na badane wyniki kosztowe i niezawodnościowe;
- znajomość formy rozkładu prawdopodobieństwa zmiennej losowej  $h$  ma znaczenie jedynie z punktu widzenia rozrzutu wartości zmiennej i nie musi być szacowana na podstawie danych statystycznych;
- w przypadku, gdy istnieje możliwość, należy oszacować rozrzut wyników zmiennej losowej  $h$ , aby właściwie dobierać okres między diagnozami stanu  $T_{in}$ .

Przeprowadzona analiza estymacji parametrów symulacyjnych modeli utrzymania systemów technicznych została rozwinięta w monografii [5.2.1]. W badaniach skupiono się na ocenie, czy współczynnik zmienności parametru opóźnienia czasowego wpływa na poziom wyników ekonomicznych oraz niezawodnościowych (gotowość systemu). W ramach analizy parametry każdego badanego rozkładu prawdopodobieństwa zostały zmienione, przy zachowaniu stałej oczekiwanej długości okresu opóźnienia czasowego. Ponadto, skupiono się przede wszystkim na analizie przypadków funkcjonowania systemów w dwóch skrajnych strukturach

niezawodnościowych typu  $n_k$ -z- $n$ : dla struktury równoległej oraz szeregowej. Na podstawie przeprowadzonych badań można wnioskować, iż wyniki ekonomiczne oraz wartości współczynnika gotowości są bardzo zbliżone bez względu na postać rozkładu prawdopodobieństwa opisującego opóźnienie czasowe, co potwierdza wnioski uzyskane w pracy [5.2.3]. W związku z tym, dane wyniki potwierdzają wniosek, iż typ rozkładu prawdopodobieństwa opisującego zmienną losową opóźnienia czasowego nie ma istotnego znaczenia w procesie implementacji modelu blokowej kontroli stanu systemu.

W kolejnej pracy [5.2.5] przeprowadzono analizę zagadnienia estymacji parametrów analitycznych modeli utrzymania systemu, przedstawionych w pracy [5.2.1]. Skupiono się na trzech podstawowych problemach:

1. oceny wpływ parametrów rozkładu prawdopodobieństwa zmiennych  $u$  i  $h$  na uzyskiwane wyniki kosztowe stosowanej polityki blokowej kontroli stanu systemu technicznego;
2. oceny, które z parametrów modelu powinny być dokładnie oszacowane na podstawie obiektywnych danych, aby zapewnić „dobre” wyniki ekonomiczne implementowanego modelu utrzymania;
3. określeniu, kiedy wystarczające jest zastosowanie prostych reguł decyzyjnych, aby wyznaczyć najlepszą (lub po prostu optymalną) długość cyklu międzyobsługowego.

W przeprowadzonej analizie bazowano na wykorzystaniu rozkładu prawdopodobieństwa Weibull'a do opisu zmiennych  $u$  i  $h$ , dobierając tak parametry, aby uzyskać różne poziomy funkcji intensywności przy założeniu, że wartości oczekiwane danych zmiennych są stałe. Jednocześnie badania przeprowadzono z punktu oceny [5.2.5]:

- poziomu oczekiwanych kosztów utrzymania dla systemu funkcjonującego w szeregowej strukturze niezawodnościowej, oraz
- poziomu współczynnika kosztów  $K_{in}$  dla systemu funkcjonującego w równoległej strukturze niezawodnościowej.

Badania zostały następnie rozwinięte w pracy [5.2.1], w kierunku procesu wyznaczenia optymalnej długości okresu  $T_{in}$  dla różnych wartości parametru kształtu opóźnienia czasowego  $h$ . Analiza została przeprowadzona w sposób analogiczny do badań opisanych w pracy [5.2.5]. Wyniki z przeprowadzonych analiz pozwalają na zdefiniowanie następujących wniosków:

- w celu wyznaczenia prawie-optymalnej długości cyklu międzyobsługowego dla systemu technicznego funkcjonującego w strukturze niezawodnościowej typu  $n_k$ -z- $n$  zazwyczaj wystarczające jest oszacowanie trzech wielkości parametrów: oczekiwanej wartości długości zmiennych  $u$  i  $h$  oraz „kształt” funkcji intensywności zmiennej  $u$ ;
- w przypadku, gdy poziom intensywności ryzyka dla zmiennych  $u$  i  $h$  są ściśle rosnące (podstawowy przypadek spotykany w praktyce), konsekwencje



ekonomiczne „niedoskonałej” estymacji parametrów rozkładu prawdopodobieństwa tych zmiennych nie powinny być znaczące;

- jeżeli funkcje intensywności ryzyka dla zmiennych  $u$  i  $h$  przyjmują wartości zbliżone do stałych, niezbędne jest dokładne oszacowanie parametrów rozkładu prawdopodobieństwa danych zmiennych losowych.

Uzyskane wyniki przeprowadzonych badań mogą być wykorzystane przez menedżerów w procesach podejmowania decyzji dotyczących zadań obsługowych systemów technicznych.

Ostatnim etapem moich prac badawczych było przeprowadzenie oceny możliwości wykorzystania opracowanych modeli dla doboru parametrów polityki obsługiwanego wybranych systemów technicznych. W tym celu przeprowadziłam implementację opracowanych modeli utrzymania systemów technicznych w aspekcie koncepcji opóźnień czasowych. Przeanalizowałam procesy utrzymania dwu- i czteroelementowych systemów funkcjonujących w równoległej oraz szeregowej strukturze niezawodnościowej. Podczas analizy wykorzystałam opracowane modele utrzymania przedstawione w podrozdziale 4.0 i 4.1 monografii [5.2.1]. Pierwszy przykład dotyczył oceny przyjętej polityki obsługiwanego dla czterech wtryskarek funkcjonujących w gnieździe produkcyjnym przedsiębiorstwa z branży przetwórstwa tworzyw sztucznych (funkcjonujących według struktury niezawodnościowej szeregowej). Wyznaczono optymalny okres międzyobsługowy  $T_{in}$  potwierdzając, iż obecnie realizowana polityka utrzymania jest akceptowalna z punktu widzenia przyjętych założeń oraz wymagań producenta. Drugi przykład odnosi się do analizy procesów utrzymania lewego i prawego odbojnika skrętu funkcjonujących w układzie skrętu łożówek kołowych. W obu analizowanych przypadkach skupiono się na kryterium oceny kosztowej. W celu wyznaczenia optymalnego okresu międzyobsługowego  $T_{in}$  wykorzystano modele symulacyjne i analityczny utrzymania systemu funkcjonującego w równoległej strukturze niezawodnościowej. W danym przypadku, dla analizowanych łożówek kołowych okres między kolejnymi operacjami kontroli stanu danego podsystemu może zostać wydłużony (do 2500h) w zależności od warunków operacyjnych oraz poziomu jednostkowych kosztów utrzymania.

Przedstawione przykłady potwierdziły łatwość implementacji opracowanych modeli utrzymania systemów technicznych (przy założeniu, że dostępne są niezbędne dane eksploatacyjne) a wyniki modeli analitycznych (dla pierwszego cyklu eksploatacji) odpowiadają przyjętym założeniom, jak również parametrom niezawodnościowym oraz kosztowym. Z drugiej strony potwierdziła się też duża wrażliwość uzyskanych wyników modelowych od wartości estymowanych parametrów modeli.

#### 5.4. Podsumowanie osiągnięcia naukowego wraz z omówieniem jego ewentualnego wykorzystania

Podsumowując, do wartościowych i oryginalnych osiągnięć naukowych habilitantki, stanowiących wkład w rozwój nauki w zakresie modelowania procesów utrzymania systemów technicznych należy:

- opracowanie i analiza symulacyjnych modeli utrzymania systemów technicznych funkcjonujących w różnych strukturach niezawodnościowych dla nieskończonego horyzontu planowania oraz dla założeń perfekcyjnej/nieperfekcyjnej realizacji operacji kontroli stanu systemu, w oparciu o koncepcję opóźnień czasowych;
- opracowanie analitycznych modeli utrzymania obiektów technicznych dla nieskończonego horyzontu czasowego, przy założeniu perfekcyjnej/nieperfekcyjnej operacji kontroli stanu systemu, w oparciu o koncepcję opóźnień czasowych;
- opracowanie analitycznych modeli utrzymania systemów technicznych funkcjonujących w różnych strukturach niezawodnościowych dla pierwszego cyklu inspekcji, przy założeniu perfekcyjnej/nieperfekcyjnej operacji kontroli stanu systemu, w oparciu o koncepcję opóźnień czasowych;
- przeprowadzenie analizy możliwości optymalizacji procesów utrzymania systemów technicznych z wykorzystaniem wybranych modeli;
- przeprowadzenie analizy procesu estymacji parametrów modeli utrzymania systemów technicznych, pozwalających na określenie podstawowych reguł decyzyjnych w zakresie zastosowania danych modeli;
- implementacja wybranych modeli analitycznych i symulacyjnych w zakresie doboru parametrów polityki obsługi wybranych rzeczywistych systemów technicznych.

Opracowane modele utrzymania obiektów i systemów technicznych bazujące na koncepcji opóźnień czasowych mogą być wykorzystywane do analizy różnego typu problemów z zakresu obsługi systemów technicznych, które [5.2.1]:

- są zbudowane z co najmniej dwóch elementów;
- posiadają zdefiniowaną strukturę niezawodnościową (typu  $n_k$ -z- $n$ );
- są zbudowane z elementów niezależnych (lub zależności między elementami nie mogą być zidentyfikowane);
- wykazują jeden typ defektu (obserwowalny tylko jeden rodzaj symptomu wskazującego przyszłe potencjalne uszkodzenie);
- nie wymagają ciągłej kontroli stanu (lub taki proces jest nieefektywny ekonomicznie).

Jednocześnie, opracowane modele pozwalają między innymi na (w oparciu o wyniki przedstawione w pracach [5.2.1]-[5.2.6]):

- dobór najlepszych parametrów utrzymania obiektu/systemu technicznego (np. dobór najlepszej długości cyklu międzyobsługowego), gdy znane są wymagania dotyczące niezawodności i ekonomiczne ograniczenia związane z procesem

utrzymania w systemie, tj. zadania planowania i harmonogramowania procesów obsługi;

- badania systemów technicznych i ich struktur niezawodnościowych (np. ocena wpływu struktury niezawodnościowej systemu na parametry polityki kontroli stanu systemu, problem estymacji parametrów modelu w oparciu o dostępne dane);
- dobór najlepszych wartości zmiennej losowej - opóźnienia czasowego (dobór rozkładu prawdopodobieństwa, oszacowanie średniej długości opóźnienia czasowego, ocena odchylenia standardowego dla opóźnienia czasowego), gdy znane są parametry realizowanych procesów operacyjnych w systemie;
- oszacowanie poziomu funkcjonowania systemu rzeczywistego, gdy parametry jego procesu eksploatacji są znane (np. wymagania odnośnie niezbędnych zasobów eksploatacyjnych, ograniczenia/wymagania czasowe dla operacji obsługowych).

Ponadto opracowane modele mogą być wykorzystane do porównania różnych strategii utrzymania obiektów/systemów technicznych w celu wyboru najlepszej strategii obsługi dla zadanych ograniczeń oraz uwarunkowań.

Podsumowując, opracowanie nowych modeli utrzymania obiektów i systemów technicznych w aspekcie koncepcji opóźnień czasowych pozwoliło na określenie następujących wniosków (w oparciu o wyniki badań przedstawionych w pracy [5.2.1]):

- na podstawie wyników badań należy stwierdzić, że struktura niezawodnościowa systemu technicznego ma duży wpływ na uzyskiwane wyniki ekonomiczne polityki blokowej kontroli stanu systemu. Definicja odpowiednich parametrów polityki obsługi wymaga więc uwzględnienia struktury niezawodnościowej systemu. Co więcej, zależność wyników zastosowanego modelu utrzymania od dokładności oszacowania jego parametrów również może różnić się znacząco dla przypadku systemów funkcjonujących w różnych strukturach niezawodnościowych. Jest to szczególnie widoczne przy porównaniu uzyskiwanych wyników ekonomicznych dla procesów utrzymania systemu szeregowego oraz równoległego;
- optymalna długość okresu międzyobsługowego nie zależy od typu przyjętego rozkładu prawdopodobieństwa dla zmiennej opóźnienia czasowego. Co za tym idzie, założenie niewłaściwej formy tegoż rozkładu nie spowoduje znaczących różnic w osiąganych wynikach kosztowych czy niezawodnościowych (gotowość) systemu;
- gdy współczynnik zmienności okresu opóźnienia czasowego wzrasta dla przypadku funkcjonowania systemu szeregowego, operacje kontroli stanu systemu powinny być wykonywane częściej niż w przypadku mniejszej zmienności czasu opóźnienia, w celu zminimalizowania kosztów utrzymania systemu i zmaksymalizowania jego poziomu gotowości;

- jeżeli parametry czasowe oraz ich funkcje intensywności można wyznaczyć na podstawie danych eksploatacyjnych pozyskanych z systemu technicznego, możliwe jest zastosowanie zdefiniowanych w rozdziale piątym pracy [5.2.1] reguł decyzyjnych, pozwalających na proste znalezienie „dobrej” długości okresu międzyobsługowego. Reguły te można stosować dla większości systemów zbudowanych z elementów o rosnącej funkcji intensywności zmiennych: opóźnienia czasowego oraz czasu do pojawienia się defektu w systemie. Jednakże w przypadku, gdy funkcje można opisać jako funkcje stałe, ich charakterystyki probabilistyczne powinny zostać bardzo dokładnie oszacowane. Ma to szczególne znaczenie dla przypadku systemu funkcjonującego w szeregowej strukturze niezawodnościowej ze względu na dużą wrażliwość wyników modelu utrzymania od dokładności oszacowania parametrów wejściowych modelu.

Kierunki rozwoju dalszych prac badawczych mogą obejmować m.in. zagadnienia (w oparciu o wyniki pracy [5.2.1]):

- opracowania algorytmów i procedur estymacji parametrów modeli w oparciu o dostępne dane - wciąż nie został opracowany prosty i niezawodny algorytm szacowania parametrów, który daje możliwość uzyskania wiarygodnych danych wejściowych i optymalnych decyzji dotyczących utrzymania systemów technicznych;
- modelowania procesów obsługi z uwzględnieniem dostępności zapasów części wymiennych, co pozwoliłoby na lepsze odzwierciedlenie rzeczywistych procesów eksploatacyjnych i wspierających realizowanych w systemach;
- opracowania systemów wsparcia decyzyjnego pozwalających na uproszczenie procedur decyzyjnych w obszarze utrzymania systemów technicznych - brakuje aplikacji, które byłyby dedykowane systemom technicznym, funkcjonującym w różnych strukturach niezawodnościowych i utrzymywanych zgodnie z założeniami koncepcji DT;
- opracowania modeli utrzymania z wykorzystaniem koncepcji opóźnień czasowych dla systemów z elementami zależnymi - obecne rozwiązania są dedykowane dla systemów technicznych zbudowanych z identycznych elementów, które funkcjonują niezależnie od siebie (brak uwzględnienia zależności stochastycznej, ekonomicznej czy strukturalnej). Rozwinięciem opracowanych modeli utrzymania mogłoby być uwzględnienie występujących interakcji i zależności między elementami systemów technicznych;
- modelowania procesów obsługi z uwzględnieniem wielostopniowych operacji diagnostycznych (różne operacje obsługi i kontroli stanu systemu charakteryzujące się różnymi parametrami kosztowymi oraz czasowymi).

## **6. Syntetyczne omówienie działalności naukowo-badawczej i innych osiągnięć w zakresie współpracy naukowej i popularyzacji nauki**

Wykaz wszystkich osiągnięć naukowo badawczych, dydaktycznych i organizacyjnych zamieszczono w załączniku 3.

### **6.1. Charakterystyka działalności naukowo-badawczej, dydaktycznej oraz organizacyjnej przed uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych**

W trakcie realizacji studiów doktoranckich moje prace naukowo-badawcze dotyczyły modelowania niezawodności i gotowości, jak również projektowania procesów eksploatacji złożonych systemów technicznych i logistycznych oraz ich praktycznych zastosowań przede wszystkim w transporcie lądowym (kolejowym i drogowym) i w systemach logistyki wewnętrznej przedsiębiorstw produkcyjnych. Prace badawcze skupiały się na optymalizacji funkcjonowania badanych systemów w oparciu o modelowanie matematyczne i symulacyjne.

Realizowane podstawowe prace w tym obszarze dotyczyły m.in. opracowania modeli niezawodności systemu transportowego obejmujących modele Drzew Niezdatności z Zależnością Czasową DNZC (z wykorzystaniem bram czasowych m.in. causal XOR, causal AND, generalization XOR, generalization AND, causal priority AND, oraz generalization priority AND gates) oraz opracowania modeli symulacyjnych bazujących na wykorzystaniu oprogramowania GNU Octave. Modele te ukierunkowane były na określenie i ocenę charakterystyk niezawodnościowych i ekonomicznych rzeczywistych systemów technicznych. Weryfikację poprawności ich funkcjonowania przeprowadzono w oparciu o dane eksploatacyjne uzyskane w procesie funkcjonowania systemu komunikacji tramwajowej realizującego zadania przewozowe na terenie miasta Wrocławia. Wyniki badań służyły podniesieniu niezawodności eksploatowanego systemu, obejmując takie zagadnienia jak m.in. wyznaczenie niezbędnej liczby tramwajów rezerwowych dla zapewnienia określonej efektywności realizacji zadań transportowych czy wyznaczenie poziomu gotowości systemu dla założonej siatki połączeń oraz dostępczej floty transportowej.

Efektom prowadzonych prac w tym obszarze była m.in. współpraca przy projekcie badawczym własnym nr N516 036 32/4173 [załącznik 3: II.J.4]. Wyniki prac zostały ujęte w referacie opublikowanym w czasopiśmie Archives of Transport [załącznik 3: II.E.13], jak również w pracy przygotowanej na konferencję ESREL 2008 [załącznik 3: II.A.4]. Ponadto, w obszarze prowadzonych badań nad niezawodnością systemów transportowych, skupiono się również na problematyce modelowania niezawodności środków transportu (prace przy projekcie rozwojowym Nr R10 010 03 [załącznik 3: II.J.3]). Przedmiotem zainteresowania były kolejowe systemy transportu pasażerskiego.

W 2008 roku w Instytucie Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn Politechniki Wrocławskiej obroniłam z wyróżnieniem rozprawę doktorską pt. Model wsparcia logistycznego systemu eksploatacji środków transportu. Cel rozprawy doktorskiej obejmował opracowanie modelu wsparcia logistycznego systemu eksploatacji w aspekcie niezawodności obu systemów oraz nadsystemu. W pracy skupiono się na problemie oceny podstawowych relacji występujących między systemem technicznym a systemem wspierającym (logistycznym), proponując ich wzajemną integrację w jeden nadsystem, w którym pewne zadania są realizowane wspólnie przez oba współpracujące systemy w celu zapewnienia określonego potencjału operacyjnego. Jest to jeden z problemów z obszaru zagadnień obsługi systemów technicznych.

Analiza dostępnej literatury z obszaru zagadnienia pozwoliła na zaproponowanie modelu systemu wsparcia logistycznego z zależnością czasową. Opracowano analityczny oraz symulacyjny model nadsystemu z rezerwą czasową. Następnie, przedstawiony w pracy model symulacyjny poddano analizie wrażliwości oraz procesowi weryfikacji na podstawie danych, pochodzących z obserwacji procesu funkcjonowania systemu komunikacji miejskiej miasta Wrocławia.

Z punktu widzenia analizowanego w pracy zagadnienia, istotna jest możliwość wyznaczenia prawdopodobieństw niezdatności nadsystemu i systemu technicznego, wynikających z przekroczenia rezerwy czasowej. Wykazano, że taka zależność istnieje, a opracowany model, wykorzystujący relacje czasowe pomiędzy współpracującymi systemami, może być zastosowany do rozwiązywania problemów występujących w praktyce związanych m.in. z:

- doбором najlepszych parametrów systemu wsparcia logistycznego (parametry procesu zaopatrzenia systemu technicznego w części wymienne), przy znanych wymaganiach niezawodnościowych i ograniczeniach ekonomicznych realizowanego procesu podstawowego (np. dobór dostawcy ze względu na spełniane kryteria niezawodnościowe procesu dostaw, dobór poziomu zapasu alarmowego oraz wielkości partii zamówienia pozwalających na zapewnienie gotowości systemu wsparcia logistycznego);
- oceną czy funkcjonujący system wsparcia logistycznego pozwala na zapewnienie wymagań eksploatacyjnych systemu podstawowego;
- oceną wyników eksploatacji systemu rzeczywistego, gdy parametry realizowanych procesów są znane, co może służyć bieżącej ocenie funkcjonowania systemu i stanowić podstawę przy podejmowaniu decyzji strategicznych w obszarze zarządzania eksploatacją środków transportu.

Wyniki prac badawczych związanych z realizacją celu rozprawy doktorskiej były również publikowane w czasopiśmie naukowo-technicznych [załącznik 3: II.E.9-II.E.12, II.E.14] oraz w materiałach krajowych i międzynarodowych konferencji naukowych [załącznik 3: II.E.4-II.E.7].

W trakcie realizacji studiów doktoranckich wyniki swoich prac badawczych referowałam na 14 krajowych oraz międzynarodowych konferencjach naukowych (np. Zimowa Szkoła Niezawodności, European Safety and Reliability Conference ESREL, Summer Safety and Reliability Seminars SSARS, Konferencja Bezpieczeństwa i Niezawodności KONBiN, czy Wrocławskie Forum Logistyki i Technologii Logistycznych WROLOG) [załącznik 3: II.L.1-II.L.14]. Ponadto czynnie uczestniczyłam w organizacji dwóch konferencji naukowych:

- III Wrocławskie Forum Logistyki i Technologii Logistycznych WROLOG 2007, która odbyła się w dniach 27-28 września 2007r. we Wrocławiu, oraz
- Central European Forum on Maintenance CEFOM 2007, która odbyła się w dniach 21-23 października 2007r. we Wrocławiu.

W ramach działalności dydaktycznej w trakcie studiów doktoranckich prowadziłam zajęcia dydaktyczne na Wydziale Mechanicznym Politechniki Wrocławskiej na kierunkach: Zarządzanie i Inżynieria Produkcji oraz Mechanika i Budowa Maszyn z przedmiotów: Podstawy logistyki (seminarium) oraz Podstawy eksploatacji i niezawodności (laboratorium).

## **6.2. Charakterystyka działalności naukowo-badawczej prowadzonej po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych**

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych zakres merytoryczny prowadzonej przeze mnie działalności naukowo-badawczej obejmuje przede wszystkim pięć obszarów badawczych.

Od 2008 roku kontynuowałam prace badawcze związane z **modelowaniem niezawodności i gotowości, jak również projektowaniem procesów eksploatacji złożonych systemów technicznych i logistycznych**. W tym obszarze, w ramach dalszej współpracy przy realizacji projektu badawczego własnego nr N516 036 32/4173 [załącznik 3: II.J.4], opracowane zostały nowe modele Drzew Niezdatności z Zależnością Czasową DNZC oraz opracowano model sieci Petriego bazującego na stochastycznych sieciach HLPN (ang. High-level Petri Net). Wyniki prac zostały opublikowane w dwóch czasopismach naukowych z bazy JCR - Eksploatacja i Niezawodność - Maintenance and Reliability (00.333) oraz European Journal of Operational Research (IF 02.358) [załącznik 3: II.A.1, II.A.2], jak również w monografii anglojęzycznej [załącznik 3: II.A.6].

Ponadto, skupiłam się na zagadnieniach niezawodności systemów transportowych, analizując m.in. problem wpływu niepewności danych eksploatacyjnych na uzyskiwane charakterystyki niezawodnościowe, czy zagadnienie pomiaru i oceny charakterystyk niezawodnościowych kolejowych systemów transportowych. Wyniki badań zostały opublikowane w pracach [załącznik 3: II.E.16, II.E.20, II.E.22, II.E.66]. Jednocześnie kontynuowałam prace związane z modelowaniem systemów wsparcia

logistycznego, zajmując się m.in. modelowaniem dostępności części wymiennych niezbędnych w procesie eksploatacji systemów technicznych. Wyniki badań zostały opublikowane w pracach [załącznik 3: II.A.5, II.A.8, II.E.17].

W ramach dalszej działalności naukowej skupiłam się na zagadnieniach **projektowania procesów utrzymania w stanie zdatności obiektów technicznych, obejmujących m.in. problem doboru optymalnej strategii obsługiwanie systemów technicznych oraz diagnozowanie stanu systemu.** W tym obszarze badania ukierunkowane były na projektowanie systemów wsparcia decyzyjnego dedykowanych zadaniom utrzymania środków transportu z wykorzystaniem m.in. szkieletowych systemów ekspertowych. Badania obejmowały zagadnienia dotyczące tworzenia baz danych i wiedzy w przedsiębiorstwach, tworzenia systemów monitorowania procesów, wytycznych przeprowadzania analiz wrażliwości i niezawodności systemów technicznych i logistycznych (w tym transportowych). Ponadto skupiłam się na prowadzeniu analiz gospodarki remontowej oraz problematyce zabezpieczenia prowadzenia działań obsługowo-naprawczych w niezbędne części wymienne i materiały eksploatacyjne.

Efektem prac w tym obszarze jest m.in. realizacja projektu badawczego własnego Nr N N509 490038 [załącznik 3: II.J.1], którego byłam kierownikiem. Celem naukowym projektu było opracowanie metody oceny systemu transportowego z uwzględnieniem zależności czasowych występujących w procesie eksploatacji, w aspekcie jego niezawodności i bezpieczeństwa. W ramach realizacji tak postawionego celu opracowano system, którego celem jest wsparcie procesu utrzymania środków transportu poprzez wskazanie najlepszej strategii obsługiwanie przy znanych parametrach wejściowych i określonych wartościach podstawowych zmiennych decyzyjnych. W analizowanym rozwiązaniu implementacja wiedzy jest realizowana z wykorzystaniem sposobu zapisu w postaci reguł. Jednocześnie, system doradczy został opracowany jako program komputerowy umożliwiający łatwiejsze i szybsze uzyskiwanie konkluzji. W tym celu wykorzystano system ekspertowy EXSYS Professional. Osiągnięcie techniczne, będące efektem realizacji projektu, zostało opisane w [załącznik 3: II.B.1].

Jednocześnie poprawność i efektywność funkcjonowania opracowanego systemu ekspertowego została zweryfikowana w oparciu o dane pochodzące z procesu eksploatacji autobusów szynowych przewoźnika regionalnego oferującego usługi transportu pasażerskiego na terenie Dolnego Śląska. Wyniki prowadzonych prac badawczych zostały opublikowane w [załącznik 3: II.A.12, II.A.13, II.A.16, II.A.17, II.E.27, II.E.28, II.E.30, II.E.57, II.E.59, II.E.60, II.E.62, II.F.1].

W dwóch projektach badawczych realizowanych we współpracy z przedsiębiorstwami usługowymi (WPO ALBA Wrocław oraz Port Lotniczy Wrocław) [załącznik 3: II.J.5, II.J.6] prowadzone były badania eksploatacyjno-niezawodnościowe środków transportu wraz z analizą uzyskanych wyników z punktu widzenia zadań racjonalizacji gospodarki remontowej tych przedsiębiorstw.



Uzyskane wyniki stanowiły dane wejściowe do budowy systemu wsparcia logistycznego funkcjonowania portu lotniczego oraz modelu optymalizacji procesów zarządzania odpadami we Wrocławiu. Oba projekty zakończone zostały wdrożeniem opracowanego rozwiązania u konsorcjanta. Wyniki prac zostały opublikowane w [załącznik 3: II.E.41].

W wyniku realizowanych zadań badawczych w zakresie eksploatacji i niezawodności obiektów i systemów, dostrzegłam konieczność szerszych badań w obszarze modelowania procesów utrzymania systemów technicznych z uwzględnieniem relacji czasowych, występujących w procesach ich eksploatacji. W oparciu o przeprowadzone badania literaturowe w zakresie modelowania utrzymania systemów technicznych z wykorzystaniem różnych strategii obsługowych oraz analizy zależności czasowych w różnych systemach technicznych, jak systemy logistyczne czy produkcyjne, zdefiniowałam główny obszar badawczy, który stanowił jednocześnie podstawowy kierunek obecnie prowadzonych przeze mnie prac naukowych. Wyniki z przeprowadzonych szerokich badań literaturowych przedstawione zostały m.in. w pracach [załącznik 3: II.A.7, II.E.21, II.E.23, II.E.24, II.E.35, II.E.49, II.E.50, II.E.51]. W efekcie przeprowadzonych prac skupiłam się na **modelowaniu niezawodności systemów technicznych i logistycznych z zależnością czasową w oparciu o wykorzystanie koncepcji opóźnień czasowych** (ang. Delay Time concept). Prace badawcze obejmowały optymalizację funkcjonowania badanych systemów w oparciu o modelowanie matematyczne i symulacyjne. Efekty prac w tym obszarze były realizowane w ramach trzech stypendiów naukowych współfinansowanych przez UE w ramach EFS (Projekt PO KL 04.01.01-00-011/10-00, Program Operacyjny Kapitał Ludzki, Poddziałanie 4.1.1: Wzmocnienie i rozwój potencjału dydaktycznego uczelni) [załącznik 3: III.A.1-III.A.3, II.F.2] oraz w ramach badań statutowych prowadzonych na Politechnice Wrocławskiej w latach 2013-2014 [załącznik 3: II.J.2]. Uzyskane wyniki prac badawczych w tym obszarze naukowo-badawczym zostały szczegółowo opisane w punkcie 5 niniejszego załącznika.

Poza głównym obszarem badawczym, prowadziłam badania naukowe w zakresie **projektowania systemów controllingu procesowego w obszarze procesów logistycznych i eksploatacyjnych**. Badania ukierunkowane były na projektowanie systemów pomiarów procesów logistycznych, tworzenie modeli analiz ilościowych i jakościowych, czy projektowanie logistycznych systemów informacyjnych wspierających procesy planowania i kontroli w badanych obszarach. Efekty realizowanych prac zostały opublikowane w pracach [załącznik 3: II.A.9, II.E.26, II.E.29, II.E.32, II.E.34, II.E.42, II.E.44, II.E.67-II.E.71]. Obecnie prace w tym obszarze ukierunkowane zostały na badanie i ocenę ryzyka funkcjonowania systemów transportowych. Uzyskane wyniki prac badawczych zostały opublikowane w [załącznik 3: II.A.10, II.E.46, II.E.47, II.E.48, II.E.76, II.E.78].

Ostatni obszar moich prac badawczo-naukowych obejmuje **projektowanie bezpiecznych i odpornych na zagrożenia łańcuchów dostaw**. W tym obszarze badania ukierunkowane zostały na studia literaturowe w zakresie podatności na zagrożenia łańcuchów dostaw, ich odporności na zagrożenia, bezpieczeństwa w łańcuchach dostaw oraz oceny ryzyka w łańcuchach dostaw. Podstawowe wyniki przeprowadzonych prac badawczych zostały przedstawione w pracach [załącznik 3: II.E.18, II.E.19, II.E.25, II.E.50, II.E.52-II.E.56, II.E.63]. Następnie rozwijałam swoje badania w kierunku oceny podatności i odporności na zagrożenia systemów transportowych (prace: [załącznik 3: II.A.19, II.A.20, II.E.73]), modelowania odporności na zagrożenia łańcuchów dostaw (prace: [załącznik: II.E.37, II.E.43, II.E.77]), oraz modelowania i oceny niezawodnościowej systemów i procesów produkcyjnych (prace: [załącznik 3: II.A.21, II.E.45, II.E.75, II.E.80, II.E.81]).

Ponadto, w 2014 roku byłam jednym z głównych wykonawców opracowania studium techniczno-ekonomiczno-środowiskowego rewitalizacji i przywrócenia żeglowności Dolnej Wisły na odcinku Warszawa - Gdańsk, wykonanego w ramach projektu INWAPO „Modernizacja Śródlądowych Dróg Wodnych i Portów Morskich” finansowanego z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego programu Central Europe, odbiorca: ARMSA Agencja Rozwoju Mazowsza S.A. [załącznik 3: II.M.1]. Pełniłam funkcję specjalisty ds. logistyki, zajmując się m.in. przygotowaniem nowych schematów logistycznych przewozu towarów z wykorzystaniem szlaku wodnego E-40. Wyniki uzyskanych prac zostały przedstawione w [załącznik 3: II.E.72, II.F.3]. Efektem realizowanych prac było również zgłoszenie patentowe, przygotowane w 2015 roku [załącznik 3: II.C.1].

Następnie prowadziłam prace w obszarze modelowania i analizy niezawodnościowej systemów logistycznych, których wyniki zostały przedstawione w pracach [załącznik 3: II.A.3, II.E.33, II.E.58]. W efekcie realizowanych prac został również opracowany wzór użytkowy pt. Nakładka antypoślizgowa na ramię podnośne wózka widłowego [załącznik 3: II.D.1].

W 2017 roku byłam również wykonawcą opracowanej ekspertyzy na zlecenie przedsiębiorstwa P.P.U.H. Tamir Sp. z o.o. obejmującej opracowanie koncepcji nowego produktu - bezpiecznego opakowania kartonowego produktów farmaceutycznych, wykorzystującego nowoczesne technologie gromadzenia i przetwarzania danych [załącznik 3: III.M.2]. Zadania robocze obejmowały opracowanie przeglądu literatury z obszaru opakowalnictwa, przeprowadzenie analizy rynku opakowań w Polsce oraz wsparcie merytoryczne przy opracowaniu analizy ekonomicznej nowego opracowania. Wyniki zrealizowanych prac zostały przedstawione w [załącznik 3: II.F.4].

W kolejnym kroku w ramach realizowanych prac badawczych zbudowane zostaną modele symulacyjne w oparciu o rozwiązania biznesowe, mające na celu badanie zachodzących relacji w modelowanych systemach oraz optymalizację procesów logistycznych. Ponadto badania obejmą analizę zakresu danych

gromadzonych na potrzeby monitorowania odporności i bezpieczeństwa w funkcjonujących łańcuchach dostaw oraz opracowanie wytycznych dla systemów raportowania poszczególnych ogniów w łańcuchu. Pozwoli to na zaproponowanie nowej metody kreowania łańcuchów dostaw i ich monitorowania w oparciu o system miar uwzględniający odporność i bezpieczeństwo realizowanych procesów logistycznych. Efekty prac w tym obszarze realizowane są w ramach zadania projektowego programu Interreg Baltic Sea Region Programme 2014-2020 pt. Mitigating the effects of emergencies in Baltic Sea Region ports (HAZARD), którego jestem liderem [załącznik 3: III.F.1] oraz prac grupy projektowej ESReDA project group on Managing Supply Chain, gdzie jestem głównym wykonawcą [załącznik 3: II.J.7]. Wyniki wstępnie przeprowadzonych prac badawczych zostały opublikowane w [załącznik 3: II.E.74, II.E.79].

W 2017 roku otrzymałam również nagrodę Rektora Politechniki Wrocławskiej w uznaniu wyróżniającego wkładu w działalność uczelni [załącznik 3: II.K.1].

Podsumowując, efekty realizowanych prac naukowo-badawczych przedstawiałam na wielu krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych z obszaru niezawodności i eksploatacji systemów technicznych oraz logistyki/zarządzania łańcuchem dostaw. W sumie, po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych wygłosiłam 28 referatów m.in. na międzynarodowych konferencjach naukowych, jak: European Safety and Reliability Conference ESREL, CLC Carpathian Logistics Congress, International Conference on Dependability and Complex Systems DepCoS-RELCOMEX, International Conference on Intelligent Systems in Production Engineering and Maintenance ISPEM, Probabilistic Safety and Assessment and Management PSAM conference, ESReDA seminar, oraz na konferencjach krajowych, jak: Zimowa Szkoła Niezawodności, Total Logistics Management - Konferencja Logistyki Stosowanej i LogiTrans.

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora mój dorobek naukowy stanowi ogółem **100 publikacji z obszaru niezawodności i eksploatacji systemów technicznych**, w tym logistycznych i transportowych, obejmujących:

- 1 monografię (Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2018);
- 1 rozdział w książkach o zasięgu krajowym (Wyd. Uczelniane PWZS im Angelusa Silesiusa, 2010);
- 6 rozdziałów w monografii o zasięgu krajowym (Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2014; Wydawnictwo AGH, 2016, 2013, 2009);
- 2 rozdziały w monografii o zasięgu międzynarodowym (Springer, 2014; Oficyna Wydawnicza Politechniki Poznańskiej, 2012);
- 39 artykułów w czasopismach naukowych, w tym 27 w czasopismach międzynarodowych, z czego **6 w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports**;
- 45 artykułów w materiałach konferencyjnych, w tym 35 w materiałach konferencji międzynarodowych i zagranicznych;

- 1 redakcję naukową materiałów konferencyjnych o zasięgu międzynarodowym (Balkema Taylor & Francis, 2015; współredaktor);
- 1 wzór użytkowy;
- 4 prace niepublikowane (sprawozdania z prac badawczych).

### 6.3. Charakterystyka działalności dydaktycznej prowadzonej po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych

Moja działalność dydaktyczna po obronie pracy doktorskiej przede wszystkim obejmuje prowadzenie zajęć dydaktycznych na Wydziale Mechanicznym Politechniki Wrocławskiej z obszarów logistyki, transportu oraz eksploatacji i niezawodności:

- 1) na kierunku *Zarządzanie i Inżynieria Produkcji* (studia stacjonarne i niestacjonarne I i II stopnia) z następujących przedmiotów:
  - Logistyka Zaopatrzenia (Wykład, Projekt);
  - Logistyka Dystrybucji (Wykład, Projekt);
  - Logistyka łańcuchów dostaw (Wykład, Seminarium);
  - Podstawy logistyki (Wykład, Ćwiczenia);
  - Zarządzanie eksploatacją systemów logistycznych (Wykład, Projekt);
  - Prace przejściowe - Projekt systemu logistycznego przedsiębiorstwa produkcyjnego, Projekt systemu wsparcia logistycznego funkcjonowania portu lotniczego;
- 2) na kierunku *Transport* (studia stacjonarne I stopnia) z następujących przedmiotów:
  - Logistyka (Ćwiczenia);
  - Zarządzanie zintegrowanym łańcuchem logistycznym (Wykład, Seminarium);
  - Ekonomia transportu (Ćwiczenia);
- 3) na kierunku *Mechatronika* (studia stacjonarne II stopnia) z przedmiotu:
  - Zarządzanie i logistyka (Wykład, Projekt);
- 4) na kierunku *Mechanika i Budowa Maszyn* (studia stacjonarne I i II stopnia) z następujących przedmiotów:
  - Zarządzanie eksploatacją systemów technicznych (Wykład, Laboratorium);
  - Podstawy eksploatacji i niezawodności (Laboratorium, Projekt);
  - Niezawodność i Bezpieczeństwo (Laboratorium);
  - Podstawy eksploatacji i remontów maszyn (Laboratorium);

Ponadto prowadziłam zajęcia na Wydziale Informatyki i Zarządzania Politechniki Wrocławskiej z przedmiotu: Logistics (Wykład, w języku angielskim).

W latach 2008-2010 prowadziłam również zajęcia dydaktyczne w Instytucie Przyrodniczo-Technicznym Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej im. Angeliusa Silesiusa w Wałbrzychu na kierunku Logistyka (studia stacjonarne i niestacjonarne I stopnia) z następujących przedmiotów: *Podstawy logistyki, Zarządzanie produkcją i*

usługami oraz *Ekonomika transportu*. Dodatkowo w okresie 2009-2010 prowadziłam zajęcia dydaktyczne w Międzynarodowej Wyższej Szkole Logistyki i Transportu we Wrocławiu z następujących przedmiotów: *Wstęp do logistyki*, *Logistyka produkcji*, *Projektowanie procesów logistycznych* oraz *Zarządzanie przedsiębiorstwem transportowym*. Współpracowałam również z Uniwersytetem Ekonomicznym we Wrocławiu w ramach realizacji zajęć dydaktycznych na studiach podyplomowych „*Logistyka i zarządzanie łańcuchem dostaw*”, gdzie współprowadziłam zajęcia pt. *Sterowanie zapasami i magazynowanie*.

Od 2017 roku współpracuję w ramach projektu ukierunkowanego na poprawę jakości kształcenia w szkołach zawodowych Dolnego Śląska w obszarze zawodów deficytowych i RIS, poprzez działania warsztatowo laboratoryjne przygotowane dla uczniów. W ramach projektu **Zawodowy Dolny Śląsk** opracowałam dwa zajęcia laboratoryjne dla uczniów o charakterze wykładowym oraz wykładowo-laboratoryjnym [załącznik 3: III.1.5]:

- Procesy zaopatrzenia w przedsiębiorstwach handlowych i produkcyjnych,
- Doskonalenie przepływów materiałowych poprzez integrację łańcucha dostaw (prowadzony wraz z dr Agnieszką Tubis).

Jednocześnie od roku realizuję zadania w ramach projektu ukierunkowanego na kompleksowe podniesienie kompetencji studentów studiów dziennych Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej, niezbędnych na rynku pracy w obszarze kompetencji kluczowych dla rozwoju gospodarki i kraju, wdrażanych w ramach Programu Rozwoju Kompetencji. W ramach projektu wraz z dr Agnieszką Tubis opracowałam kurs Centra logistyczne obejmujący formę wykładową oraz projektową, jak również przeprowadziłyśmy wizytę studyjną [załącznik 3: III.1.5].

W okresie 2009-2017 pełniłam funkcję koordynatora dydaktyki w Katedrze Eksploatacji Systemów Logistycznych, Systemów Transportowych i Układów Hydraulicznych, zajmując się organizacją i koordynacją zajęć dydaktycznych w Katedrze. Od 2012 roku jestem członkiem Komisji Hospitacyjnej dla kierunku Zarządzanie i Inżynieria Produkcji realizowanym na Wydziale Mechanicznym Politechniki Wrocławskiej.

Podejmuję również działania służące udostępnianiu zasobów jednostek naukowych powstających w procesach edukacyjnych w ramach współpracy w projekcie Atlas Zasobów Otwartej Nauki (AZON) realizowanym w Centrum Wiedzy i Informacji Naukowo- Technicznej (CWiNT) Politechniki Wrocławskiej [załącznik 3: III.1.14]. Ta internetowa platforma informacyjna powstaje w ramach projektu: Aktywna Platforma Informacyjna e-scienceplus.pl., i ma na celu gromadzenie, przetwarzanie oraz udostępnianie zasobów nauki w otwartej formie cyfrowej wszystkim zainteresowanym. W ramach projektu (lata 2017-2019) prace obejmują udostępnienie dwóch zasobów dydaktycznych dla formy wykładowej oraz

projektowej dla przedmiotów Zarządzanie eksploatacją systemów logistycznych oraz Logistyka zaopatrzenia.

Ponadto, po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych sprawowałam opiekę naukową w charakterze promotora prac dyplomowych 170 studentów Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej (prace dyplomowe inżynierskie oraz magisterskie) oraz 5 studentów MWSLiT we Wrocławiu (prace dyplomowe inżynierskie). Byłam również opiekunem naukowym wizyty dydaktycznej dr Marinko Maslaric (University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Serbia) w ramach programu ERASMUS + Staff Mobility for Teaching w okresie: 24.10.2016-28.10.2016r.

Od 2014 roku pełnię również opiekę naukową w charakterze promotora pomocniczego mgr inż. Macieja Chlebusa w przewodzie doktorskim: *Method of vulnerability assessment of logistics supply chains* (Metoda oceny podatności na zagrożenia logistycznego łańcucha dostaw).

Od 2011 roku współpracuję również z Kołem Naukowym Logistics działającym przy Wydziale Mechanicznym Politechniki Wrocławskiej. Współpraca obejmowała m.in. realizację zadań projektowych z obszaru logistyki w ramach spotkań koła naukowego, czy recenzowanie artykułów na konferencjach TransLogistics, Power of Production.

Dążąc do podnoszenia swoich kwalifikacji zawodowych uczestniczyłam również w szeregu szkoleń oraz kursów w krajowych ośrodkach naukowych i akademickich (układ chronologiczny):

- 1) Szkolenie dydaktyczne: *Monte Carlo simulation for system safety and reliability modelling*, Gdańsk-Sopot, 2008;
- 2) Szkolenie dydaktyczne: *Application of semi-Markov processes in safety and reliability analysis*, Gdańsk-Sopot, 2009;
- 3) Szkolenie dydaktyczne: *Human factors in safety and reliability*, Gdańsk-Sopot, 2009;
- 4) Zaoczny kurs akademicki: *Kierownik Projektu Funduszy Europejskich* organizowany przez Studium Prawa Europejskiego, V edycja, Wrocław, 2009;
- 5) Zaoczny kurs akademicki: *Fundusze Europejskie 2014-2020 - nowa perspektywa finansowa*, II edycja, Wrocław, 2013/2014;
- 6) Specjalistyczny kurs z zakresu umiejętności dydaktyki w języku obcym p/t. *American Academic English and British Academic English*, szkolenie na poziomie C1 w wymiarze 30h, Wrocław, 2018;
- 7) Specjalistyczny kurs z zakresu umiejętności dydaktyki w języku obcym p/t. *Język angielski z elementami języka technicznego*, szkolenie na poziomie C1 w wymiarze 30h, Wrocław, 2018;
- 8) Specjalistyczny kurs z zakresu umiejętności dydaktyki w języku obcym p/t. *Academic writting*, na poziomie C1 w wymiarze 30h, Wrocław, 2018.

#### **6.4. Charakterystyka działalności organizacyjnej prowadzonej po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych**

Po obronie pracy doktorskiej moja działalność organizacyjna obejmuje aktywne uczestnictwo na rzecz rozwoju Katedry Eksploatacji Systemów Logistycznych, Systemów Transportowych i Układów Hydraulicznych, m.in. w zakresie organizacji procesów zakupów Katedry (2013-2015), czy pracy w komisjach przetargowych na Wydziale (2013).

Moja działalność organizacyjna obejmowała również liczne przedsięwzięcia mające na celu popularyzację nauki. Od 2007 roku aktywnie uczestniczyłam w organizacji wielu konferencji krajowych i zagranicznych, pełniąc funkcje:

##### **1) Członka komisji/rady naukowej krajowych i międzynarodowych konferencji naukowych:**

- I Ogólnopolska Studencka Konferencja POWER of Production, 5-6 czerwca 2014r., Wrocław, Polska;
- II Ogólnopolska Studencka Konferencja POWER of Production, 22-23 maj 2015r., Wrocław, Polska;
- 2<sup>nd</sup> International Conference on Intelligent Systems in Production Engineering and Maintenance ISPEM 2018, 17.09-18.09.2018r., Wrocław, Polska;
- XXII Konferencja Naukowa „Total Logistic Management & IT Solutions in Logistics”, 27-29 września 2018r., Zielona Góra, Polska;

##### **2) Członka komitetu technicznego międzynarodowych konferencji naukowych:**

- European Safety and Reliability Conference ESREL 2014, 14-18 września 2014r., Wrocław, Polska; ponadto funkcje: funkcja Track Directora dla obszaru metodologicznego Delay Time Analysis, funkcja recenzenta artykułów konferencyjnych, funkcja przewodniczącego sesji tematycznej: Process reliability and safety modelling;
- 2014 Congress on Industrial Engineering, Machine Design and Automation (IEMDA 2014), 12-14 grudnia 2014r., Sanya, Chiny;
- European Safety and Reliability Conference ESREL 2015, 7-10 września 2015r., Zurych, Szwajcaria;
- The 52<sup>nd</sup> ESReDA Seminar On Critical Infrastructures: Enhancing Preparedness & Resilience for the security of citizens and services supply continuity, 30-31 maja 2017r., Kaunas, Litwa;

##### **3) Członka komitetu organizacyjnego międzynarodowych oraz krajowych konferencji naukowych:**

- III Wrocławskie Forum Logistyki i Technologii Logistycznych WROLOG 2007, 27-28 września 2007r., Wrocław, Polska;
- Central European Forum on Maintenance CEFOM 2007, 21-23 października 2007r., Wrocław, Polska;

- IV Wrocławskie Forum Logistyki i Technologii Logistycznych WROLOG 2009, „Modelowanie Systemów Logistycznych”, 22-23 października 2009r., Wrocław, Polska;
- V Wrocławskie Forum Logistyki i Technologii Logistycznych WROLOG 2011, 24-25 października 2011r., Wrocław, Polska;
- VI Wrocławskie Forum Logistyki i Technologii Logistycznych WROLOG 2013, 17-18 czerwca 2013r., Wrocław, Polska;
- XXI Międzynarodowa Konferencja Naukowa Pojazdy Szynowe 2014, 18-21 czerwca 2014r., Wrocław, Polska;
- European Safety and Reliability Conference ESREL 2014, 14-18 września 2014r., Wrocław, Polska;
- XXI Konferencja Logistyki Stosowanej „Total Logistic Management” 2017, 29.11.-02.12.2017r., Karpacz, Polska, funkcja wiceprzewodniczącej konferencji, przewodniczący obrad sesji;
- 2<sup>nd</sup> International Conference on Intelligent Systems in Production Engineering and Maintenance ISPEM 2018, 17.09-18.09.2018r., Wrocław, Polska.

Sprawowałam również patronat naukowy nad krajowymi konferencjami naukowymi:

- VIII Ogólnopolskie Forum Studentów Transportu i Logistyki „TransLogistics 2012”, 6-7 grudnia 2012r., Wrocław, Polska;
- IX Ogólnopolskie Forum Studentów Transportu i Logistyki „TransLogistics 2013”, 5-6 grudnia 2013r., Wrocław, Polska;
- X - Jubileuszowe Ogólnopolskie Forum Studentów Transportu i Logistyki „TransLogistics 2014”, 4-5 grudnia 2014r., Wrocław, Polska.

Aktywnie uczestniczyłam również w organizacji konferencji 3<sup>rd</sup> Summer Safety & Reliability Seminars SSARS 2009, która odbyła się 19-25 lipca 2009r. w Gdańsk/Sopot-Jelitkowo. Podczas konferencji prowadziłam, jako przewodniczący, obrady sesji w dniu 20. lipca 2009r. Brałam również aktywny udział w organizacji obrad Rady Generalnej EFNSM - Europejskiej Federacji Towarzystw Eksploatacyjnych, które odbyły się 27-28.10.2017r. w zamku Topacz, Ślęza.

Od 2010 roku jestem członkiem kolegium redakcyjnego e-czasopisma ESRA newsletter, wydawanego przez European Safety and Reliability Association. W 2014 roku byłam również członkiem komitetu redakcyjnego materiałów konferencyjnych Safety and reliability: methodology and applications: proceedings of the European Safety and Reliability Conference, ESREL 2014.

Po obronie doktoratu aktywnie uczestniczę również w międzynarodowych i krajowych organizacjach oraz towarzystwach naukowych:

- Członek Polskiego Towarzystwa Logistycznego - PTL, od 2008r.;
- Członek Polskiego Naukowo-Technicznego Towarzystwa Eksploatacyjnego - PTE, od 2018r.;



- Reprezentant Politechniki Wrocławskiej w European Safety and Reliability Association - ESRA, od 2009r.; członek komitetu technicznego Maintenance Modelling and Optimization, od 2017r.;
- Reprezentant Politechniki Wrocławskiej w European Safety, Reliability and Data Association, od 2018r.

Od października 2017r. pełnię również funkcję sekretarza Sekcji Logistyki i Procesów Transportowych Komitetu Transportu PAN. W latach 2017-2018 brałam również udział w obradach GA EFNMS - Europejskiej Federacji Towarzystw Eksploatacyjnych (bez prawa głosu).

W ramach działalności popularyzującej naukę jestem także recenzentem wielu publikacji w międzynarodowych i krajowych czasopismach naukowych:

- Logistyka i Transport, od 2012r., **10 publikacji**;
- Eksploatacja i Niezawodność - Maintenance and Reliability (IF 1.145), od 2014, **5 publikacji**;
- Reliability Engineering and System Safety (IF 3.153), od 2014r., **3 publikacje**;
- Computers and Industrial Engineering (IF 2.623), od 2014r., **2 publikacje**;
- International Journal of Economics and Management Sciences, od 2014r., **2 publikacje**;
- Journal of Accounting and Marketing, od 2014r., **1 publikacja**;
- International Journal of Economics and Management Sciences, od 2015r., **2 publikacje**;
- Arabian Journal of Business and Management Review, od 2015r., **2 publikacje**;
- JRR Part O: Journal of Risk and Reliability (IF 1.084), od 2016r., **2 publikacje**;
- Neural Computing and Applications (IF 2.505), od 2017r., **1 publikacja**;
- Mathematical Problems in Engineering (IF 0.0802), od 2017r., **1 publikacja**;
- Sensors (IF 2.677), od 2017r., **1 publikacja**;
- Transportation Research Part A: Policy and Practice (IF 2.609), od 2018r., **1 publikacja**.

Ponadto, recenzowałam publikacje w monografiach anglojęzycznych:

- Safety and reliability: methodology and applications, Nowakowski T., Młyńczak M., Jodejko-Pietruczuk A., Werbińska-Wojciechowska S. (eds.), Leiden: CRC Press/Balkema, cop. 2015. ISBN 978-1-138-02681-0, **15 publikacji**;
- Safety and reliability of complex engineered systems, Podofillini L., Sudret B., Stojadinovic B., Zio E., Kröger W. (eds.), CRC Press/Balkema, cop. 2015. ISBN 978-1-138-02879-1, **3 publikacje**;
- Risk, reliability and safety: innovating theory and practice, Walls L., Revie M., Bedford T. (eds.), CRC Press/Balkema, cop. 2017. ISBN 978-1-138-02997-2, **3 publikacje**.

Byłam również recenzentem publikacji w materiałach krajowych i zagranicznych konferencji naukowych:

- 10th International Scientific Conference "Transbaltica 2017: Transportation Science and Technology", 2017, **4 publikacje**;
- International Conference on the Sustainable Energy and Environmental Development, 2017, **1 publikacja**;
- XXI Konferencja Logistyki Stosowanej „Total Logistic Management” 2017, 2017, **5 publikacji**;
- The Second International Conference on Intelligent Systems in Production Engineering and Maintenance ISPEM 2018, 2018, **8 publikacji**.

### **6.5. Uzyskane nagrody i wyróżnienia**

2017 Nagroda Rektora Politechniki Wrocławskiej w uznaniu wyróżniającego wkładu w działalność uczelni

2008 Obrona z wyróżnieniem rozprawy doktorskiej pt.

„Model wsparcia logistycznego systemu eksploatacji środków transportu”

2004 Najlepszy Absolwent Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej

### **6.6. Zestawienie dorobku naukowego habilitantki**

Podsumowując, w wyniku prowadzonych przeze mnie prac naukowo-badawczych po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych, powstał dorobek naukowy przedstawiony w tabeli 2a.1.

Tabela 2a.1. Podsumowanie dorobku naukowego habilitantki

	Przed uzyskaniem stopnia doktora	Po uzyskaniu stopnia doktora	Ogółem
<b>A. Publikacje naukowe</b>			
Artykuły w czasopismach znajdujących się w bazie JCR	0	6	6
Całkowity Impact Factor w publikacjach naukowych (zgodnie z rokiem publikowania)	0	6.572	6.572
Artykuły w recenzowanych czasopismach krajowych (ogółem/zasięg międzynarodowy)	7/5	31/19	38/24
Artykuły w recenzowanych czasopismach zagranicznych	1	2	3
Monografie	0	2	2
Rozdziały w książkach o zasięgu krajowym	1	1	2
Rozdziały w monografii o zasięgu krajowym	0	7	7
Rozdziały w monografii o zasięgu międzynarodowym	0	2	2
Redaktorstwa materiałów konferencyjnych	0	1	1
Publikacje w materiałach konferencji naukowych			
Konferencje krajowe i międzynarodowe (ogółem/WoS)	4/0	19/5	23/5
Konferencje zagraniczne (ogółem/WoS)	2/0	26/13	28/13
Wygłoszone referaty i wykłady na międzynarodowych i krajowych konferencjach tematycznych	14	28	42
Dokumentacja prac badawczych			
Dokumentacja prac badawczych	0	4	4
Sumaryczna liczba punktów wg kryterium MNiSW (zgodnie z rokiem opublikowania)	59	607	666
Wzory użytkowe i zgłoszenia patentowe	0	2	2
Cytowania opublikowanych artykułów według bazy WoS	0	169	169
Cytowania opublikowanych artykułów według bazy Scopus	8	156	164
Indeks Hirscha wg bazy WoS	0	6	6
Indeks Hirscha wg bazy Scopus	2	7	7
<b>B. Projekty badawcze</b>			
Kierowanie projektami badawczymi krajowymi	0	1	1
Udział w realizacji projektów badawczych finansowanych ze środków krajowych (MNiSW, NCN, NCBiR)	2	3	5
Udział w projektach finansowanych ze środków UE	0	5	5
Projekty badawcze w ramach badań własnych	0	1	1
Wykonawca w międzynarodowych projektach badawczych	0	1	1
Udział w konsorcjach i sieciach badawczych	0	2	2



	Przed uzyskaniem stopnia doktora	Po uzyskaniu stopnia doktora	Ogółem
<i>C. Pozostałe osiągnięcia</i>			
Zrealizowane oryginalne osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne	0	1	1
Międzynarodowe i krajowe nagrody za działalność naukową	0	1	1
Udział w komitetach organizacyjnych międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych	2	21	23
Udział w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism	0	2	2
Członkostwo w międzynarodowych i krajowych organizacjach oraz towarzystwach naukowych	0	6	6
Wykonane ekspertyzy lub inne opracowania na zamówienie	0	2	2
Udział w zespołach eksperckich i konkursowych	0	1	1
Recenzowanie publikacji w międzynarodowych i krajowych czasopismach naukowych	0	54	54
Opieka naukowa nad doktorantami w charakterze promotora pomocniczego	0	1	1

*Sylvia Werbińska-Wojciechowska*  
 dr inż. Sylvia Werbińska-Wojciechowska