

Załącznik 3A – Autoreferat w języku polskim

Dr inż. **Katarzyna ANTOSZ**

Politechnika Rzeszowska

Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa

AUTOREFERAT

przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych, w szczególności określonych w 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

Rzeszów, kwiecień 2019

Spis treści

Przewodnik po autoreferacie	4
1. Imię i nazwisko.....	5
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania, tytułu rozprawy doktorskiej i nazwisk osób, które pełniły funkcje promotora i recenzentów ...	5
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych	5
4. Wskazanie osiągnięcia naukowego uzyskanego po otrzymaniu stopnia doktora, stanowiącego znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria produkcji ¹ zgodnie z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (według pkt 1.2 niniejszych Zasad prowadzenia postępowań habilitacyjnych).....	6
4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego (zgodnie z wnioskiem).....	6
4.2. Wykaz prac naukowych dokumentujących osiągnięcia naukowe, stanowiące podstawę ubiegania się o stopień doktora habilitowanego	6
4.3. Omówienie celu naukowego ww. pracy/prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.....	8
4.3.1. Omówienie celu naukowego prowadzonych badań.....	8
4.3.2. Syntetyczne wyniki badań i najważniejsze elementy wymienionych publikacji	9
4.3.3. Najważniejsze oryginalne elementy prezentowanego cyklu publikacji oraz wkład osiągnięcia naukowego w dyscyplinę inżynieria produkcji	28
4.3.4. Możliwości wykorzystania wyników badań	30
5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych wnioskodawcy świadczących o istotnej aktywności naukowej habilitanta	31
5.1. Działalność naukowo-badawcza prowadzona przed uzyskaniem stopnia doktora	31
5.2. Działalność naukowo-badawcza prowadzona po uzyskaniu stopnia doktora.....	32
5.3. Pozostała działalność naukowo-badawcza.....	33
5.4. Sumaryczny impact factor (IF) według listy Journal Citation Reports (JCR) zgodnie z rokiem opublikowania	34
5.5. Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science, Scopus i Google Scholar.....	34
5.6. Indeks Hirscha według bazy Web of Science (WoS), Scopus i Google Scholar.	35
5.7. Kierowanie międzynarodowymi i krajowymi projektami badawczymi oraz udział w takich projektach	36
5.8. Międzynarodowe i krajowe nagrody za działalność naukową.....	36
5.9. Wygłoszenie referatów na międzynarodowych i krajowych konferencjach tematycznych.....	36
6. Dorobek dydaktyczny i popularyzatorski oraz informacja o współpracy międzynarodowej	

6.1. Uczestnictwo w programach europejskich oraz innych programach międzynarodowych i krajowych	37
6.2. Aktywny udział w międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych.	37
6.3. Udział w komitetach organizacyjnych międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych	38
6.4. Otrzymane nagrody i wyróżnienia inne niż za działalność naukową	38
6.5. Udział w konsorcjach i sieciach badawczych	38
6.6. Kierowanie projektami realizowanymi we współpracy z naukowcami z innych ośrodków Polskich i zagranicznych oraz we współpracy z przedsiębiorcami.....	38
6.7. Udział w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism	38
6.8. Członkostwo w międzynarodowych i krajowych organizacjach oraz towarzystwach naukowych	39
6.9. Osiągnięcia dydaktyczne i w zakresie popularyzacji nauki lub sztuki	39
6.10. Opieka naukowa nad studentami	39
6.11. Opieka naukowa nad doktorantami w charakterze promotora pomocniczego ..	39
6.12. Staże w zagranicznych i krajowych ośrodkach naukowych lub akademickich .	39
6.13. Wykonane ekspertyzy lub inne opracowania na zamówienie.....	40
6.14. Udział w zespołach eksperckich i konkursowych.....	40
6.15. Recenzowanie publikacji w czasopismach międzynarodowych i krajowych....	40
6.16. Inne osiągnięcia niewymienione wcześniej	40
SUMARYCZNE ZESTAWIENIE KRYTERIÓW OSIAGNIĘĆ	41

Przewodnik po autoreferacie

Wybrane informacje i wyjaśnienia

1. Prace wchodzące w skład osiągnięcia naukowego oznaczono symbolem „ON”.
2. Podkreślenie tekstu w kolorze niebieskim oznacza, że kryje pod sobą link do wybranej strony internetowej powiązanej z tekstem lub do pliku źródłowego.
3. W wersji elektronicznej autoreferatu po najechnaniu kursorem na tytuł wybranej publikacji pojawia się link do strony internetowej, na której dostępna jest publikacja lub co najmniej jej streszczenie, jeżeli taka informacja ukazała się w wersji elektronicznej.
4. Informacje o wkładzie w opracowanie poszczególnych prac naukowych przedstawiono w Załączniku 4. do wniosku.
5. Oświadczenia współautorów znajdują się w Załączniku 6. do wniosku wraz w pracami wchodzącymi w skład osiągnięcia naukowego.

1. Imię i nazwisko

Katarzyna Antosz

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania, tytułu rozprawy doktorskiej i nazwisk osób, które pełniły funkcje promotora i recenzentów

- 2007** Uzyskanie stopnia doktora w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie naukowej „budowa i eksploatacja maszyn”. Tytuł rozprawy doktorskiej ***Polepszanie efektywności eksploatacyjnej maszyn metodami wartościowania procesowego***. Promotor pracy – prof. dr hab. inż. Jerzy Łunarski. Recenzenci: prof. dr hab. inż. Adam Hamrol, prof. dr hab. inż. Jarosław Sęp
- 2001** Uzyskanie tytułu magistra inżyniera – Politechnika Rzeszowska, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, kierunek: mechanika i budowa maszyn, specjalność: organizacja i zarządzanie w przemyśle, temat pracy dyplomowej: ***Komputerowe wspomaganie zarządzania małą firmą***. Promotor pracy – prof. dr hab. inż. Mieczysław Korzyński
- 1996** Ukończenie IV Liceum Ogólnokształcącego im. Mikołaja Kopernika w Rzeszowie

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

- od 1.07.2012** – **adiunkt** w Katedrze Technologii Maszyn i Inżynierii Produkcji na Wydziale Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej
- 2008–2012** – **adiunkt** w Katedrze Technologii Maszyn i Organizacji Produkcji na Wydziale Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej
- 2002–2007** – **asystent** w Katedrze Technologii Maszyn i Organizacji Produkcji na Wydziale Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej

Pełnione funkcje

- od 2017** – kierownik studium podyplomowego [„Zarządzanie produkcją odchudzoną – lean manufacturing”](#)
- od 2016** – pełnomocnik dziekana ds. rozkładu zajęć na Wydziale Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej
- 2017-2018** – kierownik studium podyplomowego **„Lean Manufacturing – Doskonalenie produkcji”** – studia zamawiane, realizowane dla PZL Świdnik (Agusta Westlad)

od 2008 – członek komisji egzaminu dyplomowego

2003–2012 – auditor wewnętrzny Systemu Zarządzania Jakością zgodnego z ISO 9001

4. Wskazanie osiągnięcia naukowego uzyskanego po otrzymaniu stopnia doktora, stanowiącego znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria produkcji¹ zgodnie z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (według pkt 1.2 niniejszych Zasad prowadzenia postępowań habilitacyjnych)

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego (zgodnie z wnioskiem)

Jako osiągnięcie naukowe wynikające z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. nr 65, poz. 595 ze zm.) wskazuję jednotematyczny cykl publikacji zatytułowany:

Doskonalenia funkcjonowania utrzymania ruchu w przedsiębiorstwach w warunkach szczupłej produkcji

Cykl ten tworzy autorska monografia oraz jedenaście innych publikacji wyszczególnionych w wykazie. Przedstawione publikacje stanowią własne osiągnięcia badawczo-naukowe dotyczące tematyki doskonalenia funkcjonowania utrzymania ruchu w przedsiębiorstwach.

4.2. Wykaz prac naukowych dokumentujących osiągnięcia naukowe, stanowiące podstawę ubiegania się o stopień doktora habilitowanego

ON1. Katarzyna Antosz (2019): **Metodyka modelowania, oceny i doskonalenia koncepcji Lean Maintenance**. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów, Monografia, 16,22 Ark. wyd. (MNiSW 80 pkt).

ON2. Katarzyna Antosz, R.M.Chandima Ratnayake (2019): [Spare parts' criticality assessment and prioritization for enhancing manufacturing systems' availability and reliability, Journal of Manufacturing Systems](#), vol. 50, no. 2, pp. 212–225 (IF = 3,699) (MNiSW 35 pkt). Mój udział procentowy to 50%.

ON3. Dorota Stadnicka, Katarzyna Antosz, R.M. Chandima Ratnayake (2014): [Development of an empirical formula for machine classification: Prioritization of maintenance tasks](#), Safety

- Science, vol. 63, March 2014, pp. 34–41 (IF = 2,246) (MNiSW 35 pkt). Mój udział procentowy to 33,33%.
- ON4. Katarzyna Antosz (2018): [Maintenance – identification and analysis of the competency gap. Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability 2018, vol. 20, no. 3, pp. 484–494.](#) (IF = 1,383) (MNiSW 25 pkt). Mój udział procentowy 100%.
- ON5. Katarzyna Antosz, Dorota Stadnicka (2014): [The results of the study concerning the identification of the activities realized in the management of the technical infrastructure in large enterprises.](#) Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability, vol. 16, no. 1, pp. 112–119 (IF = 0,983) (MNiSW 15 pkt) (obecnie 25 pkt). Mój udział procentowy to 50%.
- ON6. Katarzyna Antosz, Dorota Stadnicka (2015): [Evaluation measures of machine operation effectiveness in large enterprises: study results.](#) Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability, vol. 17, no. 1, pp. 107–117 (IF = 1,248) (MNiSW 20 pkt) (obecnie 25 pkt). Mój udział procentowy to 50%.
- ON7. Katarzyna Antosz, Andrzej Pacana (2018): [Comparative Analysis of the Implementation of the SMED Method on Selected Production Stand:](#) Tehnicki Vjesnik – Technical Gazette, vol. 25, no. Supplement 2, pp. 276–282. (IF = 0,686) (MNiSW 20 pkt). Mój udział procentowy to 60%.
- ON8. Katarzyna Antosz, R.M.Chandima Ratnayake (2016): [Machinery Classification and Prioritization: Empirical Models and AHP Based Approach for Effective Preventive Maintenance.](#) Proceedings of the 2016 IEEE IEEM, pp. 1380–1386. Web of Science (MNiSW 15 pkt). Mój udział procentowy to 50%.
- ON9. R.M.Chandima Ratnayake, Katarzyna Antosz (2017): [Risk-based maintenance assessment in the manufacturing industry: minimisation of suboptimal prioritization, Management and Production Engineering Review,](#) vol. 8, no. 1, March 2017, pp. 38–45. Web of Science (MNiSW 15 pkt). Mój udział procentowy to 70%.
- ON10. Katarzyna Antosz, R.M.Chandima Ratnayake (2016): [Classification of spare parts as the element of a proper realization of the machine maintenance process and logistics – case study.](#) IFAC-PapersOnLine, 49–12, pp. 1389–1393. Web of Science (MNiSW 15 pkt). Mój udział procentowy to 50%.
- ON11. Dorota Stadnicka, Katarzyna Antosz (2018): [Overall Equipment Effectiveness: Analysis of Different Ways of Calculations and Improvements,](#) Advances in Manufacturing (MANUFACTURING 2017). Edited by: Hamrol A, Ciszak O, Legutko S, Jurczyk M., Lecture Notes in Mechanical Engineering, pp. 45–55. Web of Science (MNiSW 15 pkt). Mój udział procentowy to 50%.
- ON12. Katarzyna Antosz, Dorota Stadnicka (2018): [An Intelligent System Supporting a Forklifts Maintenance Process.](#) In: Intelligent Systems in Production Engineering and Maintenance – ISPEM 2017, (eds.) Anna Burduk, Dariusz Mazurkiewicz, SPRINGER, vol. 637, pp. 23–32. Web of Science (MNiSW 15 pkt). Mój udział procentowy to 60%.

4.3. Omówienie celu naukowego ww. pracy/prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

4.3.1. Omówienie celu naukowego prowadzonych badań

W ciągu ostatnich dziesięcioleci utrzymanie ruchu uważane było za działanie niepotrzebne w zarządzaniu organizacją, ponieważ było ograniczone do odpowiednich funkcji, które są zwykle wykonywane w sytuacjach nagłych, takich jak awaria maszyny. Taka praktyka nie jest już akceptowalna, ponieważ rola utrzymania ruchu została uznana za strategiczny element generowania przychodów dla organizacji. Obecnie utrzymanie ruchu jest uważane za kluczowy element mający wpływ na konkurencyjność przedsiębiorstwa. Wynika to z tego, że jego koszt stanowi główną część kosztów operacyjnych przedsiębiorstwa, a niespodziewana awaria systemu może mieć wpływ na jakość oferowanego produktu, dostępność maszyn i urządzeń, środowisko i operatora. Na zmianę postrzegania roli utrzymania ruchu w przedsiębiorstwie miało wpływ wdrożenie filozofii Lean Manufacturing, czyli zarządzania „szczipłą produkcją”. Obecnie filozofia ta jest najchętniej stosowaną koncepcją zarządzania w przedsiębiorstwach funkcjonujących w szybko zmieniających się warunkach oraz przy dużej konkurencji. Wiele organizacji rozpoczęło praktykę stosowania „szczipłych narzędzi” głównie w celu eliminacji strat w produkcji. Szybko jednak okazało się, że na występowanie strat (marnotrawstwa) w procesach produkcyjnych mają wpływ procesy pomocnicze, m.in. utrzymanie ruchu. Niektóre organizacje zaczęły praktykować wdrożenie metod i narzędzi Lean w obszarze utrzymania ruchu definiowanych jako koncepcja Lean Maintenance.

Większość przedsiębiorstw z kapitałem zagranicznym poradziła sobie z organizacją efektywnego utrzymania ruchu. Małe i średnie przedsiębiorstwa nadal jednak poszukują odpowiedniej metody na jego reorganizację, jak również odpowiedniego sposobu nadzorowania maszyn i urządzeń technologicznych pozwalającego na podnoszenie jego efektywności i wykorzystania w procesie produkcyjnym. Stało się to przedmiotem moich badań.

Głównym celem prowadzonych przeze mnie badań była identyfikacja problemów występujących w przedsiębiorstwach w zakresie doskonalenia utrzymania ruchu oraz poszukiwania możliwości ich rozwiązania z wykorzystaniem metod naukowych. Prowadzone przez mnie badania realizowane były w następujących obszarach:

1. Modelowanie, ocena i doskonalenie koncepcji Lean Maintenance.
2. Modele empiryczne w kategoryzacji maszyn i części zamiennych na potrzeby ustalania priorytetów działań utrzymania ruchu.
3. Ocena kompetencji pracowników utrzymania ruchu.
4. Wskaźnikowa ocena efektywności funkcjonowania utrzymania ruchu.
5. Identyfikacja i priorytetyzacja działań w zakresie utrzymania ruchu.

Rezultaty zrealizowanych projektów, a także efekty obserwacji i doświadczeń dotyczących współpracy z przemysłem w zakresie utrzymania ruchu pozwoliły na wypracowywanie autorskich rozwiązań możliwych do zastosowania w rzeczywistych warunkach produkcyjnych, które przedstawiłam w opublikowanych przeze mnie pracach. Przedstawiony przeze mnie wykaz prac stanowi jedynie część publikacji obejmujących tematycznie tytuł osiągnięcia naukowego. Są to publikacje, które prezentują najistotniejszy wkład w dyscyplinę inżynieria produkcji.

4.3.2. Syntetyczne wyniki badań i najważniejsze elementy wymienionych publikacji

1. Modelowanie, ocena i doskonalenia koncepcji Lean Maintenance

Problemem badawczym, który rozpatrywałam w monografii *Metodyka modelowania, oceny i doskonalenia koncepcji Lean Maintenance* [ON1] był niewystarczający sposób oceny stopnia wdrożenia strategii eksploatacyjnych wykorzystywanych w utrzymaniu ruchu. Problem ten przekłada się nie tylko na możliwość osiągnięcia wysokiej efektywności eksploatowanych maszyn i urządzeń, ale przede wszystkim na realizację procesu decyzyjnego i kształtowanie polityki eksploatacyjnej przedsiębiorstwa. W ramach monografii opracowano i dokonano walidacji metodyki oceny strategii eksploatacyjnych, ze szczególnym uwzględnieniem koncepcji Lean Maintenance. Szczegółowy przegląd literatury (rozdział drugi monografii), rezultaty zrealizowanych projektów, a także wyniki obserwacji i doświadczeń dotyczących współpracy z przemysłem pozwoliły sformułować następujące wnioski:

1. W prowadzonych dotychczas badaniach ograniczano się do identyfikowania bądź wskazywania strategii eksploatacji.
2. Znane strategie eksploatacji wskazują działania, które w ich zakresie należy realizować. Rzeczywistość może jednak wyglądać inaczej. Trudno jest dotrzeć do badań wskazujących, jakie działania są w rzeczywistości realizowane przez przedsiębiorstwa.
3. Ciągłe istnieje potrzeba realizacji prac związanych zarówno z rozwojem strategii eksploatacji, jak i rozpowszechnianiem wiedzy o istniejących i stosowanych strategiach.
4. Istnieje potrzeba realizacji badań dotyczących związku stosowanej strategii eksploatacji z wykorzystywanymi miernikami oceny efektywności parku maszynowego w przedsiębiorstwach, uwzględniających zarówno rodzaj kapitału, wielkość, jak i typ realizowanej produkcji.
5. Istnieje potrzeba kompleksowej, porównawczej analizy dotyczącej rzeczywistych działań realizowanych w ramach wdrożenia i funkcjonowania TPM (ang. *Total Productive Maintenance*) w przedsiębiorstwach. Większość prowadzonych badań dotyczy głównie jednej firmy i jednego stanowiska pracy, raczej w formie studium przypadku.
6. Poszerzone badania wykorzystania narzędzi Lean Maintenance prowadzono w niewielkim zakresie. Dotyczyły one głównie porównania efektywności wdrożenia dla przedsiębiorstw w różnych regionach i branżach, w mniejszym stopniu przedsiębiorstwach różnej wielkości. Brak jest badań pozwalających na ocenę efektywności wdrożenia Lean Maintenance według takich kryteriów, jak typ produkcji, posiadany kapitał, rodzaj posiadanych maszyn.
7. Istnieją różne modele i podejścia do wdrożenia TPM. Jednak większość prowadzonych badań integruje TPM z modelami ciągłego doskonalenia, ponieważ związane z tym ryzyko jest minimalne w porównaniu z innymi modelami, które wymagają długich lub kosztownych przeglądów.
8. Istnieje potrzeba realizacji jednoznacznych, poszerzonych badań dotyczących identyfikacji czynników mających wpływ na działania realizowane w ramach wdrożenia Lean Maintenance oraz efektywności jej stosowania (uzyskiwanych wyników).

Aby zapełnić zaprezentowane luki badawcze, przeprowadziłam m.in. badania ankietowe w przedsiębiorstwach, których wyniki przedstawiłam w rozdziale trzecim monografii. Celem

badan było zgromadzenie informacji dotyczących systemów zarządzania infrastrukturą techniczną w przedsiębiorstwach, ze szczególnym uwzględnieniem metod i narzędzi koncepcji Lean Maintenance oraz możliwości identyfikacji czynników mających wpływ na efektywność ich stosowania. Przedstawione badania zrealizowałam w 150 przedsiębiorstwach produkcyjnych województwa podkarpackiego w dwóch etapach: etap I – lata 2010–2014 oraz etap II w latach 2014–2017. Badane przedsiębiorstwa klasyfikowano według następujących kryteriów: wielkość organizacji, typ produkcji, branża, typ własności, kapitał, sytuacja firmy oraz rodzaj posiadanych maszyn. Wśród analizowanych przedsiębiorstw pojawiły się takie, które realizowały kilka typów produkcji lub funkcjonowały w kilku branżach.

Na podstawie przeprowadzonych badań w przedsiębiorstwach województwa podkarpackiego i ich wyników zamieszczonych w podrozdziałach 3.2.1, 3.2.2 oraz 3.2.3 monografii w zakresie: identyfikacji sposobów zarządzania infrastrukturą techniczną, działań podejmowanych w ramach wdrażania Lean Maintenance w przedsiębiorstwach oraz ocen efektywności stosowanych sposobów zarządzania infrastrukturą techniczną przedsiębiorstw pozwoliły wysunąć następujące wnioski:

1. W przedsiębiorstwach najczęściej wykorzystywana jest strategia PM (ang. *Preventive Maintenance*); strategia ta stosowana jest najczęściej do maszyn numerycznych, jak również konwencjonalnych,
2. Znacząco maleje stosowanie strategii CBM (ang. *Condition Based Maintenance*) względem posiadanych rodzajów maszyn.
3. Strategia zarządzania infrastrukturą techniczną w dużych przedsiębiorstwach nie zmieniła się znacząco w zakresie stosowania strategii CM (ang. *Corrective Maintenance*) i PM (ang. *Preventive Maintenance*).
4. Wśród analizowanych przedsiębiorstw działania w zakresie nadzoru maszyn są najczęściej są realizowane przez przedsiębiorstwa samodzielnie. Można jednak zauważyć, że coraz więcej przedsiębiorstw decyduje się zlecać je firmom zewnętrznym.
5. Przedsiębiorstwa widzą potrzebę rejestrowania danych o maszynach; w analizowanych przedsiębiorstwach zbierane są różne rodzaje informacji dotyczących maszyn. Dane te zbierane są dla stanowisk roboczych, jak również linii czy wydziałów produkcyjnych. Osobami najczęściej odpowiedzialnymi z zabieranie informacji są: pracownik utrzymania ruchu, mistrz i operator na stanowisku pracy.
6. Wszystkie przeanalizowane przedsiębiorstwa podejmują działania, których celem jest minimalizacja nieprzewidzianych przestojów maszyn. Prezentowane wyniki wykazały, że w przypadku dużych przedsiębiorstw rodzaj tych działań na przestrzeni kilku lat praktycznie się nie zmienił.
7. Analizowane przedsiębiorstwa identyfikują różne rodzaje marnotrawstwa w procesie zarządzania infrastrukturą techniczną. W celu eliminacji marnotrawstwa coraz więcej przedsiębiorstw wdraża filozofię Lean Maintenance.
8. Firmy, które zidentyfikowały rodzaje marnotrawstw, takie jak awarie maszyn oraz długie czasy przezbrojeń, planuje wdrożyć lub wdrożyło różne metody i narzędzi Lean związane z eksploatacją maszyn oraz doskonaleniem organizacji stanowisk pracy.
9. Coraz mniej przedsiębiorstw wdraża metodę TPM. Z wdrażania metody TPM najczęściej rezygnują średniej wielkości przedsiębiorstwa. Wyniki pokazują, że jeżeli średniej wielkości przedsiębiorstwo decyduje się wdrożyć metodę TPM, to realizuje to

głównie tylko na wybranych liniach produkcyjnych. Małe i duże przedsiębiorstwa wdrażają TPM głównie na określonych maszynach. Coraz częściej rezygnuje się z wdrażania TPM na maszynach konwencjonalnych.

10. Prowadzone badania potwierdziły, że najwięcej firm zdecydowało się na wdrożenie TPM ze względu na wysoką awaryjność maszyn i że system TPM najczęściej wdrażany jest na wszystkich maszynach, gdy średni czas naprawy mieści się w granicach od 1 do 8 godzin.
11. Przedsiębiorstwa realizują różne działania w ramach wdrażania metody TPM. Przedstawione wyniki wykazały, że w dużych przedsiębiorstwach rodzaj działań w zakresie wdrożenia tej metody praktycznie się nie zmienił. Średniej wielkości przedsiębiorstwa nieznacznie zintensyfikowały działania w zakresie: opracowywania harmonogramu remontów oraz szkoleń wybranych pracowników. Znacząco zmieniła się natomiast sytuacja w przypadku małych i mikro przedsiębiorstw. Działania te nie zmieniły się w przypadku różnych rodzajów maszyn.
12. W przedsiębiorstwach w proces wdrażania TPM zaangażowanych jest wielu pracowników na różnych stanowiskach.
13. Zmniejsza się liczba przedsiębiorstw dokonujących kategoryzacji maszyn oraz kategoryzacji części zamiennych.
14. Najczęstsze problemy, jakie pojawiły się podczas wdrażania TPM, to brak kompetentnych osób do usuwania nieprawidłowości na maszynach oraz brak zaangażowania najwyższego kierownictwa w działania związane z TPM.
15. Przedsiębiorstwa coraz chętniej wdrażają metodę 5S. Jednocześnie coraz mniej firm deklaruje, że wdrożyło 5S w całym przedsiębiorstwie. Zauważają korzyści z wdrożenia tej metody 5S, a jej efektywność oceniają głównie przez audyty 5S.
16. Wyniki pokazują, że znajomość i stosowanie metody SMED (ang. Single Minute Exchange of Die) w ciągu ostatnich kilku lat znacząco się nie zmieniły. SMED najczęściej wdrażają małe i mikro przedsiębiorstwa. Natomiast tylko wśród dużych firm były takie firmy, które analizowały wszystkie przebrojenia. Przedsiębiorstwa najczęściej oceniają efektywność metody SMED przez skrócenie czasu trwania przebrojenia.
17. Większość analizowanych przedsiębiorstw ciągle nie stosuje wskaźnika OEE (ang. Overall Equipment Effectiveness). Wskaźnik ten najrzadziej stosowany jest w średniej wielkości przedsiębiorstwach. Najczęściej korzystają z niego przedsiębiorstwa, w których realizowana jest produkcja jednostkowa, oraz w przedsiębiorstwach z branży lotniczej, obróbce metali oraz motoryzacji. Najniższe wartości wskaźnika OEE poniżej 30% uzyskiwane są w małych przedsiębiorstwach dla maszyn określonych jako „inne”, w branży obróbki metali oraz przedsiębiorstw z kapitałem polskim.
18. W większości firm znacząco nie zmienił się poziom zatrudnienia służb utrzymania ruchu (SUR) ze względu na wdrożenie Lean Maintenance. Jedynie w przedsiębiorstwach dużych oraz dla posiadających w większości maszyny numeryczne poziom zatrudnienia pracowników SUR zmniejszył się.

19. Największe korzyści z wdrożenia narzędzi Lean Maintenance osiągnęły duże przedsiębiorstwa. W większości analizowanych obszarów osiągnęły one większe korzyści od spodziewanych.

Ponadto analiza statystyczna uzyskanych wyników badań pozwoliła na identyfikację czynników wpływających na efektywność wdrożenia Lean Maintenance (podrozdział 3.2.4 monografii). Na podstawie przeprowadzonych badań wysunęłam następujące wnioski:

1. Czynnikiem mającym wpływ na stosowanie metod i narzędzi Lean Maintenance są: wielkość przedsiębiorstwa, branża oraz posiadany kapitał.
2. Czynnikiem mającym wpływ na wdrażanie metody SMED są: sytuacja firmy, stosowany rodzaj i sposób nadzoru oraz typu posiadanych maszyn.
3. Czynnikiem mającym wpływ na wdrażanie metody 5S są sytuacja firmy oraz stosowany rodzaj nadzoru.
4. Głównym czynnikiem wpływającym na wdrażanie metody TPM jest rodzaj posiadanych maszyn.
5. Działania realizowane w ramach wdrożenia metody TPM zależy od typu własności oraz sytuacji przedsiębiorstwa.
6. Kategoryzacja maszyn i części zamiennych realizowana w ramach TPM zależy od: wielkości przedsiębiorstwa, kapitału, rodzaju posiadanych maszyn przez przedsiębiorstwa oraz rodzaju nadzoru.
7. Skrócenie czasu przebrojeń (SCP) zależy od typu przedsiębiorstwa.
8. Wartość wskaźnika OEE zależy od typu własności, branży przedsiębiorstwa oraz średniego czasu naprawy.
9. Zmniejszenie liczby nieplanowanych przestojów (NP) zależy od: wdrażania metody SMED oraz rodzaju posiadanych maszyn.
10. Zmniejszenie liczby awarii (LA) zależy od średniego czasu naprawy.

Przeprowadzone badania pozwoliły mi zidentyfikować czynniki mające wpływ na osiągnięte rezultaty po wdrożeniu Lean Maintenance w przedsiębiorstwach. Zauważyć należy, że badania często wykazały, że pojedyncze czynniki nie mają znaczącego wpływu na badane obszary, jednak ich interakcja z innymi czynnikami może mieć już istotny wpływ na analizowany obszar. Problem polega na tym, że analizowanie procesu o tylu zmiennych jest bardzo trudne. W związku z tym zaproponowałam koncepcję wykorzystania metody budowy i analizy drzew decyzyjnych na potrzeby klasyfikacji zmiennych decyzyjnych oraz teorię zbiorów przybliżonych na potrzeby ilościowej interpretacji stopnia wykorzystania koncepcji Lean Maintenance.

Drzewa decyzyjne (klasyfikacyjne) (rozdział czwarty monografii) opracowałam dla trzech zmiennych decyzyjnych: zmniejszenie liczby awarii (ZLA), zmniejszenie liczby nieplanowanych przestojów (ZLNP) oraz średniej wartości wskaźnika OEE (WOEE) po wdrożeniu koncepcji Lean Maintenance. Drzewa klasyfikacyjne opracowałam dla przedsiębiorstw, które analizowały dany wskaźnik i wdrażały metodę TPM. Drzewo klasyfikacyjne dla zmiennej zależnej – zmniejszenie liczby awarii po TPM opracowałam dla 45, dla zmiennej zależnej – zmniejszenie liczby nieplanowanych przestojów po TPM dla 46, natomiast dla zmiennej zależnej – średnia wartość wskaźnika OEE dla 24 z badanej próby przedsiębiorstw. Opracowane klasyfikatory pozwoliły na wygenerowanie zbioru reguł decyzyjnych, które mogą być podstawą do określenia kierunków oraz efektów wdrażania

koncepcji Lean Maintenance w przedsiębiorstwach produkcyjnych (podrozdział 4.3 monografii). Wygenerowałam łącznie 62 reguły, przy czym 13 z nich dla klasyfikatora przewidującego wartość zmiennej „Wartość wskaźnika OEE”. 16 reguł służy do wnioskowania o wartości zmiennej „Zmniejszenie liczby nieplanowanych przestojów”, a pozostałe 33 reguły dotyczą zmiennej „Zmniejszenie liczby awarii”. Do oceny jakości wygenerowanych reguł decyzyjnych przeprowadziłam ich walidację (podrozdział 4.4 monografii). Celem przeprowadzonej walidacji było potwierdzenie w sposób udokumentowany i zgodny z założeniami, że wygenerowane reguły decyzyjne rzeczywiście prowadzą do zaplanowanych wyników. Ocenę opracowanych reguł decyzyjnych przeprowadziłam w następujących etapach: ponowne przeprowadzanie badań ankietowych w 20 losowo wybranych przedsiębiorstwach, opracowanie systemu ekspertowego na podstawie wygenerowanych reguł decyzyjnych (w ramach szkieletowego programu Pc-Shell pakietu Aitech Sphinx), wykorzystanie uzyskanych wyników badań ankietowych do badania ogólnej zdolności klasyfikacyjnej wygenerowanych reguł decyzyjnych za pomocą opracowanego systemu ekspertowego oraz ocena jakościowa uzyskanych wyników przy użyciu miar jakości klasyfikacji. Analiza jakościowa polegała na sporządzeniu binarnych macierzy pomyłek dla każdego klasyfikatora, dla klas najczęściej występujących w przeprowadzonych badaniach. W opracowanych macierzach binarnych analizowana w danym momencie klasa traktowana była jako pozytywna (wyróżniona), natomiast pozostałe klasy tworzyły razem klasę negatywną (niewyróżnioną).

Uzyskane wartości wskaźników do oceny miar klasyfikacji m.in. błędu Err na poziomie 0,00 do 0,25 oraz Acc (dokładność) na poziomie 0,75 do 1,00 potwierdziły wysoką przydatność opracowanych klasyfikatorów, a tym samym ich możliwość do stosowania w praktyce przez przedsiębiorstwa produkcyjne do oceny efektywności wdrożenia metod i narzędzi Lean Maintenance.

Teorię zbiorów przybliżonych (rozdział piąty monografii) zastosowano do oceny stopnia wykorzystania koncepcji Lean Maintenance. Przeprowadzone i opisane w tym rozdziale badania opierają się na tych samych zbiorach danych wejściowych, jakie były wykorzystane w rozdzialeczwartym. Jednak zaproponowano sposób zwiększenia dokładności uzyskiwanych ocen przez uwzględnienie danych niepełnych, które w rozpatrywanym organizacyjno-technicznym obszarze działalności większości przedsiębiorstw występują bardzo często. Skorzystanie z teorii zbiorów przybliżonych pozwoliło na rozszerzenie puli rozpatrywanych przedsiębiorstw, co zwiększyło zakres danych użytych do obliczeń i procesu wnioskowania. Przykładowo, generując reguły decyzyjne dla zmiennej objaśnianej „Średnia wartość OEE” za pomocą drzewa decyzyjnego wzięto pod uwagę 24 przedsiębiorstwa, natomiast skorzystanie z teorii zbiorów przybliżonych pozwoliło na rozszerzenie puli rozpatrywanych przedsiębiorstw do 34. Dodatkowe 10 przedsiębiorstw opisane było zestawem zmiennych, z których co najmniej jedna zmienna nie ma przypisanej wartości w wyniku braku odpowiedzi na pytanie w ankiecie. Teoria zbiorów przybliżonych korzysta z tablic decyzyjnych zawierających większą liczbę obiektów, a przez to rozpatruje większą ilość danych podczas generowania reguł. Pozwoliło to na odkrycie nowych zależności pomiędzy zmiennymi objaśniającymi a objaśnianymi, których nie wykryto przy użyciu drzew decyzyjnych.

Wygenerowano reguły decyzyjne w oparciu o zaproponowany algorytm LEM2 (ang. *Learning from Examples Module*, wersja 2), z użyciem oprogramowania RSES oraz dokonano oceny ich prawidłowości. Ocenę tych reguł decyzyjnych przeprowadzono w następujących

etapach: wygenerowanie tablicy decyzyjnej i macierzy pomyłek, opracowanie systemu ekspertowego na podstawie wygenerowanych reguł decyzyjnych, wykorzystanie uzyskanych wyników badań ankietowych do badania ogólnej zdolności klasyfikacyjnej, zastosowanie uzyskanych wyników badań ankietowych do badania ogólnej zdolności klasyfikacyjnej wygenerowanych reguł decyzyjnych z wykorzystaniem opracowanego systemu ekspertowego oraz ocena jakościowa uzyskanych wyników za pomocą miar jakości klasyfikacji.

Uzyskane wartości wskaźników do badania jakości klasyfikatorów, m.in. błędu Err na poziomie 0,00 do 0,20 oraz Acc na poziomie 0,80 do 1,00, potwierdziły wysoką przydatność reguł decyzyjnych wygenerowanych za pomocą zbiorów przybliżonych, a tym samym ich przydatność do stosowania w praktyce przez przedsiębiorstwa produkcyjne do oceny efektywności koncepcji Lean Maintenance. W tabeli przedstawiłam porównanie uzyskanych wartości wskaźników do badania jakości klasyfikatorów dla modeli otrzymanych z wykorzystaniem drzew decyzyjnych (DD) oraz teorii zbiorów przybliżonych (TZP).

Tabela 1. Porównanie uzyskanych wartości wskaźników do badania jakości klasyfikatorów dla modeli otrzymanych z wykorzystaniem drzew decyzyjnych (DD) oraz teorii zbiorów przybliżonych (TZP)

Wskaźniki	Klasyfikator											
	zmniejszenie liczby nieplanowanych przestojów (ZLNP)				zmniejszenie liczby awarii (ZLA)				wartość wskaźnika OEE (WOEE)			
	Klasa wyróżniona											
	I		II		I		II		I		II	
10-30%		30-50%		10-30%		30-50%		30-50%		70-85%		
DD	TZP	DD	TZP	DD	TZP	DD	TZP	DD	TZP	DD	TZP	
Acc	0,90	0,91	0,95	1,00	0,80	0,85	0,75	0,80	1,00	0,90	0,85	0,90
TPR	1,00	1,00	0,89	1,00	0,67	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	0,83	1,00
TNR	0,85	0,75	1,00	1,00	0,91	0,90	0,62	0,71	1,00	0,88	0,86	0,86
PPV	0,78	0,88	1,00	1,00	0,86	0,89	0,58	0,60	1,00	0,60	0,71	0,75
NPV	1,00	1,00	0,92	1,00	0,77	0,82	1,00	1,00	1,00	1,00	0,92	1,00
MCC	0,81	0,81	0,90	1,00	0,60	0,70	0,60	0,65	1,00	0,73	0,66	0,80
F1	0,88	0,93	0,94	1,00	0,75	0,84	0,74	0,75	1,00	0,75	0,77	0,86
J	0,85	0,75	0,89	1,00	0,58	0,70	0,62	0,71	1,00	0,88	0,69	0,86
Err	0,10	0,09	0,05	0,00	0,20	0,15	0,25	0,20	0,00	0,10	0,15	0,10
FPR	1,00	1,00	0,00	0,00	0,23	0,33	1,00	1,00	0,00	1,00	0,67	1,00
FDR	0,22	0,13	0,00	0,00	0,14	0,11	0,42	0,40	0,00	0,40	0,29	0,25
FNR	0,00	0,00	0,11	0,00	0,33	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00

Zielonym kolorem zaznaczyłam te wartości wskaźników, które uzyskiwały korzystniejsze wartości, a żółtym te wartości, które były identyczne. Analizując przedstawione wyniki, należy zauważyć, że modele wygenerowane z wykorzystaniem teorii zbiorów przybliżonych uzyskały znacznie lepsze rezultaty niż w drzewach decyzyjnych. Reguły decyzyjne wykazały jedynie lepsze wartości wszystkich wskaźników w klasyfikatorze WOEE dla klasy 30–50%. W 14 przypadkach wartości uzyskanych wskaźników były zgodne. Uzyskane wyniki potwierdzają możliwość wykorzystania drzew decyzyjnych i teorii zbiorów przybliżonych do modelowania i oceny Lean Maintenance.

Pozytywne wyniki uzyskane podczas realizacji opisanych prac badawczych skłaniają do kontynuacji działań w tych obszarach. W szczególności powinny być to:

1. Badania dotyczące oceny efektywności stosowania innych metod i narzędzi zalecanych w literaturze w zakresie wdrażania koncepcji Lean Maintenance.
2. Możliwość poszerzenia funkcjonalności opracowanej aplikacji komputerowej dzięki wygenerowaniu dodatkowych reguł decyzyjnych na podstawie wyników badań zrealizowanych w pkt 1.
3. Zastosowanie innych metod eksploracji danych do wygenerowania reguł decyzyjnych i porównania ich jakości klasyfikowania z już opracowanymi.
4. Badania nad możliwością prognozowania efektywności koncepcji Lean Maintenance.

2. Modele empiryczne w kategoryzacji maszyn i części zamiennych na potrzeby ustalania priorytetów działań utrzymania ruchu

Zastosowanie właściwych modeli w kategoryzacji maszyn i części zamiennych ma wpływ na identyfikację krytycznych maszyn w procesie produkcyjnym, co pozwoli na odpowiednie planowanie działań utrzymania ruchu oraz identyfikację krytycznych części zamiennych, co znacząco wpłynie na efektywność realizacji procesu usuwania awarii oraz procesu ich zakupu i magazynowania. Wyniki badań przedstawione w pracy *Metodyka modelowania, oceny i doskonalenia koncepcji Lean Maintenance* [ON1] pokazują, że przedsiębiorstwa stosują różne modele kategoryzacji maszyn i części zamiennych. Dlatego w prowadzonych przez mnie badaniach przeanalizowałam dostępne modele kategoryzacji maszyn i części zamiennych, oceniłam ich słabe i mocne strony, a także opracowałam nowe metody oceny, które znacząco wspomogą proces planowania działań utrzymania ruchu oraz proces zarządzania częściami zamiennymi.

W pracy *Development of an empirical formula for machine classification: Prioritization of maintenance tasks* [ON3] dokonałam analizy modeli kategoryzacji maszyn stosowanych w dwóch przedsiębiorstwach, oceniłam ich mocne i słabe strony, co przyczyniło się do opracowania uogólnionego modelu kategoryzacji maszyn wykorzystującego zmienione kryteria oceny maszyn. Analizę przydatności modeli empirycznych stosowanych w przedsiębiorstwach do kategoryzacji maszyn kontynuowałam w pracy *Machinery Classification and Prioritization. Empirical Models and AHP Based Approach for Effective Preventive Maintenance* [ON8]. W pierwszym etapie analiza dotyczyła oceny modeli kategoryzacji maszyn wykorzystywanych w różnych obszarach procesu produkcyjnego. Analiza stosowanych modeli wykazała brak jednoznacznych kryteriów oceny, co miało znaczący wpływ na brak możliwości ustandaryzowania działań prewencyjnych dla maszyn krytycznych. Wyniki analiz były podstawą do opracowania przez mnie nowego modelu kategoryzacji. Opracowany model został zweryfikowany w warunkach produkcyjnych. Walidacja modelu zidentyfikowała kolejny problem badawczy: Jak zapewnić właściwą realizację działań prewencyjnych w przypadku, gdy przedsiębiorstwo posiada bardzo dużą liczbę maszyn krytycznych przy niskich zasobach (mała liczba pracowników utrzymania ruchu)? W związku z tym konieczne było opracowanie metodyki w celu dalszego nadania priorytetu maszynom. Opracowana przez mnie metodyka opiera się na:

- odpowiednim pogrupowaniu maszyn, tworząc „rodziny maszyn” według ich typu oraz przyjmując ich stopień podobieństwa przez zastosowanie koncepcji technologii grupowej,

- wykorzystaniu wielokryterialnej metody hierarchicznej analizy problemów decyzyjnych (AHP) do dalszej priorytetyzacji każdego typu maszyn.

Zaproponowana metodyka została wdrożona w rzeczywistych warunkach produkcyjnych. W celu walidacji tej metodyki opracowałam ogólny model hierarchiczny, a następnie wykorzystałam metodę AHP bazującą na opracowanym przeze mnie modelu hierarchicznym opartym na wybranym typie maszyn, co pozwoliło na ustalenie priorytetów niezbędnych działań obsługi prewencyjnej.

Podstawowym zadaniem procesu zarządzania częściami zamiennymi jest zapewnienie dostępności odpowiedniego rodzaju części zamiennej do realizacji działań związanych z utrzymaniem infrastruktury technicznej przedsiębiorstwa. Od tego, czy w momencie wystąpienia awarii na maszynie mamy natychmiastową dostępność części zamiennej zależy czas usuwania awarii, a tym samym czas wyłączenia maszyny z procesu produkcyjnego. Aby móc właściwie określić zadania w procesie zarządzania częściami zamiennymi, ważne jest ich adekwatne dostosowanie do ważności części z punktu realizacji zadań utrzymania ruchu. Właściwą identyfikację ważności części zamiennej ułatwi nam odpowiedni model kategoryzacji części zamiennych. W literaturze przedmiotu dostępnych jest wiele modeli kategoryzacji części zamiennych, wiele z nich uwzględnia przede wszystkim kryteria oceny części zamiennych z obszaru logistyki. Aby właściwie realizować proces zarządzania częściami zamiennymi, należy dokonać kategoryzacji części zamiennych nie tylko uwzględniając kryteria z obszaru logistyki, ale przede wszystkim z obszaru utrzymania maszyn – procesu usuwania awarii.

Na podstawie identyfikacji słabych i mocnych strony poszczególnych dostępnych modeli kategoryzacji części zamiennych zaproponowałam autorski model kategoryzacji części zamiennych, który przedstawiłam w pracy *Classification of spare parts as the element of a proper realization of the machine maintenance process and logistics – case study* [ON10]. Podstawowym celem opracowanego modelu jest identyfikacja krytycznych części zamiennych zarówno z punktu widzenia utrzymania maszyn, jak i logistyki. Model przez dobór odpowiednich obszarów, kryteriów pozwala jednoznacznie określić krytyczność części zamiennych, ze zwróceniem szczególnej uwagi na jej wpływ na efektywność realizacji procesu usuwania awarii oraz procesu zakupu i magazynowania. Zaproponowany model to punktowa ocena według ustalonych kryteriów. W obszarze utrzymania maszyn zaproponowałam następujące kryteria: kategoria maszyny (C_m), czas wymiany części zamiennej (E_t), złożoność procesu wymiany (C_{ep}), rodzaj awarii (F_t), częstotliwość awarii (F_f), kwalifikacje pracownika wymagane do wymiany części (E_q). Każdemu kryterium nadano cechy oraz liczbę punktów, która powinna być przyznana przy spełnieniu danych warunków. W obszarze logistyki zaproponowano następujące kryteria: koszt części zamiennej (C_p), czas dostawy (L_t), magazynowanie (P_s), liczba potencjalnych dostawców (S_n). Wynikiem oceny części zamiennej jest wyznaczenie wartości wskaźników PC_m oraz PC_1 , których wartość pozwala na określenie kategorii części zamiennej w obszarze utrzymania i logistyki. Należy wyznaczyć wartość wskaźników PC_m oraz PC_1 z zależności:

$$PC_m = w_1C_m + w_2E_t + w_3C_{ep} + w_4F_t + w_5F_f + w_6E_q \quad (1)$$

$$PC_1 = w_1C_p + w_2L_t + w_3P_s + w_4S_n \quad (2)$$

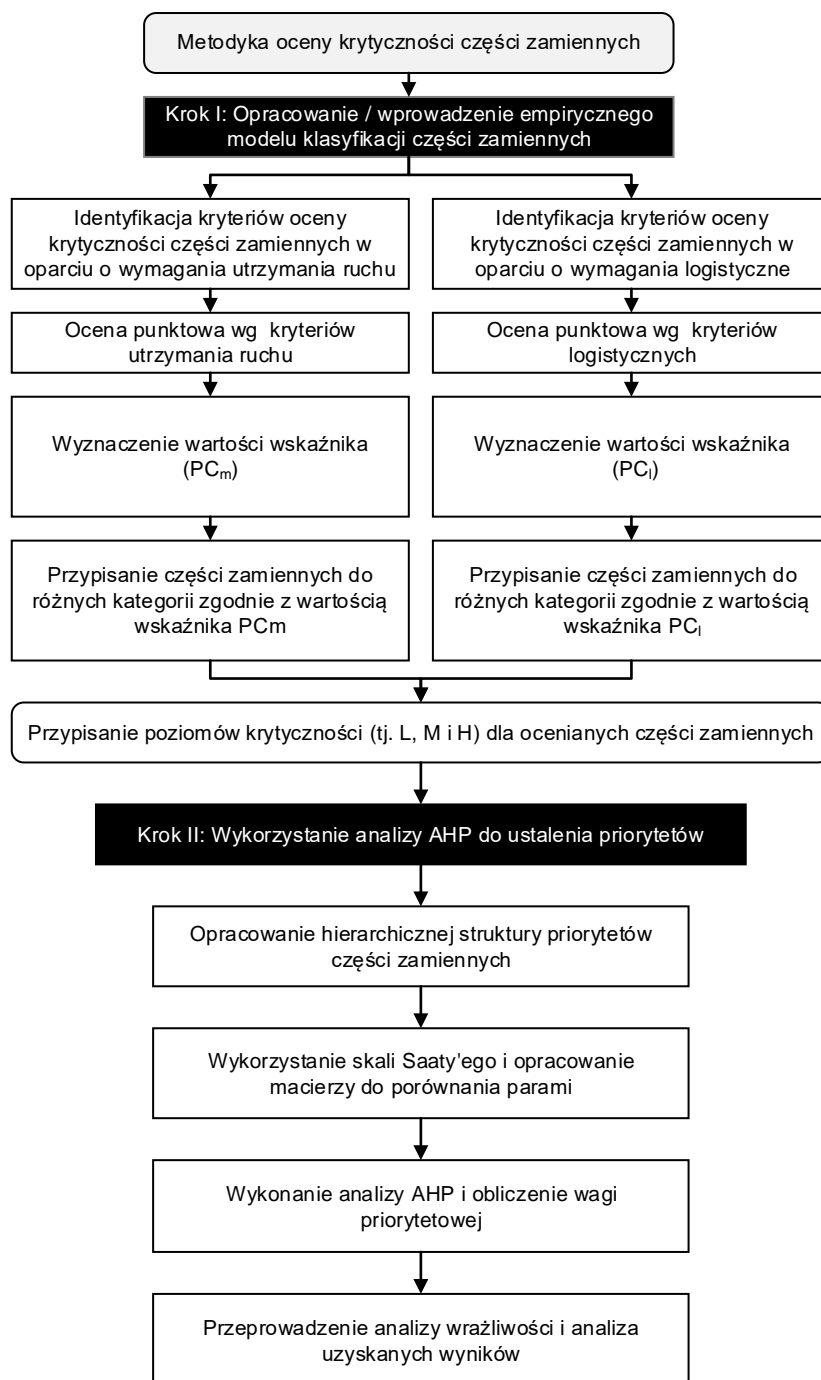
Oznaczenie kategorii części zamiennej w danym obszarze pozwala na ostateczną ocenę jej ostatecznej krytyczności, a tym samym identyfikację działań związanych z optymalnym procesem zarządzania częściami zamiennymi (tab. 2.).

Tabela 2. Krytyczność części i zalecane działania

Utrzymanie ruchu	Logistyka	Kategoria	Krytyczność	Strategia	Zalecane działania
A	A	AA	Część krytyczna (H)	Obowiązkowa dostępność na magazynie	Wymagany szczególny nadzór nad dostępnością i jakością części, Kanban
A	B	AB			
A	C	AC			
B	A	BA			
B	B	BB	Część pożądana (M)	Zalecana dostępność na magazynie w miarę możliwości finansowych i magazynowych firmy	Wymagany nadzór na dostępnością i jakością części, Kanban
B	C	BC			
C	B	CB			
C	A	CA	Części pozostałe (L)	Niewymagana dostępność na magazynie, zakup w momencie powstania zapotrzebowania	
C	C	CC		Przechowywanie na magazynie na podstawie decyzji podjętej przez przedsiębiorstwo	

Proponowany model jest łatwy do zastosowania w rzeczywistych warunkach produkcyjnych. Nie wymaga dodatkowych nakładów organizacyjnych i finansowych. Model został zweryfikowany w rzeczywistych warunkach produkcyjnych, a wyniki walidacji przedstawiono w pracy.

Walidacja opracowanego modelu oceny krytyczności części zamiennych zidentyfikowała kolejny problem badawczy: Jak zapewnić właściwy proces zakupu i magazynowania w przypadku, gdy przedsiębiorstwo posiada bardzo dużą liczbę części krytycznych przy niskich zasobach finansowych (niskie zasoby środków finansowych na zakup części) i organizacyjnych (brak możliwości magazynowania dużej liczby części)? Konieczne było opracowanie metodyki w celu dalszego nadania priorytetu częściom zamiennym. Opracowana przeze mnie metodyka priorytetyzacji części zamiennych przedstawiona została w pracy *Spare parts' criticality assessment and prioritization for enhancing manufacturing systems' availability and reliability [ON2]*. Opracowana metodyka obejmuje dwa kroki: I – opracowanie/wprowadzenie empirycznego modelu klasyfikacji części zamiennych, II – wykorzystanie metody AHP do ustalenia priorytetów (rys.1.).



Rys. 1. Metodyka oceny krytyczności części zamiennych

Głównym celem kroku I jest identyfikacja krytyczności części zamiennych. Składa się z następujących etapów: identyfikacja kryteriów oceny krytyczności części zamiennych zgodnie z wymaganiami utrzymania ruchu, identyfikacja kryteriów oceny krytyczności części zamiennych zgodnie z wymaganiami logistycznymi, ocena punktowa oparta na wymaganiach dotyczących utrzymania ruchu, ocena punktowa zgodnie z wymaganiami logistycznymi, ocena części zamiennych zgodnie z kryteriami utrzymania (wyznaczenie wartości wskaźnika PC_m), ocena części zamiennych zgodnie z kryteriami utrzymania (wyznaczenie wartości wskaźnika PC_l), przypisanie części zamiennych do określonej kategorii, identyfikacja krytyczności części zamiennych. Krok II to wykorzystanie wielokryterialnej metody hierarchicznej analizy problemów decyzyjnych (AHP) do dalszej priorytetyzacji części zamiennych.

Opracowana metodyka pozwala przeprowadzić analizę części zamiennych opartą na ryzyku na poziomie makro, a następnie na przeprowadzenie dokładniejszej analizy na poziomie mikro z zastosowaniem metody AHP. Metoda ta stanowi podstawę do przeprowadzenia takiej analizy w sposób formalny przy użyciu zdefiniowanego schematu, tak aby włączyć kryteria i podkryteria do ustalania priorytetów części zamiennych. Opracowana metodyka umożliwia wizualizację ocen priorytetów części zamiennych wzdłuż hierarchii, ułatwiając interpretację całego zestawu kryteriów i podkryteriów wraz z potencjalnymi alternatywami. Metodyka ilustruje sposób wykorzystania analizy opartej na ryzyku i metodzie AHP do przeprowadzenia priorytetyzacji części zamiennych i ewentualnej analizy wrażliwości w celu oszacowania kompromisów. Ponadto analiza wydajności, gradientu i wrażliwości dwuwymiarowej stanowią alternatywną badania, w jaki sposób dokonuje się ostatecznego wyboru. Pozwala to zobaczyć, jak różne kryteria i podkryteria przyczyniają się do ostatecznych priorytetów. Proponowane podejście zapewnia przejrzystość ustalania priorytetów części zamiennych w odniesieniu do kryteriów i podkryteriów.

3. Ocena kompetencji pracowników utrzymania ruchu

Efektywność działań utrzymania ruchu w przedsiębiorstwie w dużej mierze zależy od zapewnienia odpowiednich zasobów do jego realizacji. Podstawowym czynnikiem, który ma wpływ na jakość realizacji tych działań są kompetentni pracownicy. Ich wiedza, umiejętności i zdolności reagowania na nieprzewidziane sytuacje w dużej mierze decydują o sprawności funkcjonowania posiadanej infrastruktury technicznej w przedsiębiorstwie. W świetle perspektyw rozwoju koncepcji Przemysł 4.0, a tym samym rozwoju wysoce zautomatyzowanych systemów wzrosnie zapotrzebowanie na wykwalifikowanych pracowników utrzymania ruchu. W związku z tym ważnym zadaniem menedżerów przedsiębiorstw jest zapewnienie właściwego poziomu kompetencji pracowników utrzymania ruchu przez ich odpowiednią ocenę i identyfikację luki kompetencyjnej, co w wielu przedsiębiorstwach nie jest realizowane. Dlatego w prowadzonych badaniach opracowałam kompleksową metodykę oceny kompetencji pracowników utrzymania ruchu. Wyniki zrealizowanych działań przedstawiono w pracy *Maintenance – identification and analysis of the competency gap* [ON4]. Pracę zrealizowano w dwóch etapach. W ramach pierwszego etapu przeprowadzono badania, które dotyczyły identyfikacji rzeczywistych działań realizowanych przez analizowane przedsiębiorstwa w zakresie oceny kompetencji pracowników służb utrzymania ruchu (SUR). Przeanalizowałam następujące zagadnienia: Czy firmy identyfikują potrzebne kompetencje pracowników UR? Czy dokonują oceny ich spełnienia przez pracowników UR? Czy podejmują działania w celu ich poszerzenia i uzupełnienia? Badania dotyczyły przedsiębiorstw produkcyjnych i przeprowadzono je na wyodrębnionym geograficznie obszarze (województwo podkarpackie). W ramach realizowanych badań analizie poddano obszary, które bezpośrednio wynikają z prawidłowo realizowanego procesu oceny kompetencji.

Pierwszy etap badań wykazał, że 55% analizowanych przedsiębiorstw określa kompetencje pracowników UR. Najwięcej, bo aż 83% kompetencje identyfikują przedsiębiorstwa średniej wielkości, najmniej małe, bo tylko w 27%. Kompetencje dla wszystkich pracowników identyfikuje 50% przedsiębiorstw średnich, 30% dużych i tylko 20% małych. Identyfikację

kompetencji dla wybranych pracowników realizują przedsiębiorstwa małe i duże – po 40%. Dla większości pracowników kompetencje najczęściej identyfikują przedsiębiorstwa średnie, potem duże i małe. Okresową ocenę kompetencji pracowników wśród analizowanych przedsiębiorstw realizuje aż 84%. Ocenę kompetencji realizują prawie wszystkie analizowane przedsiębiorstwa średnie, 90% dużych i tylko 30% małych przedsiębiorstw. Do analizy kompetencji najczęściej wykorzystywana jest macierz kompetencji (duże i średnie przedsiębiorstwa) oraz arkusz oceny pracownika z ustalonymi kryteriami oceny. Analiza taka realizowana jest corocznie lub co dwa lata. Około 75% firm po zrealizowanej ocenie podejmuje działania mające na celu poszerzenie i uzupełnienie kompetencji w postaci dodatkowych szkoleń. Są to zarówno szkolenia wewnętrzne prowadzone przez specjalistów przedsiębiorstwa i zewnętrzne prowadzone przez firmy szkoleniowe.

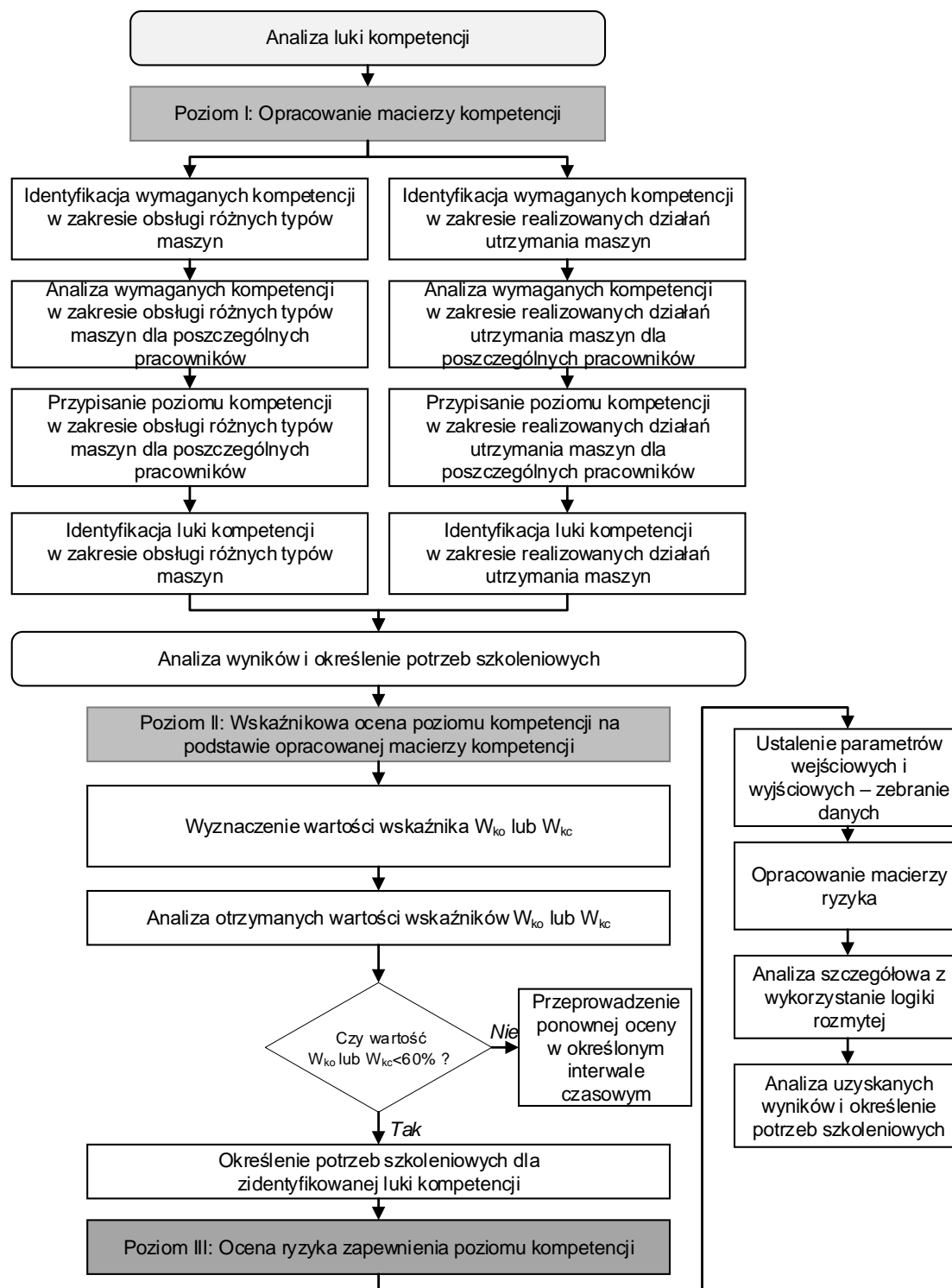
Przeprowadzone badania wskazały, że 45% przedsiębiorstw nie ocenia kompetencji swoich pracowników realizujących działania utrzymania ruchu. Brak oceny kompetencji znacznie utrudnia analizę i możliwości wykrywania tzw. braków kadrowych, czyli luk kompetencyjnych. Brak pracowników z odpowiednimi kompetencjami może wpływać na efektywność maszyn, która uzależniona jest m.in. od jakości realizowanych działań obsługowo-naprawczych. Z przeprowadzonych badań wynika również, że prawie połowa z przebadanych firm nie identyfikuje kompetencji pracowników utrzymania ruchu. Wyniki badań pokazują, że warto to zagadnienie badać i uświadamiać przedsiębiorstwom, jak ważne dla realizacji produkcji jest efektywność maszyn, co jest również efektem sprawnie funkcjonujących i kompetentnych służb utrzymania ruchu. Przedstawione badania wskazują, że sytuacja najgorzej przedstawia się w małych przedsiębiorstwach. Ponieważ warto, szczególnie tym małym przedsiębiorstwom, pokazać, w jaki sposób te kompetencje oceniać, w ramach etapu drugiego zaproponowałam metodykę oceny kompetencji pracowników służb utrzymania ruchu oraz dokonałam szczegółowej analizy i możliwości doskonalenia oceny kompetencji pracowników losowo wybranego przedsiębiorstwa z wykorzystaniem proponowanego modelu. Na rysunku 2. przedstawiono opracowaną metodykę oceny kompetencji pracowników. Metodyka składa się z trzech poziomów:

I – opracowanie macierzy kompetencji.

II – wskaźnikowa ocena poziomu kompetencji.

III – ocena ryzyka zapewnienia poziomu kompetencji.

Na każdym poziomie metodyka wykorzystuje inną, o zróżnicowanym stopniu skomplikowania metodę oceny kompetencji pracowników utrzymania ruchu, począwszy od metody najprostszej – macierzy kompetencji, metody wskaźnikowej do zastosowania logiki rozmytej. Rozwiązanie takie pozwoli kompleksowo połączyć metody już stosowane w tym obszarze oraz w ocenie kompetencji pracowników produkcyjnych, poszerzając o metody inteligentne, co stanowi jednoznaczne, spójne nowe rozwiązanie. Opracowany model umożliwi identyfikację aktualnego poziomu kompetencji pracowników, identyfikację luki kompetencyjnej, jak również umożliwi ocenę skutków niezapewnienia wymaganego poziomu kompetencji.



Rys. 2. Metodyka oceny kompetencji pracowników

Proponowana metodyka została zastosowana do analizy i możliwości doskonalenia oceny poziomu kompetencji pracowników utrzymania ruchu w przedsiębiorstwie.

4. Wskaźnikowa ocena efektywności funkcjonowania utrzymania ruchu

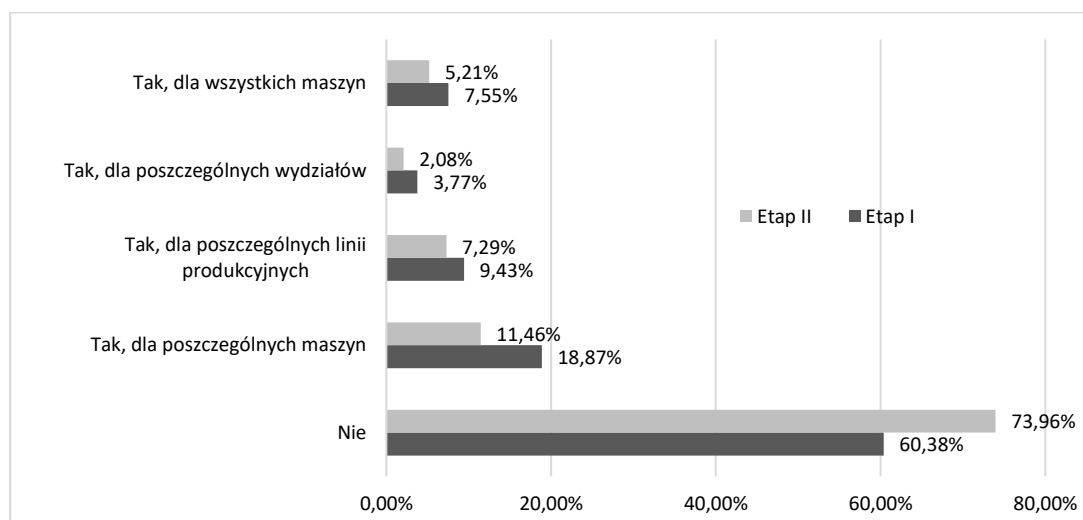
Kolejnym zagadnieniem interesującym z punktu widzenia doskonalenia funkcjonowania utrzymania ruchu jest możliwość oceny jego efektywności. Oceniając efektywność utrzymania ruchu, uwagę należy zwrócić na dwa zasadnicze aspekty: efektywność posiadanych maszyn oraz efektywność funkcjonowaniu służb utrzymania ruchu. Obydwa wymienione obszary były również przedmiotem prowadzonych przeze mnie badań.

Wyniki badań przedstawione w pracy *Metodyka modelowania, oceny i doskonalenia koncepcji Lean Maintenance* [ON1] oraz *Evaluation measures of machine operation effectiveness in large enterprises: study results* [ON6] pokazały, że przedsiębiorstwa stosują różnorodne wskaźniki do oceny funkcjonowania maszyn i służb utrzymania ruchu. Analizując rodzaj oraz sposób wykorzystywanych przez przedsiębiorstwa wskaźników, zaproponowałam zestaw dziewięciu wskaźników, które przedsiębiorstwa mogą stosować do oceny maszyn i funkcjonowania służb utrzymania ruchu. Wskaźniki podzielone zostały według następujących kryteriów: informacyjno-operacyjne, ekonomiczne, techniczno-eksploatacyjne oraz bezpieczeństwo. Dodatkowo wskazano rodzaj informacji potrzebnych do ich ustalenia oraz sposób ich wyznaczania. Proponowany zestaw wskaźników obejmuje te, które najczęściej wykorzystywały przedsiębiorstwa w przeprowadzonych badaniach, ale również te, które uznałam za przydatne i zasadne do stosowania.

Zaproponowane wskaźniki pozwolą na uzyskanie informacji, które będą podstawą do podejmowania działań na rzecz poprawy funkcjonowania maszyn. Efektem tego będzie poprawa jakości pracy maszyn oraz realizowanych działań utrzymania ruchu, obniżenie kosztów oraz poprawa bezpieczeństwa pracy.

Jednym ze wskaźników zalecanych w literaturze do oceny efektywności posiadanych maszyn i wdrożenia metody TPM (ang. *Total Productive Maintenance*) jest wskaźnik OEE (ang. *Overall Equipment Efficiency*). Jak jednak pokazują prowadzone badania, których wyniki przedstawiłam m.in. w pracach *Metodyka modelowania, oceny i doskonalenia koncepcji Lean Maintenance* [ON1], *Evaluation measures of machine operation effectiveness in large enterprises: study results* [ON6] nie zawsze jest on stosowany (rys. 3.).

Dwuetapowe badania prowadzone w latach: etap I – lata 2010–2014 oraz etap II w latach 2014–2017 na próbie badawczej 150 przedsiębiorstw wykazały, że większość analizowanych przedsiębiorstw ciągle nie stosuje wskaźnika OEE (etap I: 60,38%, etap II: 73,96%). Wskaźnik ten dla wszystkich maszyn stosuje zaledwie kilka procent przedsiębiorstw (etap I: 7,55%, etap II: 5,21%).



Rys. 3. Obliczanie wskaźnika OEE w przedsiębiorstwach

Przyczyny takiej sytuacji poszukiwano w pracy *Overall Equipment Effectiveness: Analysis of Different Ways of Calculations and Improvements* [ON11]. Przedstawione w pracy analizy dotyczące sposobów obliczania wskaźnika OEE według zalecanej w literaturze metody wykazały, że jej podstawową wadą jest to, że wszystkie elementy składowe wskaźnika OEE są traktowane na tym samym poziomie. Wskaźniki dotyczące jakości, dostępności i wydajności mają taki sam wpływ na ostateczną jego wartość. Ponieważ z punktu widzenia przedsiębiorstwa elementy te mogą mieć inne znaczenie, zaproponowałam zmianę sposobu obliczania wartości wskaźnika OEE przez wprowadzenie wag (w_i) dla poszczególnych składników według wzoru empirycznego:

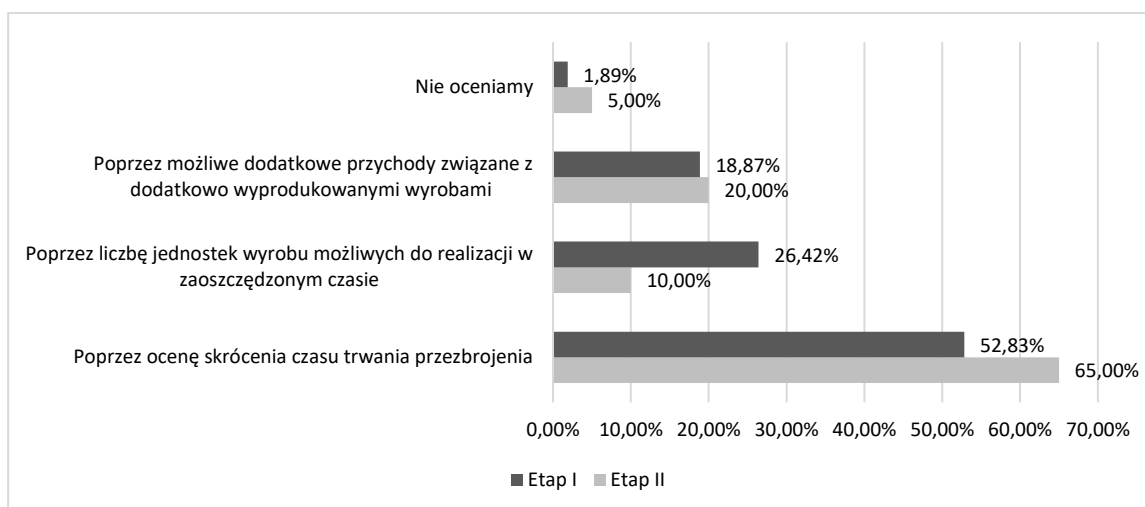
$$OEE = w_1 D + w_2 E + w_3 J \quad (3)$$

gdzie: $w_1 + w_2 + w_3 = 1$.

Wartości wag (w_i) mogą ustalać przedsiębiorstwa w zależności od potrzeb. Dodatkowo przeprowadzone w pracy analizy pozwoliły ustalić, że dostępność (D) jest najważniejszym komponentem dla przedsiębiorstw, a następnie jakość (J) i wydajność (efektywność eksploatacyjna E). Na podstawie doświadczeń i dyskusji wagi we wzorze (3) zostały określone jako: $w_1 = 0,5$, $w_2 = 0,2$, $w_3 = 0,3$.

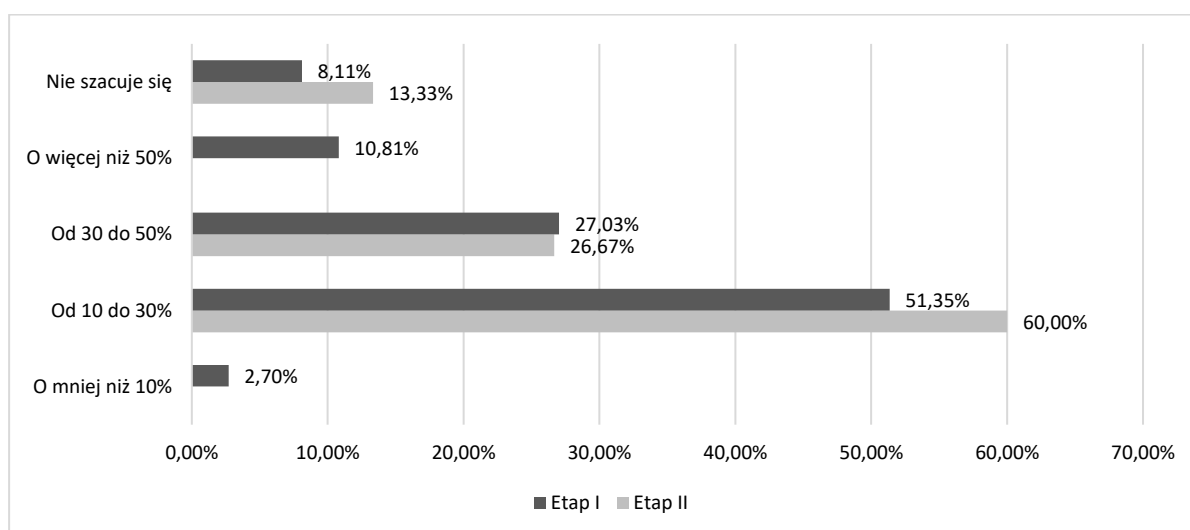
Jak już wspomniano, najważniejszym komponentem wpływającym na uzyskiwaną wartość wskaźnika OEE jest dostępność. Dostępność określa rzeczywisty czas, w którym sprzęt lub maszyna mogą pracować (produkować). Działaniami, które wpływają na zmniejszenie dostępności, są m.in. konserwacje, awarie oraz przebrojenia maszyn. Metodą pozwalającą na skrócenie czasu przebrojenia maszyny jest SMED (ang. *Single Minute Exchange of Die*). Prowadzone przeze mnie badania również dotyczyły wpływu wdrożenia metody SMED na wzrost efektywności funkcjonowania maszyn. W pracy *Metodyka modelowania, oceny i doskonalenia koncepcji Lean Maintenance* [ON1] w ramach dwuetapowych badań oceniono efektywność zastosowania metody SMED w grupie 150 przedsiębiorstw. Przeanalizowano sposoby stosowane do oceny efektywności wdrożenia metody. Uzyskane wyniki (rys. 4.) wskazują, że przedsiębiorstwa najczęściej oceniają efektywność metody przez skrócenie czasu trwania przebrojenia (etap I: 52,83%, etap II: 65%) oraz przez możliwe przychody związane z

dotatkowo wyprodukowanymi wyrobami (etap I: 18,87%, etap II: 20%). Wśród analizowanych przedsiębiorstw niewiele jest firm, które nie oceniają efektywności zastosowania metody.



Rys. 4. Sposoby oceny efektywności metody SMED

Kluczowym elementem w ocenie efektów wdrożenia metody SMED było uzyskanie informacji, ile oszczędności czasu poświęconego na przezbrojenia przyniosło jej wdrożenie. Najwięcej z badanych firm wskazało, że uzyskało oszczędności czasu od 10 do 30% (etap I: 51,35%, etap II: 60%) oraz od 30 do 50% (etap I: 27,03%, etap II: 26,67%). Niewiele jest firm, które do oceny efektywności metody nie stosuje tego wskaźnika (etap I: 8,11%, etap II: 13,33%) (rys. 5).



Rys. 5. Ile oszczędności czasu poświęconego na przezbrojenia przyniosło wdrożenie SMED?

Interesującym aspektem w ocenie efektywności wdrożenia metody SMED są nie tylko wyniki uzyskiwane na poziomie całego przedsiębiorstwa, ale przede wszystkim na poziomie poszczególnych stanowisk produkcyjnych. Problem ten analizowano w publikacji *Comparative Analysis of the Implementation of the SMED Method on Selected Production Stand* [ON7]. W pracy analizowałam kilka różnych stanowisk produkcyjnych, na których metoda została wdrożona. Wybrane stanowiska produkcyjne różniły się: rodzajem maszyn (konwencjonalne,

półautomatyczne, automatyczne) oraz ich rolę w procesie produkcyjnym (wąskie gardła, proces pomocniczy). Do oceny efektywności wdrożenia metody zastosowano następujące wskaźniki oceniające efektywność metody SMED:

- wskaźnik ERS – wyznacza efektywność redukcji strat, które wynikają z realizacji zbędnych czynności,
- wskaźnik EPZ – oznacza efektywność przekształcenia czynności,
- wskaźnik EUT – wskaźnik wyznaczający efektywność usprawnień technicznych,
- wskaźnik CESMED – całkowita efektywność wdrożenia metody SMED. Wartość wskaźnika CESMED pokazuje, o ile procent skrócił się czas przebrojenia.

Najlepsze wyniki osiągnięto na stanowiskach pomocniczych. Średnia wartość wskaźnika CESMED dla tych stanowisk wynosiła 0,46, a dla stanowisk automatycznych 0,34. Najwyższy średni wzrost wydajności zaobserwowano dla stanowisk pomocniczych (średnio 37,2%), a dla stanowisk półautomatycznych średnio 28,5%. Najniższy wzrost wydajności odnotowano dla stanowisk konwencjonalnych. Pomimo najniższego wzrostu wydajności maszyn konwencjonalnych osiągnięto dla nich najwyższe oszczędności kosztów. W tabeli 3. przedstawiono średnie wartości wskaźników z uwzględnieniem roli i typu analizowanego stanowiska.

Tabela 3. Średnie wartości wskaźników dla poszczególnych stanowisk z uwzględnieniem typu maszyny i roli w procesie produkcyjnym

Wskaźniki		Rola w procesie produkcyjnym		Typ maszyny		
		Wąskie gardło	Proces pomocniczy	Konwencjonalna	Półautomatyczna	Automatyczna
Średnia wartość wskaźników	ERS	0,90	0,92	0,86	0,98	0,87
	EPZ	0,79	0,92	0,99	0,77	0,96
	EUT	0,90	0,55	0,98	0,78	0,41
	CESMED	0,64	0,46	0,83	0,585	0,34
	Wzrost wydajności [%]	21,72	37,2	4,16	28,5	32,4
	Symulacja oszczędności kosztów w ciągu 1 miesiąca [PLN]	8400	4400	7200	6000	4800

Uzyskane wyniki pozwoliły na wprowadzenie wskaźnika (W), który może być ogólnym wskaźnikiem porównania efektywności wdrożenia metody SMED. Wskaźnik ten oparty jest na efektywności zmiany (E) i oczekiwanych oszczędnościach (C). Zastosowanie tego wskaźnika pozwoli wymiennie i obiektywnie ocenić efektywność wprowadzonych zmian podczas wdrożenia metody SMED.

5. Identyfikacja i priorytetyzacja działań w zakresie utrzymania ruchu

Firmy produkcyjne nieustannie dążą do zwiększenia wydajności i skuteczności procesów utrzymania ruchu. Nacisk kładzie się na wyeliminowanie nieoczekiwanych awarii, które

powodują niepotrzebne koszty i straty produkcyjne. Elementem, który ma wpływ na efektywność utrzymania ruchu, jest dobór odpowiedniej strategii eksploatacyjnej oraz działań, które są realizowane. Problem ten również analizowałam w zrealizowanych pracach badawczych. Pierwsze wyniki badań opublikowano w pracy: *The results of the study concerning the identification of the activities realized in the management of the technical infrastructure in large enterprises* [ON5]. Celem badań, których wyniki przedstawiono w tej pracy, było zidentyfikowanie rzeczywistych działań realizowanych w zakresie nadzoru nad infrastrukturą techniczną w 46 dużych przedsiębiorstwach, klasyfikowanych według następujących kryteriów: branża, typ produkcji, typ własności przemysłowej (rodzaj kapitału), struktura infrastruktury technicznej. Badania dotyczyły przedsiębiorstw produkcyjnych funkcjonujących w różnych branżach przemysłu na określonym obszarze. Wyniki badań wskazały zarówno te działania, które są powszechnie realizowane, jak i te, które rzadko występują w tej grupie przedsiębiorstw. Na podstawie analizy uzyskanych wyników stwierdzono, że najczęściej w przedsiębiorstwach jest stosowane podejście według potencjału eksploatacyjnego (PM): przeglądy realizowane w okresie gwarancyjnym, planowe przeglądy realizowane przez służby utrzymania ruchu, planowe przeglądy i remonty realizowane przez służby utrzymania ruchu. Rzadziej realizowane są działania zalecane w podejściu według potencjału stanu (CBM). Najrzadziej stosowane jest podejście według efektywności (CM), które nakierowane jest tylko na realizację działań związanych z usuwaniem już powstałych awarii i podejmowaniem jedynie przeglądów wymaganych w okresie gwarancyjnym. Często stosowane jest również podejście mieszane, a jedynie 26% badanych stwierdziło, że zleca prace obsługowe na zewnątrz (O). Dodatkowo badania wykazały, że do działań najczęściej podejmowanych w celu minimalizacji nieprzewidzianych postojów możemy zaliczyć modernizację maszyn (69%), realizację obsługi prewencyjnej (64%) oraz realizację obsługi autonomicznej przez operatora (64%). Tylko 31% firm wskazało, że decyduje się na wymianę maszyn na nowe, a żadne z badanych przedsiębiorstw nie zwiększa zatrudnienia pracowników służb utrzymania ruchu, aby przeciwdziałać nieprzewidzianym przestojom. Uzyskane wyniki mogą wskazywać na kierunki działań, które powinny być podejmowane dla mobilizacji firm w zakresie doskonalenia utrzymania ruchu oraz uświadomienia im korzyści i wpływu właściwego nadzoru nad maszynami na zwiększenie konkurencyjności przedsiębiorstw funkcjonujących na coraz trudniejszym globalnym rynku.

W kolejnym etapie badania poszerzono o małe i średnie przedsiębiorstwa. Dwuetapowe badania zrealizowano we wspomnianych 150 przedsiębiorstwach, a ich wyniki przedstawiono w podrozdziale 3.2.1 monografii „*Metodyka modelowania, oceny i doskonalenia koncepcji Lean Maintenance*” [ON1]. Badane przedsiębiorstwa mogły stosować kilka strategii eksploatacji jednocześnie, dlatego dla wybranych strategii CM, PM, CBM określono szczegółowe działania. Przeprowadzone badania wykazały, że najczęściej w przedsiębiorstwach stosowana jest strategia PM. Spośród określonych działań najczęściej realizowana jest ocena stanu maszyny przez operatora przed przystąpieniem do pracy (etap I: 22,04%, etap II: 24,09%), następnie planowe przeglądy i remonty realizowane przez służby utrzymania ruchu (etap I: 19,68%, etap II: 20,44%) oraz planowe przeglądy i remonty realizowane przez służby utrzymania ruchu (etap I: 19,68%, etap II: 20,44%). Natomiast coraz mniej przedsiębiorstw stosuje działania związane ze strategią CBM: ciągłe monitorowanie stanu wszystkich maszyn (np. hałas, drgania, temperatura) (etap I: 6,02%, etap II: 5,84%) oraz ciągłe

monitorowanie stanu wybranych maszyn (np. hałas, drgania, temperatura) (etap I: 8,84%, etap II: 5,11%). Strategia CBM jest strategią wysoko kosztową i to być może stanowi główny powód jej zmiany na strategię PM. Zauważono również, że przedsiębiorstwa coraz rzadziej stosują strategię CM (etap I: 9,24%, etap II: 8,76%). Wśród analizowanych przedsiębiorstw działania w zakresie nadzoru maszyn realizowane są najczęściej samodzielnie przez przedsiębiorstwa (etap I: 51,22%, etap II: 50,00%). Zauważyć można jednak, że coraz więcej przedsiębiorstw decyduje się zlecać je firmom zewnętrznym. Częściowo przez firmę zewnętrzną realizuje je: etap I: 42,28%, etap II: 45,31%, całościowo przez firmę zewnętrzną (outsourcing) realizuje je: etap I: 0,81%, etap II: 3,13%. Coraz mniej firm zleca tylko serwis firmom zewnętrznym (etap I: 4,88%, etap II: 1,56%). Uzyskane wyniki przeanalizowano również dla poszczególnych rodzajów posiadanych maszyn oraz względem wielkości przedsiębiorstwa.

Wyniki przedstawionych badań, jak również efekty obserwacji i doświadczeń dotyczących współpracy z przemysłem w zakresie utrzymania ruchu zidentyfikowały kolejny problem badawczy. Przedsiębiorstwa w ramach określonej strategii eksploatacji podejmują często działania, opierając się na uzyskiwanych wartościach ustalonych wskaźników efektywności maszyn. W praktyce jednak często zdarza się, że ze względu na terminowość realizacji zleceń klienta trudno przeprowadzić np. określone działania konserwacyjne, co w wielu przypadkach skutkuje wystąpieniem nieoczekiwanej awarii na maszynie. Rozwiązaniem tego problemu jest stosowanie strategii konserwacji opartej na ryzyku – RBM (ang. *Risk Based Maintenance*), Strategia ta pozwala na identyfikację prawdopodobieństwa i konsekwencji potencjalnych awarii, a jednocześnie umożliwia ustalenie priorytetów działań konserwacyjnych z uwzględnieniem ryzyka możliwych awarii. Takie priorytety pozwalają zidentyfikować optymalne działania konserwacji, ich częstotliwość oraz optymalny poziom zapasów części zamiennych. Działania te są związane z oceną ryzyka identyfikowanego przy wsparciu macierzy ryzyka. Chociaż czynności oceny krytyczności są powszechnie wykonywane przy wsparciu macierzy ryzyka, ze względu na jej charakter istnieje duża możliwość wynikająca z suboptymalnych klasyfikacji. Jest to spowodowane tym, że nie ma możliwości uwzględnienia faktycznych okoliczności na granicy zakresów wejściowych i poziomach ryzyka. Problem ten analizowano i rozwiązano w pracy *Risk-based maintenance assessment in the manufacturing industry: minimisation of suboptimal prioritization [ON9]*. W pracy przedstawiłam nowe, do tej pory nie stosowane w tym obszarze podejście do oceny i ustalania priorytetów związane ze stosowaniem strategii RBM dla maszyn produkcyjnych. Aby zminimalizować suboptymalne oceny i określić priorytetyzację działań, zastosowałam modelowanie oparte na logice rozmytej na sterowniku typu Mamdani. Przedstawiłam przykładową metodę obliczania rang ryzyka. Sugerowane podejście RBM wraz z rozmytym procesem wnioskowania pozwala zminimalizować błędne decyzje, gdy wartości parametrów wejściowych znajdują się na granicach poszczególnych zakresów. Rozmyte funkcje przynależności wraz z określonymi regułami wnioskowania umożliwiają ocenę ryzyka z minimalnym stopniem niepewności. Zaproponowane podejście zweryfikowano w rzeczywistych warunkach produkcyjnych, a wyniki weryfikacji przedstawiono we wspomnianej pracy.

Pozytywne wyniki weryfikacji zaproponowanego modelu dla maszyn produkcyjnych skłoniły mnie do poszukiwania możliwości zastosowania prezentowanej metody dla innych typów maszyn czy urządzeń. Efektem tego było opracowanie autorskiego inteligentnego

systemu wspomagającego realizację działań w zakresie utrzymania ruchu wózków widłowych. System ten przedstawiono w pracy *An Intelligent System Supporting a Forklifts Maintenance Process* [ON12].

4.3.3. Najważniejsze oryginalne elementy prezentowanego cyklu publikacji oraz wkład osiągnięcia naukowego w dyscyplinę inżynieria produkcji

Najważniejsze oryginalne elementy prezentowanego cyklu publikacji oraz wkład osiągnięcia naukowego w dyscyplinę inżynieria produkcji przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Najważniejsze oryginalne elementy prezentowanego cyklu publikacji oraz wkład osiągnięcia naukowego w dyscyplinę inżynieria produkcji.

Lp.	Publikacja	Rok	Wkład w dyscyplinę „inżynieria produkcji”
1.	<i>Metodyka modelowania, oceny i doskonalenia koncepcji Lean Maintenance</i> [ON1]	2019	<p>Wyniki badań empirycznych dotyczące wykorzystywania określonych strategii eksploatacji, koncepcji Lean Maintenance w przedsiębiorstwach województwa podkarpackiego i ich analiza z autorskimi propozycjami rozwiązań.</p> <p>Określenie związku wykorzystanej strategii eksploatacji ze stosowanymi miernikami oceny efektywności maszyn w przedsiębiorstwach, uwzględniając ich wielkość, branżę, rodzaj kapitału, rodzaj posiadanych maszyn oraz typ realizowanej produkcji.</p> <p>Identyfikacja czynników oraz ich interakcji mających wpływ na działania realizowane w ramach wdrożenia koncepcji Lean Maintenance oraz efektywność jej stosowania.</p> <p>Opracowanie wskaźników: wskaźnika SN (sposobu nadzoru), który pozwala określić, jaką strategię eksploatacji stosuje przedsiębiorstwo, oraz wskaźnika DTPM (działania TPM), który pozwala określić poziom realizacji działań w zakresie wdrażania metody TPM.</p> <p>Identyfikacja zależności pozwalających ocenić: jakich rezultatów może spodziewać się określone przedsiębiorstwo po wdrożeniu konkretnych metod i narzędzi koncepcji Lean Maintenance lub jakie metody i narzędzia Lean Maintenance powinny zastosować, aby osiągnąć zamierzone cele. Zależności te mogą być podstawą do określenia kierunków oraz efektów wdrażania koncepcji Lean Maintenance w przedsiębiorstwach produkcyjnych.</p> <p>System ekspertowy w postaci aplikacji programowej, który pozwoli dobrać właściwe działania pozwalające</p>

Lp.	Publikacja	Rok	Wkład w dyscyplinę „inżynieria produkcji”
			uzyskać jak najlepsze efekty po wdrożeniu koncepcji Lean Maintenance. Potwierdzenie możliwości wykorzystania teorii zbiorów przybliżonych do oceny stopnia wykorzystania strategii eksploatacyjnych.
2.	<i>Spare parts’ criticality assessment and prioritization for enhancing manufacturing systems’ availability and reliability [ON2]</i>	2019	Autorska metodyka oceny krytyczności i priorytetyzacji części zamiennych w celu zwiększenia dostępności i niezawodności systemów produkcyjnych.
3.	<i>Development of an empirical formula for machine classification. Prioritization of maintenance tasks [ON3]</i>	2014	Wyniki badań dotyczące wykorzystywanych modeli kategoryzacji maszyn wykorzystywanych w przedsiębiorstwach, ich analiza, co przyczyniło się do opracowania uogólnionego modelu kategoryzacji maszyn wykorzystującego zmienione kryteria oceny.
4.	<i>Maintenance – identification and analysis of the competency gap [ON4]</i>	2018	Autorska metodyka oceny kompetencji pracowników utrzymania ruchu.
5.	<i>The results of the study concerning the identification of the activities realized in the management of the technical infrastructure in large enterprises [ON5]</i>	2014	Wyniki badań empirycznych dotyczących stosowanych strategii eksploatacji w przedsiębiorstwach województwa podkarpackiego oraz ich ocena, której wyniki pozwoliły na sformułowanie uogólnień.
6.	<i>Evaluation measures of machine operation effectiveness in large enterprises: study results [ON6]</i>	2015	Wyniki badań empirycznych dotyczących mierników oceny efektywności maszyn stosowanych w dużych przedsiębiorstwach województwa podkarpackiego, których analiza pozwoliła na sformułowanie uogólnień. Autorski zestaw wskaźników dotyczących oceny funkcjonowania maszyn i służb utrzymania ruchu.
7.	<i>Comparative Analysis of the Implementation of the SMED Method on Selected Production Stand [ON7]</i>	2018	Wyniki badań empirycznych dotyczących oceny efektywności stosowania metody SMED na stanowiskach produkcyjnych oraz ich analiza wskaźnikowa, co pozwoliło na sformułowanie uogólnień.

Lp.	Publikacja	Rok	Wkład w dyscyplinę „inżynieria produkcji”
8.	<i>Machinery Classification and Prioritization. Empirical Models and AHP Based Approach for Effective Preventive Maintenance</i> [ON8]	2016	Autorska metoda klasyfikacji i priorytetyzacji maszyn na potrzeby właściwej realizacji działań utrzymania ruchu.
9.	<i>Risk-based maintenance assessment in the manufacturing industry: minimisation of suboptimal prioritization</i> [ON9]	2017	Autorska metodyka wdrożenia strategii opartej na ocenie ryzyka na potrzeby właściwej realizacji działań utrzymania ruchu.
10.	<i>Classification of spare parts as the element of a proper realization of the machine maintenance process and logistics – case study</i> [ON10]	2016	Autorska metoda klasyfikacji części zamiennych na potrzeby właściwej realizacji procesu zakupu i gospodarki częściami zamiennymi
11.	<i>Overall Equipment Effectiveness: Analysis of Different Ways of Calculations and Improvements</i> [ON11]	2018	Autorska metoda obliczania wartości wskaźnika OEE.
12.	<i>An Intelligent System Supporting a Forklifts Maintenance Process</i> [ON12]	2018	Autorski inteligentny system wspomagający realizację działań w zakresie utrzymania ruchu wózków widłowych.

4.3.4. Możliwości wykorzystania wyników badań

Przedstawione opracowania mogą być wykorzystywane przez przedsiębiorstwa do budowy i organizacji działań utrzymania ruchu, doboru właściwej strategii eksploatacji, do doskonalenia już realizowanych działań w tym zakresie, a szczególnie w:

- rozwoju i doskonaleniu stosowanych strategii eksploatacyjnych przedsiębiorstw produkcyjnych,
- doborze odpowiednich działań, metod i narzędzi przy wdrażaniu koncepcji Lean Maintenance w przedsiębiorstwach produkcyjnych,
- ocenie skuteczności i efektywności wdrożenia koncepcji Lean Maintenance w przedsiębiorstwach produkcyjnych,
- doborze odpowiedniego zakresu i rodzaju działań realizowanych przez służby utrzymania ruchu,
- ocenie i doskonaleniu kompetencji pracowników utrzymania ruchu,
- skracaniu czasu realizacji przebrojeń.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych wnioskodawcy świadczących o istotnej aktywności naukowej habilitanta

5.1. Działalność naukowo-badawcza prowadzona przed uzyskaniem stopnia doktora

W 1996 roku podjęłam studia magisterskie na Wydziale Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej na kierunku Mechanika i Budowa Maszyn o specjalności Organizacja i zarządzanie w przemyśle. Bezpośrednio po zakończeniu studiów magisterskich rozpoczęłam studia doktoranckie na Wydziale Budowy Maszyn i Lotnictwa tej uczelni. Od 1 lutego 2002 roku zostałam zatrudniona na stanowisku asystenta w Katedrze Technologii Maszyn i Organizacji Produkcji na Wydziale Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej, gdzie początkowo zajmowałam się zagadnieniami związanymi z przygotowaniem i organizacją produkcji.

Pierwsze prowadzone przeze mnie prace badawcze związane były z zapewnieniem właściwych warunków eksploatacji maszyn i urządzeń technologicznych na stanowiskach produkcyjnych. Opublikowane prace dotyczyły zagadnień związanych ze spełnianiem przez maszyny i urządzenia technologiczne odpowiednich wymagań ekologicznych, ergonomicznych oraz jakościowych.

W latach 2004 i 2006 odbyłam staż naukowy w służbach utrzymania ruchu w ówczesnej Wytwórni Sprzętu Komunikacyjnego „PZL Rzeszów” S.A. W początkowym okresie stażu w 2004 roku zapoznałam się ze specyfiką funkcjonowania służb utrzymania ruchu w przedsiębiorstwie oraz z problemami, które występują w ramach realizowanych działań. Równoległe podczas stażu odbyłam cykl szkoleń w ramach „University ITO”, prowadzonych przez kanadyjskich pracowników grupy UTC (ang. *United Technologies Corporation*). Szkolenia dotyczyły Industrial Engineeringu oraz wdrożenia systemu zarządzania opartego na założeniach ACE (ang. *Achieving Competitive Excellence System*), opierającego się na filozofii TPS (ang. *Toyota Production System*) oraz wykorzystującego metody i narzędzia związane z eliminacją marnotrawstwa w produkcji. Zdobyta wiedza w ramach odbytych szkoleń oraz analiza problemów występujących w utrzymaniu ruchu pozwoliła mi na dostosowanie i wdrożenie narzędzi ACE w tym obszarze, co skutkowało osiągnięciem pierwszego poziomu doskonałości ACE – *ACE Qualifying*. Działania w tym obszarze kontynuowałam w ramach stażu odbytego w 2006 roku, co skutkowało osiągnięciem kolejnego poziomu doskonałości ACE – *ACE Bronze*.

Po odbytych stażach kontynuowałam działalność naukową związaną z doskonaleniem procesu nadzorowania maszyn i urządzeń w przedsiębiorstwie. Wiedza i doświadczenie zdobyte w ramach staży pozwoliły mi na opracowywanie własnych autorskich rozwiązań w tym obszarze, czego efektem była rozprawa doktorska na temat *Polepszanie efektywności eksploatacyjnej parku maszyn technologicznych metodami wartościowania procesowego* oraz publikacje z tego zakresu, dotyczące m.in. zastosowania mapowania strumienia wartości w nadzorze maszyn technologicznych, usprawnień systemu nadzoru i obsługi prewencyjnej, zarządzania niezawodnością systemu maszyn technologicznych. Wyniki prowadzonych badań

prezentowane były na (czterech) krajowych konferencjach międzynarodowych oraz (dwóch) zagranicznych (Słowacja, Ukraina).

Równolegle z wykonywaną pracą naukową zdobywałam wiedzę związaną z zapewnieniem jakości w produkcji oraz systemami zarządzania jakością przedsiębiorstw. Pozwoliło mi to na uzyskanie w 2002 roku certyfikatu „Asystent jakości”, a w 2004 certyfikatu „Auditor wewnętrzny systemu zarządzania jakością”. Zdobytą wiedzę wykorzystywałam, pełniąc funkcję audytora wewnętrznego oraz rolę eksperta w Konkursie Podkarpackiej Nagrody Jakości.

Równolegle z wykonywaną pracą naukową realizowałam zajęcia dydaktyczne z następujących przedmiotów: przygotowanie i organizacja produkcji, projektowanie i wdrażanie systemów, podstawy zarządzania, podstawy i strategie zarządzania oraz zarządzanie procesowe.

5.2. Działalność naukowo-badawcza prowadzona po uzyskaniu stopnia doktora

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych w dyscyplinie „Budowa i eksploatacja maszyn” zostałam zatrudniona w Katedrze Technologii Maszyn i Organizacji Produkcji na stanowisku adiunkta.

W podejmowanych pracach badawczych kontynuowałam badania związane z zagadnieniami zarządzania eksploatacją i utrzymaniem ruchu. Badania te w szczególności dotyczyły:

- analizy wykorzystywanych strategii eksploatacyjnych w przedsiębiorstwach produkcyjnych,
- zarządzanie zasobami na potrzeby realizacji utrzymania ruchu,
- doskonaleniem realizacji działań w zakresie utrzymania ruchu,
- wykorzystaniem nowoczesnych koncepcji zarządzania (Lean Maintenance) w utrzymaniu ruchu.

Badania te realizowałam m.in. w ramach projektu „Ocena efektywności funkcjonowania maszyn w wybranych przedsiębiorstwach województwa podkarpackiego stosujących narzędzia Lean Management”, którego byłam kierownikiem.

W 2010 roku nawiązałam współpracę z prof. R.M. Chandimą Ratnayake, który realizował wykłady na Politechnice Rzeszowskiej w ramach programu Erasmus. Współpraca zaowocowała prowadzeniem badań w zakresie zarządzania eksploatacją i utrzymaniem ruchu. Wynikiem realizowanych prac jest **10** wspólnych publikacji naukowych.

Również w 2010 roku swoje badania poszerzyłam o ocenę efektywności wykorzystania filozofii Lean Manufacturing w procesach produkcyjnych. Kilkuletnie badania realizowane były we współpracy z dr hab. inż. Dorotą Stadnicką. Ich głównym celem było pozyskanie informacji m.in. o stopniu wykorzystania koncepcji oraz narzędzi Lean Manufacturing w tym obszarze. Wyniki prowadzonych badań prezentowane były w licznych publikacjach naukowych oraz na różnych międzynarodowych konferencjach, m.in. w Portugalii, Hiszpanii, Francji i we Włoszech.

Równolegle z prowadzonymi badaniami uzupełniałam swoją wiedzę z zakresu koncepcji Lean Manufacturing, uczestnicząc w licznych szkoleniach, m.in. w 2012 roku w szkoleniu „Lean Manufacturing – Toyota Production System” w Centrum Szkoleniowym firmy w SANGO Co. w Nagoi w Japonii.

Dodatkowo moje zainteresowania poszerzyłam o filozofię Six Sigma. Od 2011 do 2013 roku uczestniczyłam w szkoleniu z tego zakresu, czego efektem było uzyskanie Certyfikatu Experta ds. Lean Six Sigma (SPC, MSA, Six Sigma Green Belt, Six Sigma Black Belt). Zdobyta wiedza pozwoliła mi na realizację licznych projektów Six Sigma w przedsiębiorstwach produkcyjnych.

Wiedzę uzyskaną w ramach odbytych szkoleń oraz doświadczenie z realizowanych prac badawczych i wdrożeniowych w przedsiębiorstwach produkcyjnych wykorzystuję do prowadzenia zajęć dydaktycznych (wykładów, projektów, laboratoriów), zarówno dla studentów studiów inżynierskich i magisterskich na kierunku *zarządzanie i inżynieria produkcji* oraz studentów studiów podyplomowych „Zapewnienie jakości w produkcji lotniczej” oraz „Zarządzanie produkcją odchudzoną”, których jestem kierownikiem od 2017 roku.

W 2018 roku po konferencji Regional HELIX w Portugalii rozpoczęłam współpracę z prof. Jose Machado z University of Minho w Portugalii, który zainteresował mnie tematyką zarządzania innowacjami. Obecnie przygotowujemy wspólne projekty badawcze z tego zakresu oraz pierwszą międzynarodową konferencję “ICIE’2020 – International Conference on Innovation in Engineering”, która odbędzie się w 2020 r. w Guimaraes w Portugalii.

Równoległe z wykonywaną pracą naukową realizowałam zajęcia dydaktyczne dla studentów studiów inżynierskich i magisterskich w trybie stacjonarnym i niestacjonarnym oraz studentów studiów podyplomowych.

5.3. Pozostała działalność naukowo-badawcza

W zakresie swojej działalności naukowo-badawczej brałam również udział w różnych projektach badawczych realizowanych nie tylko dla przedsiębiorstw produkcyjnych, lecz także dla organizacji usługowych.

W 2015 roku uczestniczyłam w badaniach, których wynikiem było opracowanie innowacyjnej technologii elastycznego wytwarzania precyzyjnych detali o złożonych kształtach i zróżnicowanych gabarytach. Nowa technologia pozwoli wprowadzić na rynek znacząco udoskonalone detale metalowe z przeznaczeniem dla branży lotniczej i motoryzacyjnej. Badania te odbywały się przy współpracy z oddelegowanymi pracownikami przedsiębiorstwa, biorącymi udział we wcześniej samodzielnie przez nich realizowanych pracach B+R. Badania te realizowane były w ramach umowy „**Realizacja prac badawczo-rozwojowych w zakresie opracowania innowacyjnej technologii elastycznego wytwarzania precyzyjnych detali o złożonych kształtach i zróżnicowanych gabarytach**”.

Ponadto w latach 2016–2017 uczestniczyłam w trzech projektach realizowanych dla 3. Regionalnej Bazy Logistycznej w Krakowie. Projekty dotyczyły usprawnienia procesu remontowo-usługowego Bojowego Wozu Piechoty (BWP). Pierwszy z nich dotyczył „**Optymalizacji potencjału usługowo-remontowego Rejonowych Warsztatów Technicznych w Rzeszowie**„. Projekt obejmował m.in. analizę dokumentacji technologicznej remontów, analizę organizacji stanowisk roboczych uczestniczących w procesie remontu, analizę przebiegu demontażu silnika i przekładni BWP oraz zaproponowanie działań doskonalących, analizę możliwości doposażenia warsztatów w urządzenia wspomagające remont BWP oraz analizę przebiegu napraw zespołów BWP i zaproponowanie nowych rozwiązań.

Kolejny projekt dotyczył „**Wykonania projektu modelowego stanowiska naprawczego Bojowego Wozu Piechoty (BWP1)**”. Projekt swym zakresem obejmował: opracowanie projektu stanowiska naprawczego uwzględniającego istniejące ograniczenia infrastruktury, weryfikację projektu stanowiska naprawczego oraz wykaz wyposażenia stanowiska, opracowanie projektu rozmieszczenia wyposażenia i części na stanowisku naprawczym, dobór i projekt rozmieszczenia regałów magazynowych oraz środków transportu wewnętrznego oraz opracowanie dokumentacji konstrukcyjnej stanowiska naprawczego BWP.

Projekt trzeci dotyczył „**Wykonania usługi opracowania dokumentacji technicznej na wykonanie oprzyrządowania narzędziowego, doskonalącego czynności montażu i demontażu zespołów i podzespołów Bojowego Wozu Piechoty (BWP1)**”. W ramach projektu opracowano dokumentację konstrukcyjną niezbędnego, specjalnego wyposażenia stanowiska naprawczego BWP, wózka transportowego do przemieszczenia części BWP, stołu do montażu sprzęgła i silnika oraz regulowany manipulator, będący uchwytem na półkę z narzędziami wykorzystywanymi głównie podczas demontażu silnika wozu bojowego BWP-1, a także stanowiący nośnik zasilania narzędzi pneumatycznych.

Zaprojektowane stanowisko oraz jego specjalne wyposażenie jest w trakcie realizacji. Prace obsługowo-naprawcze na tym stanowisku znacznie ułatwią i skrócą czas remontu Bojowego Wozu Piechoty (BWP1).

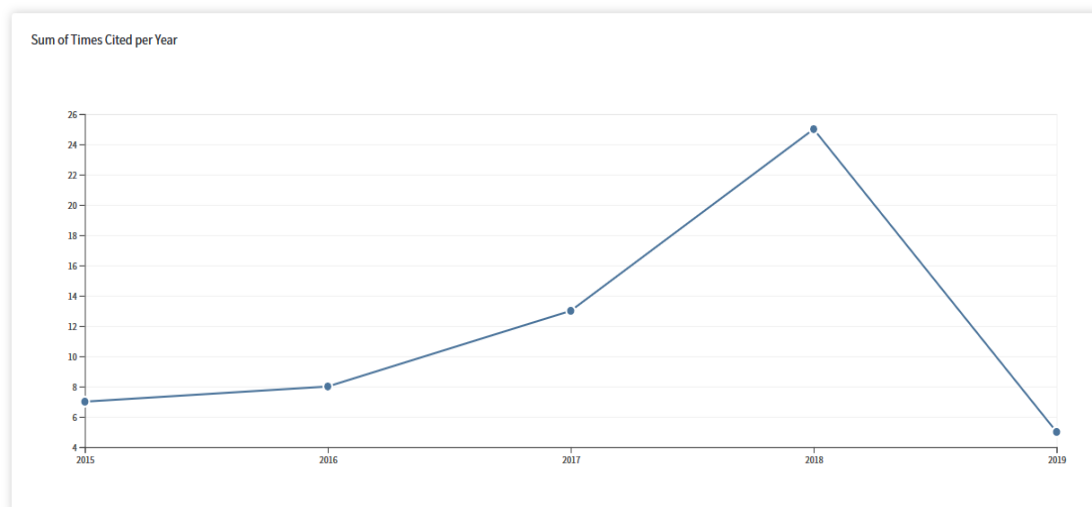
5.4. Sumaryczny impact factor (IF) według listy Journal Citation Reports (JCR) zgodnie z rokiem opublikowania

Impact Factor (IF) = **10,245**

Jestem autorem i współautorem **6** publikacji w czasopiśmie naukowych posiadających współczynnik wpływu Impact Factor (IF), które znajdują się w bazie JCR (część A wykazu czasopism naukowych według MNiSW).

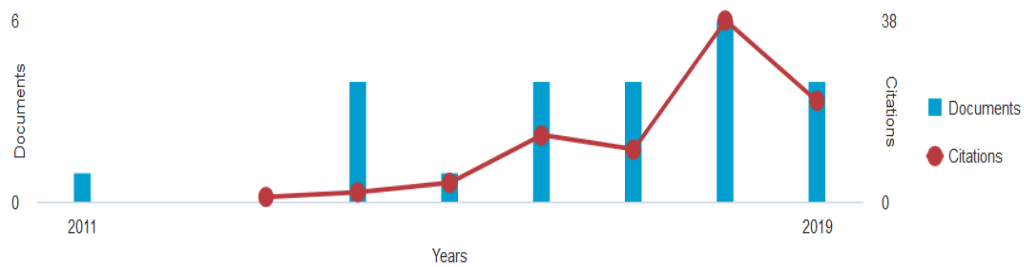
5.5. Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science, Scopus i Google Scholar

Stan na dzień 24.03.2019 **Web of Science: 58**.



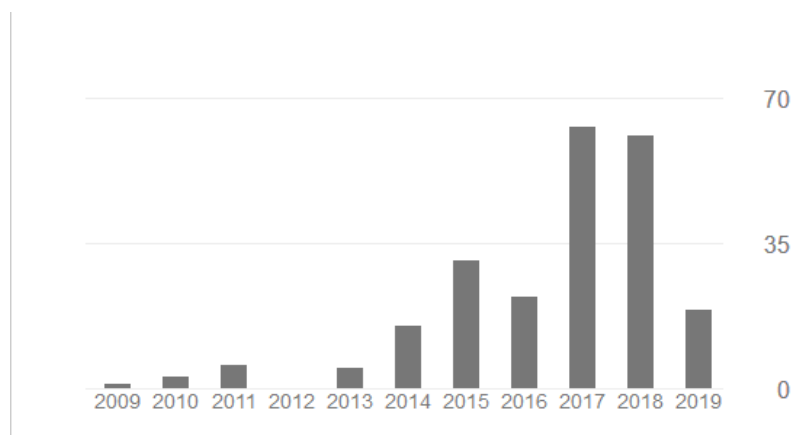
Rys. 6. Liczba cytowań według bazy Web of Science na dzień 06.03.2019

Stan na dzień 24.03.2019 **Scopus: 91.**



Rys. 7. Liczba cytowań według bazy Scopus na dzień 06.03.2019

Stan na dzień 24.03.2019 **Google Scholar: 235.**



Rys. 8. Liczba cytowań według bazy Google Scholar na dzień 06.03.2019

5.6. Indeks Hirscha według bazy Web of Science (WoS), Scopus i Google Scholar

Stan na dzień 24.03.2019.

Indeks Hirscha według bazy Web of Science: 4.

Liczba prac w bazie Web of Science: 19.

Indeks Hirscha według bazy Scopus: 6.

Liczba prac w bazie Scopus: 24.

Indeks Hirscha według bazy Google Scholar: 9.

Liczba prac w bazie Google Scholar: 67.

5.7. Kierowanie międzynarodowymi i krajowymi projektami badawczymi oraz udział w takich projektach

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych brałam udział w krajowych projektach badawczych, których część realizowana była dla przedsiębiorstw.

Kierowałam projektem „**Ocena efektywności funkcjonowania maszyn w wybranych przedsiębiorstwach województwa podkarpackiego stosujących narzędzia Lean Management**”. Głównym celem projektu było pozyskanie informacji na temat wykorzystania narzędzi Lean w zakresie procesu nadzorowania maszyn technologicznych w przedsiębiorstwach produkcyjnych województwa podkarpackiego, ze szczególnym uwzględnieniem przedsiębiorstw branży lotniczej. Na podstawie analizy uzyskanych wyników opracowane zostały wytyczne do wdrażania podejścia Lean w ramach wszystkich działań w obszarze funkcjonowania parku maszyn technologicznych w przedsiębiorstwie, czego rezultatem ma być zwiększenia ich efektywności eksploatacyjnej.

Kolejny projekt, którego byłam wykonawcą, dotyczył „**Wdrożenia kompleksowego utrzymania maszyn TPM na maszynie**” Burkle BTF w firmie PPIH RESTOL. Firma RESTOL jest jednym z liczących się producentów frontów meblowych na rynku polskim i zagranicznym. Był to projekt pilotażowy w tej firmie. W ramach realizowanego projektu dokonano analizy stanu obecnego przez ocenę efektywności funkcjonowania maszyn, przeprowadzono szkolenia dla pracowników, wdrożono metodę na analizowanym stanowisku. Podczas kontynuacji programem TPM objęto pozostałe maszyny przedsiębiorstwa.

Następny projekt, w którym byłam wykonawcą, dotyczył opracowania i wdrożenia nowoczesnych metod szczupłej produkcji w firmie Stomil Sanok S.A. Firma zajmuje się produkcją elementów gumowych dla różnych branż. Wdrożenie metod szczupłej produkcji w tej firmie było dużym wyzwaniem.

Ponadto w ramach prac magisterskich, których byłam promotorem, realizowano wiele projektów związanych z wdrożeniem narzędzi Lean oraz realizacją projektów Six Sigma w organizacjach. Projekty te wymagały nie tylko analizy obecnej sytuacji firmy, ale również dostosowania, opracowania i wdrożenia tych narzędzi do często specyficznych warunków funkcjonowania analizowanych organizacji (m.in. branża motoryzacyjna, lotnicza, spożywcza, usługi medyczne).

5.8. Międzynarodowe i krajowe nagrody za działalność naukową

Po doktoracie otrzymałam 2 Nagrody Rektora Politechniki Rzeszowskiej za prowadzoną działalność naukową, w tym za cykl publikacji z zakresu doskonalenia funkcjonowania przedsiębiorstw. Ponadto praca *Development of risk matrix and extending risk based maintenance analysis with 'fuzzy logic'*, której jestem współautorem, uzyskała nagrodę „Exellent paper award” przyznaną przez EPPM Association podczas konferencji EPPM'2016.

5.9. Wygłoszenie referatów na międzynarodowych i krajowych konferencjach tematycznych

Po uzyskaniu stopnia doktora łącznie wygłosiłam 30 referatów na konferencjach naukowych, w tym 14 referatów na konferencjach krajowych (w tym dwa referaty zamawiane), 10 referatów

na konferencjach międzynarodowych, które odbyły się w Polsce oraz 6 referatów na konferencjach zagranicznych (Francja, Portugalia, Litwa).

6. Dorobek dydaktyczny i popularyzatorski oraz informacja o współpracy międzynarodowej

6.1. Uczestnictwo w programach europejskich oraz innych programach międzynarodowych i krajowych

W latach **2011, 2012 i 2016** przeprowadziłam wykłady na Uniwersytecie w Stavanger w Norwegii, a w **2018** roku w University of Minho w Portugalii, które realizowane były w ramach programu Erasmus.

Ponadto byłam wykonawcą w międzynarodowym projekcie finansowanym z programu Unii Europejskiej Erasmus+ **ILA – LEAN ”Innovative Learning Approaches for Implementation of Lean Thinking to Enhance Office and Knowledge Work Productivity”**. Projekt dotyczył identyfikacji problemów występujących w przedsiębiorstwach i opracowania rozwiązań mających na celu eliminację tych problemów w postaci materiałów dydaktycznych, które są wykorzystywane na zajęciach dydaktycznych i do szkoleń w przedsiębiorstwach.

Kolejny projekt, w którym byłam wykonawcą, to projekt współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego – Program Operacyjny Kapitał Ludzki dotyczący **„Rozszerzenia i wzmocnienia oferty edukacyjnej oraz poprawy jakości kształcenia na Wydziale Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej”**. Projekt dotyczył poszerzenia wiedzy z zakresu nowoczesnych metod zarządzania oraz komputerowego wspomaganie produkcji (system SAP ERP), a następnie realizacji bezpłatnych szkoleń dla studentów z tego zakresu.

Obecnie jestem wykonawcą w międzynarodowym projekcie finansowanym z programu Unii Europejskiej Erasmus+, **TIPHYS „Social Network based doctoral Education on Industry 4.0”**. Głównym celem tego projektu jest opracowanie platformy wymiany informacji dla studentów studiów doktoranckich z zakresu koncepcji Przemysł 4.0.

Jestem również koordynatorem merytorycznym ds. staży w projekcie współfinansowanym przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego – Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój POWER dotyczącym **„Organizacji staży dla studentów kierunków II stopnia na Wydziale Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej”**.

6.2. Aktywny udział w międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych

Brałam aktywny udział w **12** konferencjach, w tym w **9** konferencjach międzynarodowych zagranicznych (Francja, Portugalia, Hiszpania, Indonezja, Singapur, Tajlandia, Słowacja, USA), **2** konferencji międzynarodowej w Polsce oraz **1** konferencji krajowej.

6.3. Udział w komitetach organizacyjnych międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych

Aktywnie uczestniczę w pracach komitetów organizacyjnych konferencji międzynarodowych i krajowych. Łącznie od 2002 roku uczestniczyłam w organizacji **25** konferencji, w tym **13** konferencji międzynarodowych i **12** krajowych.

Uczestniczę w organizacji następujących **4** konferencji zagranicznych: „European Lean Educator Conference” (ELEC), „International Conference on Innovation in Engineering” (ICIE’2020), „International Conference on Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange” (DSMIE-2019), „International Conference on ICT in Education, Research, and Industrial Applications” (ICTERI-2019) jako członek Komitetu Programowego – **4** razy.

Uczestniczę w organizacji następujących **4** konferencji międzynarodowych, które są organizowane w Polsce: Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Modułowe technologie i konstrukcje w budowie maszyn” (MTK), Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Technika i technologia montażu maszyn” (TTMM), „International Conference on Intelligent Systems in Production Engineering and Maintenance” (ISPEM), przy czym byłam współtwórcą konferencji ISPEM oraz „Manufacturing 2019”. Jako członek Komitetu Programowego Konferencji – **3** razy, jako członek Komitetu Organizacyjnego Konferencji – **5** razy oraz współorganizator sesji specjalnej (*Manufacturing 2019*) – **1** raz.

Ponadto uczestniczę lub uczestniczyłam w organizacji następujących **5** konferencji krajowych: Konferencja „Lean Learning Academy”, „Krajowa Konferencja Nano- i Mikromechaniki” oraz Konferencja „Technologia i organizacja produkcji seryjnej” (TIOPS), Konferencja „Wyzwania eksploatacji i utrzymania ruchu systemów technicznych”, w których pełnię lub pełniłam funkcję sekretarza konferencji – **10** razy oraz **2** razy członka Komitetu Naukowego Konferencji.

6.4. Otrzymane nagrody i wyróżnienia inne niż za działalność naukową

Od 2009 roku otrzymałam **3** Nagrody Rektora Politechniki Rzeszowskiej, w tym za współuczestnictwo w uruchomieniu Lean Learning Academy Polska, uruchomienie laboratorium komputerowych systemów wspomagających zarządzanie produkcją oraz organizację czterech ogólnopolskich konferencji naukowych.

6.5. Udział w konsorcjach i sieciach badawczych

Od 2016 roku brałam i biorę udział w pracach **2** zespołów badawczych składające się z partnerów uczelnianych i partnerów przemysłowych jako wykonawca prac realizowanych w ramach projektów międzynarodowych (**ILA-LEAN, TIPHYS**).

6.6. Kierowanie projektami realizowanymi we współpracy z naukowcami z innych ośrodków Polskich i zagranicznych oraz we współpracy z przedsiębiorcami

Brak

6.7. Udział w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism

Od 2016 roku uczestniczę w pracach Komitetu Redakcyjnego czasopisma „Technologia i Automatyzacja Montażu”, wydawanego przez Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego w Warszawie.

6.8. Członkostwo w międzynarodowych i krajowych organizacjach oraz towarzystwach naukowych

Od 2012 roku jestem członkiem Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, a od 2016 członkiem międzynarodowego stowarzyszenia „Association of Engineering, Project, and Production Management (EPPM)”.

6.9. Osiągnięcia dydaktyczne i w zakresie popularyzacji nauki lub sztuki

Po uzyskaniu stopnia doktora prowadziłam **15** przedmiotów w języku polskim dla studentów studiów inżynierskich i magisterskich studiujących w trybie stacjonarnym oraz niestacjonarnym i **3** przedmioty w języku angielskim dla studentów zagranicznych studiujących w ramach programu Erasmus i SOKRATES. Ponadto prowadzę **7** przedmiotów na **4** kierunkach studiów podyplomowych, w tym na studiach podyplomowych z zakresu Lean Manufacturing zamawianych przez PZL Świdnik S.A. (Agusta Westland).

Jestem współautorem **3** podręczników akademickich i **1** skryptu.

Jestem współtwórcą funkcjonującego na Wydziale Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej **laboratorium komputerowych systemów wspomagających zarządzanie produkcją**, za którego uruchomienie w 2013 r. otrzymałam Nagrodę Rektora Politechniki Rzeszowskiej. W uruchomionym laboratorium prowadzę zajęcia dydaktyczne i szkolenia dla studentów z systemu **SAP ERP**. Dzięki wykorzystywaniu tego oprogramowania w działalności dydaktycznej Politechnika Rzeszowska jest członkiem międzynarodowej organizacji SAP University Alliances.

W 2009 roku nawiązałam współpracę z firmą KOMTECH sp. z o.o., która udostępniła system CMMS PREKON stosowany na zajęciach dydaktycznych realizowanych dla studentów studiów magisterskich i studiów podyplomowych.

W ramach popularyzacji nauki opublikowałam **4** artykuły w czasopismach branżowych.

6.10. Opieka naukowa nad studentami

Po uzyskaniu stopnia doktora byłam promotorem **208** prac dyplomowych (inżynierskich i magisterskich), z czego ponad 80% realizowanych była w przedsiębiorstwach produkcyjnych. Prowadzenie **6** ze wspomnianych prac zakończyło się publikacją artykułu naukowego.

Wykonałam również **72** recenzje prac dyplomowych (inżynierskich i magisterskich).

6.11. Opieka naukowa nad doktorantami w charakterze promotora pomocniczego

Brak

6.12. Staże w zagranicznych i krajowych ośrodkach naukowych lub akademickich

Przeprowadziłam wykłady w University of Stavanger w Norwegii oraz w University of Minho w Portugalii **4** razy.

Uczestniczyłam w **2** wizytach studyjnych w University of Stavanger w Norwegii oraz w KU Leuven w Belgii.

6.13. Wykonane ekspertyzy lub inne opracowania na zamówienie

Na zamówienie Rektora Politechniki Rzeszowskiej wykonałam dostosowanie planu studiów i treści kształcenia – modyfikacja planów i programów uwzględniająca wprowadzenie systemu SAP ERP dla studiów na kierunku *zarządzanie i inżynieria produkcji*.

6.14. Udział w zespołach eksperckich i konkursowych

W 2002 roku uczestniczyłam jako ekspert w pracach Zespołu Ekspertów w Konkursie Podkarpackiej Nagrody Jakości.

Jestem również członkiem zespołu eksperckiego w konkursie na najlepszą pracę dyplomową Rzeszowskiego Oddziału Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją.

6.15. Recenzowanie publikacji w czasopiśmie międzynarodowych i krajowych

Od 2015 roku recenzowałam **38** artykułów naukowych. Wykonałam recenzję **17** artykułów w czasopiśmie, w tym **14** recenzji dla czasopism publikujących w języku angielskim (**3** z Impact Factorem) oraz **3** recenzje dla czasopism publikujących w języku polskim.

Ponadto recenzowałam **21** referatów zgłoszonych w konferencjach międzynarodowych.

6.16. Inne osiągnięcia niewymienione wcześniej

Do dodatkowych osiągnięć mogę zaliczyć m.in. pełnienie funkcji kierownika studium podyplomowego „Zarządzanie produkcją odchudzoną” od 2017 roku, funkcji kierownika studium podyplomowego „Lean Manufacturing – Doskonalenie produkcji” – studia zamawiane, realizowane dla PZL Świdnik (Agusta Westland), pełnienie funkcji pełnomocnika ds. rozkładu zajęć na Wydziale Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej od 2016 roku.

Odbyłam także wizyty studyjne w przedsiębiorstwach zagranicznych, w tym m.in. SANGO Co., Ltd. w Japonii, w Volvo Cars w Belgii, w Toyota Auto Body w Japonii, w AISIN SEIKI w Japonii.

Odbyłam również wizyty w wielu przedsiębiorstwach w Polsce funkcjonujących w branży spożywczej (np. Zielona Budka Sp. z o.o.), motoryzacyjnej (np. Borg Warner Poland Sp. z o.o., Sanok Rubber Company S.A., Bimex Böllhoff Sp. z o.o.), lotniczej (np. Pratt & Whitney Rzeszów S.A., PZL Świdnik S.A., MTU Aero Engines Polska, Rzeszów) oraz wielu innych (np. Nowy Styl Group, DEZAMET Nowa Dęba, HSW Narzędziownia Sp. z o.o.), z którymi współpracuję.

Uczestniczę aktywnie w wielu różnych szkoleniach oraz prowadzę liczne kursy i warsztaty dla pracowników firm.

SUMARYCZNE ZESTAWIENIE KRYTERIÓW OSIĄGNIĘĆ

według Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 01.09.2011 r. w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego

Lp.	Kryterium według §3 p. 4, §4 i §5	Przed doktoratem	Po doktoracie	Razem
1.	Publikacje naukowe w czasopismach z bazy Journal Citation Reports (JCR)	0	6	6
2.	Zrealizowane oryginalne osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne	0	3	3
3.	Udzielone patenty: a) międzynarodowe b) krajowe	0 0	0 0	0 0
4.	Wynalazki oraz wzory użytkowe i przemysłowe, które zostały wystawione na międzynarodowych lub krajowych wystawach lub targach	0	0	0
5.	Monografie, publikacje naukowe w czasopismach innych niż znajdujące się w bazie JCR	17	44	61
6.	Opracowania zbiorowe, katalogi zbiorów, dokumentacja prac badawczych, ekspertyz	0	1	1
7.	Sumaryczny <i>impact factor</i> według listy Journal Citation Reports (JCR) zgodnie z rokiem opublikowania	0	10,245	10,245
8.	Liczba cytowań publikacji według bazy: a) Web of Science (WoS) b) Scopus c) Google Scholar	0 b.d. b.d.	58 91 235	58 91 235
9.	Indeks Hirscha według bazy: d) Web of Science (WoS) e) Scopus f) Google Scholar	0 b.d. b.d.	4 6 9	4 6 9
10.A	Kierowanie projektami badawczymi: a) międzynarodowymi b) krajowymi	0 0	0 1	0 1
10.B	Udział w projektach badawczych: a) międzynarodowych b) krajowych	0 0	0 5	0 5
11.	Międzynarodowe i krajowe nagrody za działalność naukową	0	3	3
12.	Wygłoszenie referatów na tematycznych konferencjach a) międzynarodowych b) krajowych	4 3	16 14	20 17
13.	Uczestnictwo w programach europejskich oraz innych programach międzynarodowych i krajowych	0	5	5
14.	Aktywny udział w konferencjach naukowych: a) międzynarodowych b) krajowych	2 2	12 3	14 5
15.	Udział w komitetach organizacyjnych konferencji naukowych: a) międzynarodowych b) krajowych	2 1	15 10	17 11
16.	Otrzymane nagrody i wyróżnienia inne niż wymienione wyżej	0	3	3
17.	Udział w konsorcjach i sieciach badawczych	0	2	2

Lp.	Kryterium według §3 p. 4, §4 i §5	Przed doktoratem	Po doktoracie	Razem
18.	Kierowanie projektami realizowanymi we współpracy z: a) naukowcami z innych ośrodków polskich, b) naukowcami z ośrodków zagranicznych, c) przedsiębiorcami innymi niż wymienieni wyżej	0 0 0	0 0 0	0 0 0
19.	Udział w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism	0	1	1
20.A	Członkostwo w międzynarodowych organizacjach oraz towarzystwach naukowych a) ogółem b) w tym z wyboru	0 0	1 0	1 0
20.B	Członkostwo w krajowych organizacjach oraz towarzystwach naukowych a) ogółem b) w tym z wyboru	0 0	1 0	1 0
21.	Osiągnięcia dydaktyczne i w zakresie popularyzacji nauki	1	10	11
22.	Opieka naukowa nad studentami	0	208	208
23.	Opieka naukowa nad doktorantami w charakterze: a) opiekuna naukowego b) promotora pomocniczego	0 0	0 0	0 0
24.	Stáže w ośrodkach naukowych lub akademickich a) zagranicznych b) krajowych	0 0	0 0	0 0
25.	Wykonane ekspertyzy lub inne opracowania na zamówienie	0	1	1
26.	Udział w zespołach eksperckich i konkursowych	1	1	2
27.	Recenzowanie projektów: a) międzynarodowych b) krajowych	0 0	0 0	0 0
28.	Recenzowanie publikacji w czasopismach: a) międzynarodowych b) krajowych	0 0	14 3	14 3
29.	Inne osiągnięcia /recenzowanie referatów konferencyjnych/ zapraszane wykłady	0	(10/21/2)	(10/21/2)
	Łącznie liczba spełnionych kryteriów:	23		

Katarzyna Anton

podpis wnioskodawcy