

Załącznik 2A

AUTOREFERAT

Opis dorobku i osiągnięć naukowych

Przemysław Bukowski

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Wydział Przyrodniczo - Technologiczny

Instytut Inżynierii Rolniczej

Zakład Niskoemisyjnych Źródeł Energii

i Gospodarki Odpadami

ul. Chetmońskiego 37-41, 51-630 Wrocław



Spis treści

1. Charakterystyka habilitanta	3
1.1. Dane personalne	3
1.2. Uzyskane dyplomy i stopnie naukowe	3
1.3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.....	4
2. Wskazanie osiągnięcia naukowego	5
2.1. Tytuł osiągnięcia naukowego	5
2.2. Omówienie celu naukowego pracy i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.....	5
2.2.1. Cel naukowy pracy.....	5
2.2.2. Osiągnięte wyniki	7
2.2.3. Omówienie wykorzystania wyników pracy	20
2.2.4. Bibliografia.....	21
3. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych	23
3.1. Działalność naukowo-badawcza przed uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych.....	23
3.2. Działalność naukowo-badawcza po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych.....	24
3.3. Sumaryczne zestawienie dorobku naukowego	25
4. Działalność organizacyjna i dydaktyczna	30

1. Charakterystyka habilitanta

1.1. Dane personalne

Imię i nazwisko: **Przemysław Bukowski**
Miejsce pracy: Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Wydział Przyrodniczo - Technologiczny
Instytut Inżynierii Rolniczej
Zakład Niskoemisyjnych Źródeł Energii i Gospodarki Odpadami
ul. Chełmońskiego 37-41, 51-630 Wrocław

1.2. Uzyskane dyplomy i stopnie naukowe

- doktor nauk technicznych – 16.07.2009 r., Politechnika Wrocławska, Wydział Mechaniczno - Energetyczny, Instytut Techniki Ciepłej i Mechaniki Płynów, specjalność: Mechanika i budowa maszyn.

Tytuł rozprawy doktorskiej: „Metodologia oceny przedsięwzięć ochrony antykorozyjnej ekranów kotłów pyłowych” – promotor: prof. dr hab. inż. Włodzimierz Kordylewski.

- magister – 1998-2004 Uniwersytet Ekonomiczny im. Oskara Langego we Wrocławiu, Wydział: Zarządzanie i Informatyka, kierunek: Finanse i Bankowość, specjalność: Zarządzanie Finansami.

Obroniona praca dyplomowa „Wybrane zagadnienia ilustrujące funkcjonowanie i kierunki rozwoju systemów informacyjnych bloku energetycznego”. Promotor: prof. dr hab. Adam Nowicki.

- magister inżynier - 2002-2005 Politechnika Wrocławska, wydział: Mechaniczno-Energetyczny, specjalność: Termoenergetyka.

Temat pracy dyplomowej: „Korozja wysokotemperaturowa ekranów komór paleniskowych kotłów pyłowych”. Promotor: dr inż. Zbigniew Modliński.

- 1994-1998 V Liceum Ogólnokształcące we Wrocławiu, im. gen. Jakuba Jasińskiego - autorska klasa filologiczna z poszerzonym programem nauki języków obcych.

Inne formy edukacji:

- kurs E-learningowy Autocad, poziom zaawansowany. Kurs ukończono 1 kwietnia 2015.

1.3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

od 15.10.2009 ÷ obecnie – adiunkt, Wydział Przyrodniczo - Technologiczny, Instytut Inżynierii Rolniczej, Zakład Niskoemisyjnych Źródeł Energii i Gospodarki Odpadami.

od 30.09.2013 ÷ 31.03.2015 – dodatkowe zatrudnienie na Politechnice w Ostrawie (Republika Czeska) w Katedrze Energetyki w ramach programu europejskiego typu Post-Doc o numerze: CZ.1.07/2.3.00/30.0016 „Opportunity for young researchers”.

2. Wskazanie osiągnięcia naukowego

2.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Autorska monografia habilitacyjna w języku polskim pt.

„Socjoekonomiczne aspekty energetycznego wykorzystania biomasy pochodzenia rolniczego”

(dołączona do niniejszego autoreferatu monografia opublikowana w całości)

Wydawca: Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej

Kraków, 2019

89 stron, ISBN 978-83-64377-34-1

Recenzenci:

prof. dr hab. inż. Jacek Przybył, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,

Instytut Inżynierii Biosystemów;

dr hab. inż. Anna Szeląg-Sikora, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie,

Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki.

2.2. Omówienie celu naukowego pracy i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

2.2.1. Cel naukowy pracy

Inżynieria rolnicza ewoluowała na przestrzeni lat i dalej będzie ewoluować, tak jak zmieniające się otoczenie, w którym funkcjonuje, w tym otoczenie prawne, społeczne, techniczne i ekonomiczne. Ową ciągłą ewolucję najlepiej ilustruje historyczne ujęcie domeny inżynierii rolniczej, która początkowo była skoncentrowana na problemach mechanizacji produkcji roślinnej i zwierzęcej, by w kolejnych latach poszerzać listę domen o organizację i zarządzanie, energetykę, transport, modelowanie (Michałek, 2014). Według Michałka (2014) inżynieria rolnicza jako nauka rolnicza zaadaptowała część wiedzy m. in. z nauk ekonomicznych, z dyscyplin takich jak ekonomia czy zarządzanie. Takie podejście umożliwiło dalszą ewolucję zainteresowań naukowych i prowadzenie badań i analiz, których podmiotem była inżynieria rolnicza, ale metody pochodziły z innych nauk. Na przykład prowadzone były analizy wykorzystujące narzędzia zarządzania finansami (Napiórkowski, Gonera, 2017), funkcje logistyczne (Szparaga, Czerwińska, 2017), czy - bliskie już analizom społecznym - oceny stopnia zrównowżenia, obejmujące ocenę degradacji substancji organicznej, nakłady pracy, nakłady energetyczne (Kocira, 2012).

W trakcie realizacji projektów badawczych zauważyłem, że istnieje potrzeba uzupełnienia narzędzi i metod, którymi posługiwano się w dyscyplinie inżynierii rolniczej o analizy społeczne.

Analizy te dostarczają dodatkowych informacji umożliwiających ocenę przedsięwzięcia, w tym przedsięwzięcia energetycznego wykorzystania biomasy, które wskazałem jako przedmiot badań ze względu na rosnące zapotrzebowanie zwiększania udziału odnawialnych źródeł energii (OZE). To rosnące zapotrzebowanie powstało wraz ze zmianami prawnymi - układy międzynarodowe Polski, w tym również dyrektywy unijne zobowiązują Polskę do działań mających na celu obniżenie zużycia nieodnawialnej energii pierwotnej i tym samym zmniejszenia emisji zanieczyszczeń. By to osiągnąć należy między innymi zwiększać udział odnawialnych źródeł energii w bilansie energetycznym kraju. W przypadku Polski istotnym paliwem odnawialnym jest biomasa, która coraz częściej jest wykorzystywana nie tylko do spalania, ale także do produkcji biopaliw. Rozwijające się dynamicznie techniki upraw roślin energetycznych, jak i metody ich przetwarzania, takie jak zgazowanie, piroliza, czy toryfikacja powodują konieczność określania potencjału i przydatności biomasy jako paliwa energetycznego w wielu różnych aspektach. Przy określaniu efektów zastępowania paliw kopalnych biomasą można analizować to działanie w aspekcie prawnym, energetycznym, logistycznym, ekonomicznym, ale także społecznym.

Do momentu publikacji niniejszej monografii brakowało zwartego opracowania zawierającego niezbędną wiedzę naukową, opartą na badaniach własnych i literaturze, pozwalającą wykonać w sposób zgodny z dotychczasowymi standardami (zarówno naukowymi, prawnymi, jak i technicznymi) analizę przydatności biomasy na cele energetyczne z uwzględnieniem czynników społecznych (nazywaną analizą socjalną).

Celem pracy było opracowanie i weryfikacja metody oceny wykorzystania biomasy na cele energetyczne z uwzględnieniem analizy socjalnej, bazującej na wskaźniku SROI (Social Return on Investment), czyli Społecznej Stopy Zwrotu z Inwestycji. W pracy została zaproponowana metoda parametryzacji i oceny wpływów socjalnych z energetycznego wykorzystania biomasy, z uwzględnieniem zasad obowiązujących w istniejących analizach zysków społecznych. Wykonany na potrzeby pracy przegląd literatury pozwolił stwierdzić, że brakowało metody, która umożliwiałaby parametryzację aspektów społecznych, a w konsekwencji ich wycenę. W dyscyplinie naukowej inżynierii rolniczej potrzebna jest implementacja analizy socjalnej jako źródła informacji pomagającej podjąć decyzję - w tym przypadku - czy i w jaki sposób wykorzystywać biomasę na cele energetyczne. Bez uwzględnienia aspektów społecznych istnieje zagrożenie, że decyzja o energetycznym wykorzystaniu biomasy nie będzie uwzględniała potrzeb rolników i lokalnej społeczności, nawet jeśli będzie uwzględniała analizy prawne, ekonomiczne i środowiskowe.

Problem naukowy, który postawiłem w trakcie prac nad monografią można sformułować przy pomocy pytania: czy jest możliwe wykorzystanie wskaźnika SROI do opracowania metody, która

umożliwi parametryzację aspektów socjalnych w procesie zróżnicowanego wykorzystania biomasy na cele energetyczne?

Na podstawie sformułowanego problemu naukowego postawiłem pytania szczegółowe:

1. czy badania w oparciu o istniejące normy i procedury badawcze, do których należą między innymi badania energetyczne (ciepło spalania, wartość opałowa, wilgotność, zawartość części lotnych), mogą być wykorzystane dla oceny energetycznego wykorzystania biomasy rolniczej metodą SROI?
2. czy analizy SROI dla przedstawionych scenariuszy związanych z wykorzystaniem biomasy rolniczej w celu energetycznym, mogą bazować na metodach ekonomicznych (np. dyskontowanie) i statystycznych (np. opracowanie wyników ankiet)?
3. czy analiza wrażliwości i analiza porównawcza pozwolą zweryfikować przyjętą dla analiz socjalnych metodykę?

Postawione wyżej pytania implikowały cel i zakres pracy, a także zrealizowane na potrzeby monografii zadania badawcze.

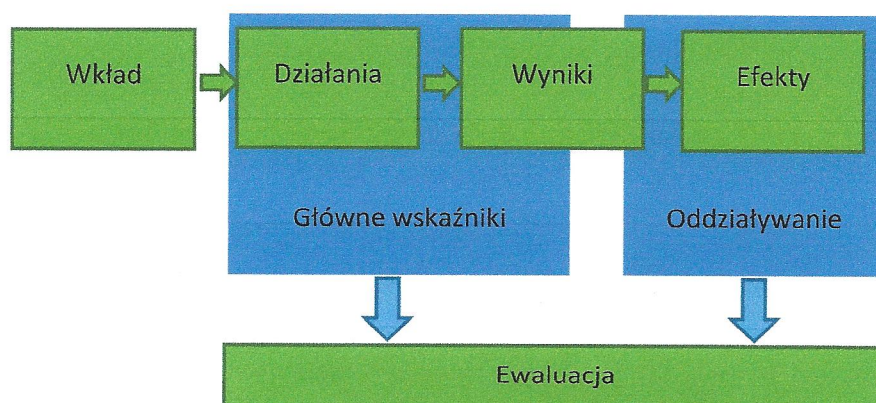
2.2.2. Osiągnięte wyniki

Do najważniejszych wyników monografii habilitacyjnej pt. „Socjoekonomiczne aspekty energetycznego wykorzystania biomasy pochodzenia rolniczego” należą:

- wykonanie przeglądu literatury w celu stwierdzenia, czy istnieje metodyka lub narzędzia umożliwiające wykonanie analiz socjoekonomicznych dla energetycznego wykorzystania biomasy pochodzenia rolniczego,
- analiza istniejących metodyk analiz socjalnych,
- opracowanie własnej metodyki bazującej na wskaźniku SROI i wielkościach (danych wejściowych) z obszaru dyscypliny inżynierii rolniczej,
- podanie szczegółowego algorytmu pozyskania i analizy danych dla energetycznego wykorzystania słomy,
- porównanie wyników analizy socjalnej i ekonomicznej dla słomy,
- porównanie zysków społecznych na przykładzie wytwarzania ciepła z gałęzi pochodzenia sadowniczego i dla działalności mocno i słabo zmechanizowanej (dla Sadów Trzebnica i Jury Szwabskiej),
- przedstawienie metodyki oraz wyników badań biomasy na cele energetyczne:
 - różnych biomas: słoma, gałęzie pochodzenia sadowniczego, zrębka, kora, masłosz,

- ciepła spalania, wartości opałowej, wilgotności, zawartości popiołu,
- badania sprawności kotła metodą pośrednią,
- metodyka analizy wrażliwości i wyniki wraz z ich dyskusją.

W przeglądzie literatury zdefiniowano podstawowe pojęcia związane z analizami socjalnymi jak wpływ socjalny, łańcuch oddziaływania, czy monetaryzacja. Pojęcie „wpływ socjalny” (social impact) został zdefiniowany jako konsekwencje dla ludzkiej populacji wszelkich publicznych lub prywatnych działań, które zmieniają sposób, w jaki ludzie żyją, pracują, bawią się, odnoszą do siebie nawzajem, organizują się w celu zaspokojenia swoich potrzeb i ogólnie radzą sobie jako członkowie społeczeństwa (The Interorganizational Committee, 2003). Geneza oceny wpływu społecznego (SIA - Social Impact Assessment) pochodzi z modelu oceny oddziaływania na środowisko (EIA - Environmental Impact Assessment), który został po raz pierwszy wdrożony w latach 70-tych XX wieku w USA, jako metoda oceny wpływu na społeczeństwo różnych projektów (Barrow, 2000). Termin ten zawiera również „skutki kulturowe obejmujące zmiany norm, wartości i przekonań, które kierują i racjonalizują ich poznanie siebie i swojego społeczeństwa” (The Interorganizational Committee, 2003). Powszechną opinią na temat analiz socjalnych jest to, że analiza taka może być niejednoznaczna, a opiera się na wartości społecznej, która odnosi się do społecznych, środowiskowych i ekonomicznych kosztów i korzyści. Analiza ta może być jednak jednoznaczna, jeśli poprawnie sparametryzuje się tzw. łańcuch wartości oddziaływania, którego graficzną prezentację pokazano na rysunku 1.



Rysunek 1 Łańcuch oddziaływania poszczególnych elementów analizy socjalnej (na podstawie Clark i in., 2008)

Wkład (inputs) obejmuje wszystkie elementy, które są wprowadzane do przedsięwzięcia (na przykład maszyny rolnicze, logistyka i know-how). Działania są podstawowymi czynnościami w ramach analizowanego przedsięwzięcia i dla przykładu mogą to być: pozyskanie biomasy, przetwarzanie biomasy (w tym termiczne), ale też działania promocyjne i informacyjne. Łańcuch wartości wpływu pozwala rozróżnić wyniki i efekty (outputs i outcomes). Wyniki to parametry, które firma lub

kierownik projektu może bezpośrednio zmierzyć lub ocenić. Wyniki mogą obejmować liczbę utworzonych miejsc pracy, zaoszczędzoną energię lub korzyści związane z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii, związane z produkcją zielonej energii. Wskaźniki oddziaływania społecznego to konkretne wyniki operacyjne, które można zmierzyć, realizując te cele, które są związane z korzyściami społecznymi. Efekty (outcomes) to zmiany w społeczeństwie. W przypadku wykorzystania biomasy na cele energetyczne, pożądane efekty mogą się zwiększyć przy tych samych wynikach ekonomicznych. Dla przykładu efekty to korzyści dla społeczeństwa, w tym wsparcie dla rodziny, duma z wytwarzania ekologicznej energii, dobra marka podstawowych towarów czy personelu. Efekt odnosi się więc do części całkowitego wyniku w działalności rolników i producentów energii. Dla poprawnego określenia efektów powinno się odpowiedzieć na pytanie „co by się stało” gdyby zostało wprowadzone alternatywne rozwiązanie (np. energia w gminie pochodziłaby wyłącznie ze źródeł odnawialnych).

W monografii poddałem analizie istniejące prace w obszarze i poza obszarem inżynierii rolniczej. Analizy socjalne zostały zaimplementowane do wielu metodyk, bazujących na różnych narzędziach, głównie pochodzących z nauk o zarządzaniu i nauk społecznych. Do najpopularniejszych metodyk należą:

- Life Cycle Sustainability methodology, (Barthel i in. 2005),
- Methodology of social analyses, (Dreyer i in. 2006),
- Corporate Social and Environmental Performance, (Gauthier 2005),
- Societal LCA methodology, (Hunkeler 2006),
- Social impacts of the production of notebook PCs, (Manhart, Grieshammer 2006),
- Venture capital fund, (Méthot, 2005),
- Label 'Sustainable Development, Spillemaeckers i in. (2004),
- Sustainability SWOTs, (Pesonen 2007),
- The integration of economic and social aspects, (Weidema 2006),
- Metodyka ZeroWIN (ZeroWin, 2010),
- Metodyka opracowana w projekcie TransWaste (TransWaste, 2012).

Wielu autorów opracowało metodyki analizy wpływu przedsięwzięcia na społeczeństwo, ale żadna z tych metodyk nie zajmuje się wykorzystaniem biomasy na cele energetyczne, co było podstawą do sformułowania problemu badawczego, a w konsekwencji celu pracy podanego w punkcie 2.2.1.

Opracowana na potrzeby monografii metodyka obejmowała badania w oparciu o istniejące procedury badawcze (np. pomiar ciepła spalania) oraz na obliczeniach wskaźników, opisanych przy

pomocy wzorów, które wyznaczają efekt socjalny dla różnych biomas i różnych scenariuszy ich pozyskania i energetycznego wykorzystania.

Wskaźnik SROI jest modyfikacją wskaźnika ROI (Return On Investment – stopa zwrotu z inwestycji), który jest stosowany w celu określenia efektywności ekonomicznej zainwestowanych środków. Wskaźnik ROI istnieje od ponad 30 lat i został on po raz pierwszy zdefiniowany przez Philipa w latach 70-tych ubiegłego wieku (Michałek 2012). Wskaźnik rentowności ROI wyrażany jest jako stosunek zysków z inwestycji do nakładów inwestycyjnych:

$$ROI = \frac{Z_t}{I_0} \cdot 100\% \quad (1)$$

gdzie:

Z_t – zysk z inwestycji w określonym czasie t , zł,

I_0 – nakłady inwestycyjne, zł.

Po zmodyfikowaniu wskaźnika ROI, wskaźnik SROI przyjmie postać:

$$SROI = \frac{Z_{st}}{I_0} \cdot 100\% \quad (2)$$

gdzie:

Z_{st} – suma wpływów socjalnych z inwestycji w określonym czasie t , zł,

I_0 – nakłady inwestycyjne, zł.

Suma wpływów socjalnych oznacza łączne pieniężne zyski społeczne (social benefits) wyrażone w wartości pieniężnej (np. zł). Wartość ta może być zarówno dodatnia, jak i ujemna.

Wskaźniki użyte w metodyce można podzielić na wskaźniki podstawowe i pośrednie. Dla określenia wskaźników podstawowych należy obliczyć wskaźniki pośrednie i zmierzyć lub przyjąć wielkości niezależne (takie jak np. uprawiany areał). Proponowana metodyka bazuje na pięciu wskaźnikach podstawowych:

1. Wpływ wytwarzanej energii na rolników, zł·rok⁻¹.
2. Wpływ użytkowania biomasy na producenta energii, zł·rok⁻¹.
3. Redukcja gazów cieplarnianych, zł·rok⁻¹.
4. Stworzenie nowych miejsc pracy, zł·rok⁻¹.
5. Odpowiedzialność za produkt, zł·rok⁻¹.

Wskaźniki nr 1 i 2 dotyczą producentów nośników i wytwórców energii. Zakłada się tutaj, że (zgodnie z zasadami analiz LCA) wytwarzanie energii zaczyna się już na etapie produkcji paliwa biomasowego. Pozostałe wskaźniki (3÷5) są przede wszystkim istotne dla konsumentów energii, czyli dla lokalnej

społeczności. W monografii habilitacyjnej podałem sposób obliczenia i monetaryzacji każdego ze wskaźników.

Kolejnym efektem wykonanych badań i analiz jest algorytm postępowania przy wykorzystaniu słomy. Zaproponowano metodykę obliczeń oraz pozyskiwania i wykorzystania danych wejściowych, które uwzględniają:

- okres analizy,
- rodzaj zboża,
- plon słomy z 1 ha, $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$,
- areał uprawny, ha,
- typ instalacji do produkcji energii ze słomy,
- roczną amortyzację maszyn rolniczych i urządzeń do produkcji energii,
- inne dane potrzebne do obliczenia wpływów socjalnych.

Wykonane analizy efektów socjalnych produkcji ciepła i energii elektrycznej ze słomy zostały porównane z wynikami analiz ekonomicznych. Żeby to umożliwić w monografii przedstawiono podstawowe wzory potrzebne do wyznaczenie rocznych przepływów pieniężnych w przedsięwzięciu energetycznego wykorzystania biomasy, decydując się na metodę *NPV* (*Net Present Value*), która polega na porównaniu nakładów przewidywanych na realizację inwestycji z sumą spodziewanych nadwyżek finansowych, ale po uprzednim sprowadzeniu ich wartości do aktualnego poziomu, z uwzględnieniem kosztu zaangażowanego kapitału. W analizowanych przedsięwzięciach skalkulowane w poszczególnych latach eksploatacji inwestycji nadwyżki finansowe sprowadzałem do ich aktualnej wartości za pomocą rachunku dyskonta.

Ponieważ istotnym problemem badawczym jest mechanizacja w inżynierii rolniczej w pracy porównano dwa modele biznesowe – o wysokim stopniu mechanizacji (Sady Trzebnica) i braku mechanizacji (Jura Szwabska).

Dla Sądów Trzebnica łączne nakłady inwestycyjne wyniosły $77\,100\ \text{zł}\cdot\text{rok}^{-1}$, roczna amortyzacja maszyn: $65\,100\ \text{zł}\cdot\text{rok}^{-1}$ a pozostałe roczne koszty („inne” koszt paliwa i pracy ludzkiej) przypisane do zbiórki gałęzi szacuje się na $12\,000\ \text{zł}\cdot\text{rok}^{-1}$. Maszyny zakupione na potrzeby pozyskania biomasy, podlegające amortyzacji generowały koszty:

- prasa do gałęzi, $11\,200\ \text{zł}\cdot\text{rok}^{-1}$,
- maszyna do zbierania gałęzi (windrower), $2\,600\ \text{zł}\cdot\text{rok}^{-1}$,
- ciągnik rolniczy CASE IH Quantum 65kW, $44\,800\ \text{zł}\cdot\text{rok}^{-1}$.

Dla Jury Szwabskiej analizie poddano małe gospodarstwa na obszarze ok. 4 000 ha i dla nich łączne nakłady inwestycyjne wyniosły (po przeliczeniu na złotówki) **149 600 zł·rok⁻¹**. Nakłady te uwzględniały:

- łączną roczną amortyzację maszyn i urządzeń (samochody osobowe i dostawcze, rębaki, przyczepy itp.), 60 000 zł·rok⁻¹,
- łączną roczną amortyzację urządzeń grzewczych do spalania gałęzi, 76 000 zł·rok⁻¹,
- inne nakłady (głównie paliwo), 13 600 zł·rok⁻¹.

Porównanie wyników analizy wykonano w oparciu o dane prezentowane w tabeli 1.

Tabela 1.

Zestawienie wyników obliczeń dla Sadów Trzebnica i Jury Szwabskiej

L.p.	Opis	Sady Trzebnica	Jura Szwabska
1.	Wpływ wytwarzanej energii na rolników (P), zł	114 510,42	-
2.	Wpływ użytkowania biomasy na producenta energii (P), zł	67 739,00	2 796 000,00
3.	Redukcja gazów cieplarnianych (K), zł	29 743,20	293 760,00
4.	Stworzenie nowych miejsc pracy (K), zł	675,00	640 000,00
5.	Odpowiedzialność za produkt (K), zł	23 236,88	356 490,00
6.	Suma wpływów socjalnych (poz. 1, 2, 3, 4, 5), zł	235 904,50	4 086 250,00
7.	Łączne nakłady inwestycyjne, zł	77 100,00	149 600,00
8.	Obliczony wskaźnik SROI, -	3,06	27,31

Finalnym wskaźnikiem jest SROI, który oznacza, że dla Sadów Trzebnica każda złotówka zainwestowana w energetyczne wykorzystanie biomasy przynosi 3 zł wpływów socjalnych. Dla Jury Szwabskiej wskaźnik ten jest dużo wyższy i wynosi ponad 27 zł. Wynika to z dużej ilości wyprodukowanej energii (prawie dziesięciokrotnie więcej niż dla Sadów Trzebnica) a tylko dwukrotnie (dokładniej 1,94 razy) większe nakłady inwestycyjne. Wielu drobnych i rozproszonych użytkowników systemu pozyskiwania biomasy na cele energetyczne, który cechuje się niską produktywnością (wydajność pozyskiwania biomasy) nie generuje wysokich kosztów inwestycyjnych (związanych z koniecznością zakupu maszyn) a pozwala wyprodukować dużą ilość rozproszonej energii. Dodatkowo dla Jury Szwabskiej koszty magazynowania i pozyskania biomasy są zerowe, co także podnosi wartość wskaźnika SROI.

Efektem związanym z badaniami biomasy były zarówno wyniki tych badań jak i metodyka postępowania, która była maksymalnie uproszczona, ale musiała uwzględniać obowiązujące normy i procedury badawcze:

- PN-ISO 1170:2001 Węgiel i koks - Przeliczanie wyników analiz na różne stany;
- PN-G-04511:1980 Paliwa stałe - Oznaczanie zawartości wilgoci;
- PN-G-04512:1980/Az1:2002 Paliwa stałe - Oznaczanie zawartości popiołu metodą wagową;
- PN-G-04516:1998 Paliwa stałe - Oznaczanie zawartości części lotnych metodą wagową;
- PN-ISO 1928:2002 Paliwa stałe - Oznaczanie ciepła spalania metodą spalania w bombie kalorymetrycznej i obliczanie wartości opałowej.

Ze względu na brak polskich norm, dotyczących oznaczenia zawartości popiołu w biomase oraz z uwagi na to, iż zawiera ona zwiększoną zawartość metali alkalicznych utleniających się w temperaturze powyżej 600°C, oznaczenia zawartości popiołu w biomase zostały przeprowadzone w niższej temperaturze, według norm europejskich (CEN/TS 14775), w temperaturze 550°C do uzyskania stałej masy próby w czasie 4-6 godzin. Zawartość części lotnych i wilgoci w biomase została wyznaczona z (CEN/TS 15148) oraz (CEN/TS 14774). Dla badanych paliw wyniki przeprowadzonych analiz zamieszczono w przeliczeniu na stan roboczy paliwa, analityczny, suchy i suchy bezpopiołowy. Kluczowym dla wyników analizy SROI było ciepło spalania biomasy. Wykonane pomiary pozwoliły określić ciepło spalania i wartość opałową. Ciepło spalania Q_s jest ilością ciepła wydzielonego podczas zupełnego i całkowitego spalania danego paliwa, przy czym produkty zostały ochłodzone do temperatury początkowej substratów. W opisywanej metodyce do obliczeń przyjmowałem wartość opałową Q_w^f , która jest ilością ciepła wydzielonego podczas zupełnego i całkowitego spalania danego paliwa, przy czym para wodna powstała w procesie spalania nie została skroplona (Kordylewski 2001). W części badawczej wykonałem laboratoryjne analizy różnych rodzajów biomas w celu odpowiedzenia na pytanie, czy różne rodzaje paliw pochodzenia rolniczego wygenerują różne wpływy socjalne oraz zdefiniowano i wyznaczono te wpływy. Badania wykonałem dla różnych scenariuszy, a całość zakończyłem weryfikacją i dyskusją wyników popartą przykładami, w których te przedsięwzięcia przynoszą pozytywne efekty dla lokalnej społeczności w ujęciu socjalnym. W pracy podałem wyniki analiz energetycznych wybranych rodzajów biomasy, z uwzględnieniem czynników mających wpływ na ich spalanie, a pośrednio na wyniki analizy SROI. Do badań wybrałem następujące materiały pochodzenia roślinnego:

1. słoma pszenna,
2. masłosz,
3. drewno odpadowe.

Słoma pszenna została wybrana do analiz m. in. ze względu na jej duże ilości w polskim rolnictwie, oraz na fakt, że była przedmiotem analiz wykonanych opisanych w monografii. Wykorzystanie masłosza na cele energetyczne miało zastosowanie we wrocławskiej energetyce (był współspalany z



węglem w elektrociepłowni wrocławskiej), a paliwo to jest dobrym przykładem wpływu pochodzenia biomasy na efekt środowiskowy. Z kolei drewno odpadowe uważane jest za bardzo dobrą biomasę do spalania. W celu określenia wartości opałowej dla każdej z biomas postępowano zgodnie z metodyką badań:

1. mierzono ciepło spalania za pomocą kalorymetru automatycznego KL-10,
2. określano zawartość wilgoci analitycznej (przy pomocy suszarki laboratoryjnej SLN STD 53/115/240),
3. badano skład elementarny (CHNS), ze szczególnym uwzględnieniem ilości wodoru w stanie analitycznym. Badania były zlecane certyfikowanemu laboratorium, posiadającemu akredytację o numerze AB 1293, wydaną przez Polskie Centrum Akredytacji,
4. obliczano wartość opałową,
5. wykonano pogłębioną analizę przydatności do spalania z uwzględnieniem składu elementarnego i analizy tlenkowej popiołów.

Każde badanie wykonano dla 10 próbek, a uśrednione wyniki podano w tabeli 2.

Tabela 2.

Zestawienie średnich wyników pomiarów i obliczeń dla wybranych rodzajów biomasy

L.p.	Biomasa	Słoma pszenna	Masłoz	Drewno odpadowe
1.	Ciepło spalania, $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$	16 038	17 947	23 183
2.	Zawartość wilgoci w stanie analitycznym, %	5,10	6,91	11,7
3.	Zawartość wodoru, %	5,87	6,57	8,71
4.	Ciepło parowania, $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$	1 406	1 603	2 187
5.	Wartość opałowa, $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$	14 632	16 344	20 996

Zmierzone ciepło spalania, zawartość wilgoci w stanie analitycznym (W^a) oraz zawartość wodoru (H^a) posłużyły do obliczenia ciepła parowania i wartości opałowej. Zgodnie z analizą wrażliwości (rozdział **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.** w monografii) wartość opałowa jest istotnym parametrem mającym wpływ na wskaźnik SROI, ale analiza powinna również uwzględniać inne aspekty wpływające na proces (a w efekcie na sprawność) spalania lub na efekty środowiskowe w analizach pogłębionych. Wpływ innych składników biomasy na proces spalania zilustrowano na przykładzie słomy, wpływ pochodzenia biomasy na efekty środowiskowe podano na przykładzie masłosza.

W dalszej części pracy podałem sposób określenia sprawności instalacji, w której dokonuje się konwersji energii, a metodykę jej określenia zilustrowałem za pomocą przykładu, który stanowią badania sprawności instalacji do spalania biomasy o mocy 5 MW. Do najważniejszych wniosków z badań należy spostrzeżenie, że sprawność cieplna rusztowego kotła biomasowego zależy głównie od straty kominowej, gdyż pozostałe straty są stosunkowo niewielkie. Sprawność cieplna badanego kotła na biomasę wyniosła średnio 71,41%, co (biorąc pod uwagę typ instalacji) jest wynikiem zadowalającym, ale niższym niż podaje producent (85%). Stąd pojawia się zalecenie by na potrzeby analiz SROI wykonywać obliczenia sprawności na podstawie pomiarów, opisanych w monografii, takich jak:

- pomiary składu chemicznego spalin,
- badania laboratoryjne biomasy, żużla i popiołu,
- wykonanie obliczeń cieplno – bilansowych,
- określenie strat kotła: gazowej, niecałkowitego spalania, promieniowania, straty w gorącym żużlu i popiele.

W monografii podałem metodykę badań i analiz sprawności oraz sposób wnioskowania na potrzeby analizy socjalnej.

Dla weryfikacji opracowanej metodyki wykonywania analiz socjalnych zaproponowałem sposób badania wrażliwości (czułości). Analiza wrażliwości pozwoliła na określenie wpływu poszczególnych zmiennych niezależnych na wynik końcowy. Badając wpływ zmian poszczególnych zmiennych rozpatrywanych w analizie energetycznego wykorzystania biomasy można wskazać te, których ewentualne odchylenia będą miały największy wpływ na zyski socjalne przedsięwzięcia inwestycyjnego. Pozwala to na określenie zmiennych (obszarów), na których zmianę przedsięwzięcie inwestycyjne jest najbardziej wrażliwe. Zaletami takiej analizy wrażliwości jest identyfikacja ryzyka ze wskazaniem obszarów, które powinny być przedmiotem głębszej analizy oraz duża użyteczność w przypadku przedsięwzięć, w których ryzyko nie było wcześniej analizowane i kiedy nie ma doświadczeń pochodzących z podobnych przedsięwzięć inwestycyjnych realizowanych wcześniej.

W analizowanym przypadku analizowałem jak zmiana poszczególnych parametrów (p_i) wpłynie na zmianę wskaźnika SROI. Jako wskaźnik czułości przyjęto bezwymiarowy parametr C_i , wyrażony wzorem (3):

$$C_i = \frac{\frac{\Delta SROI}{SROI}}{\frac{\Delta p_i}{p_i}}, \quad (3)$$

gdzie: $\Delta SROI$ – zmiana wartości wskaźnika społecznego zwrotu z inwestycji w wyniku zmiany parametru p_i , zł,

$SROI$ – wskaźnik społecznego zwrotu z inwestycji przed zmianą (bazowy), zł,

Δp_i – zmiana i-tego parametru wybranego do analizy czułości,

p_i – wartość nominalna (przyjęta w analizie) parametru i-tego.

Do analizy wrażliwości wybrałem 11 parametrów analizy SROI (zmiennych niezależnych):

- uprawiany areał, ha
- uzysk biomasy, Mg·ha⁻¹
- cena biomasy, zł·Mg⁻¹
- wydajność pozyskania biomasy, ha·h⁻¹
- cena energii, zł·GJ⁻¹
- wartość opałowa biomasy, GJ·Mg⁻¹
- koszt emisji CO₂, zł·Mg_{CO2}⁻¹
- wynagrodzenie pracownika, zł·h⁻¹
- akceptowalny wzrost ceny, -
- nakłady inwestycyjne, zł
- sprawność konwersji energii, -.

Zmienne niezależne p_i zmieniano pojedynczo o 10% ich podstawowej wartości i powtarzano obliczenia dla przykładu wykorzystania słomy. Dla sprawdzenia uniwersalności wyników, wykonano także tę analizę dla pozostałych scenariuszy. Wyniki (wskaźniki czułości) były takie same lub bardzo zbliżone. Wszystkie obliczone zmienne ze wzoru wraz z obliczonymi wskaźnikami czułości C , podano w tabeli 3.

Tabela 3.

Zestawienie wyników obliczeń dla analizy wrażliwości

L.p.	Zmienna niezależna	Δ SROI	SROI	Δp_i	p_i	C
1	uprawiany areał	0,386	3,863	50,00	500	0,999
2	uzysk biomasy	0,39	3,863	0,38	3,75	1,010
3	cena biomasy	0	3,863	20,00	200	0,000
4	wydajność pozyskania biomasy	-0,001	3,863	0,10	1	-0,003
5	cena energii	0,342	3,863	5,28	52,76	0,885
6	wartość opałowa biomasy	0,385	3,863	1,50	15	0,997
7	koszt emisji CO ₂	0,043	3,863	8,19	81,94	0,111
8	wynagrodzenie pracownika	0,001	3,863	1,50	15	0,003
9	akceptowalny wzrost ceny	0,051	3,863	0,02	0,179	0,132
10	roczne nakłady	-0,351	3,863	49890,50	498905	-0,909
11	sprawność konwersji energii	0,090	3,863	0,08	0,825	0,233

Najwyższą dodatnią wrażliwość wyniku (SROI) na wartość zmiennej niezależnej uzyskano dla:

- uzysku biomasy,
- uprawianego areału,
- wartości opałowej biomasy,
- ceny energii.

Jest to zależność łatwa do wytłumaczenia, jeśli uwzględni się, że proponowana analiza SROI dotyczy energetycznego wykorzystania biomasy. Każda ze zmiennych niezależnych w oczywisty sposób będzie oddziaływać na wynik końcowy. Uzysk biomasy związany jest wydajnością pozyskiwania biomasy i uzależniony od stopnia mechanizacji, ale też od zarządzania gospodarstwem. Wzrost uzysku biomasy o 10,0% spowoduje wzrost wartości wskaźnika SROI o 10,1%. Wielkość plonów ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) jest przedmiotem badań i rozwiązań problemów inżynierii rolniczej. Analiza SROI potwierdza dodatkowy wpływ tego kierunku badań na zyski społeczne. Uprawiany areał występuje jako zmienna w największej ilości wzorów w proponowanej metodyce. Ze społecznego punktu widzenia jego wzrost o 10,0% spowoduje wzrost wartości SROI o 9,99%. W rzeczywistości brak jest jednak liniowej zależności pomiędzy areałem a wynikiem analizy SROI, ponieważ areał determinuje jednostkowe koszty inwestycyjne odniesione do roku. Istnieje minimalna wielkość gospodarstwa (dla słomy pszennej i produkcji energii elektrycznej wynosi ona 500 ha), która uzasadnia poniesienie kosztów inwestycyjnych. Dalsza zależność wielkości gospodarstwa i wyniku analizy społecznego zwrotu nakładów inwestycyjnych może już przyjąć zależność bliską liniowej. Wartość opałowa biomasy wpływa na ilość energii, którą można z niej uzyskać. Sposób jej określenia podano w monografii w

części badań laboratoryjnych (w podrozdziale 6.3.1). Ceny energii wpływają na przychody bądź koszty wszystkich uczestników (zyski dla producenta energii, koszty dla lokalnej społeczności) i ich wpływ na SROI na poziomie 88,5% jest istotny. Jest to wrażliwość dodatnia. Oznacza to, że wzrost ceny energii w sposób dodatni wpływa na wynik analizy (zwiększając zyski socjalne dla wszystkich uczestników lokalnej społeczności, w tym odpowiedzialność za produkt). Jeśli za tło do niniejszych rozważań przyjąć prognozowane wzrosty cen energii w najbliższych latach ze względu na rosnące opłaty środowiskowe i ceny paliw, a także prognozowany wzrost opłaty dystrybucyjnej, należy przyjąć wniosek, że społeczne zyski z wykorzystania biomasy na cele energetyczne w najbliższych latach będą rosły. Analiza czułości wskazała także zmienną niezależną o silnej, lecz ujemnej wrażliwości, jaką są nakłady inwestycyjne. Wzrost nakładów inwestycyjnych o 10% spowoduje spadek wartości SROI o 9%. Inaczej byłoby, gdyby nakłady inwestycyjne trafiały do lokalnej społeczności objętej analizą (np. gdyby instalacje do konwersji energii z biomasy produkowane były lokalnie). W obecnej chwili jest to rzadko spotykane, ale rozwój polskich firm produkujących instalacje do energetycznego przetwarzania biomasy (kotły, komory pirolityczne, instalacje do produkcji biodiesla itp.) może zmienić tę sytuację, podnosząc opłacalność społeczną inwestowania w energetyczne wykorzystanie biomasy. Wpływ pozostałych zmiennych niezależnych na wynik SROI jest już niewielki. Warto jednak zauważyć brak wpływu (zerową korelację) między SROI a ceną biomasy. Zależność ta wynika z uwzględnienia całości przepływów pieniężnych. Poszczególne wpływy socjalne wzajemnie niwelują swoje oddziaływanie zgodnie z rzeczywistością, gdzie istnieją powiązania np. między producentem energii i dostawcą biomasy. Wzrost ceny biomasy obniży dochody producenta energii, ale zwiększy dochody rolników. Tak długo jak cena energii nie ulegnie zmianie, suma przychodów ze sprzedaży biomasy i z produkcji energii pozostanie stała.

Podsumowując, w monografii „Socjoekonomiczne aspekty energetycznego wykorzystania biomasy pochodzenia rolniczego” podałem metodykę określenia wpływów społecznego zwrotu z inwestycji energetycznego wykorzystania biomasy metodą SROI. Zdefiniowałem podstawowe pojęcia, podałem informacje literaturowe o analizach socjalnych w tym zadania i cele analiz SROI, sposoby monetaryzacji wyników, przyczyny możliwych błędów przy sporządzaniu tych analiz, a także najważniejsze zasady sporządzania analizy SROI. W dalszej części sformułowałem problem badawczy, cel pracy i metodykę badań, przedstawiając sposób obliczania każdego wskaźnika przy pomocy formuł. Na potrzeby opracowanej metodyki wybrałem pięć najbardziej adekwatnych wskaźników:

- wpływ wytwarzanej energii na rolników,
- wpływ użytkowania biomasy na producenta energii,
- redukcja gazów cieplarnianych,
- stworzenie nowych miejsc pracy,

- odpowiedzialność za produkt.

W celu ilustracji proponowanej metodyki za pomocą rzeczywistych przedsięwzięć podałem przykłady badań i analiz wpływu parametrów energetycznych na wyniki analiz SROI, oraz wyniki badań laboratoryjnych wykonywanych dla określenia tych parametrów, ze szczególnym uwzględnieniem sposobu określania wartości opałowej i sprawności konwersji energii chemicznej biomasy na energię elektryczną lub ciepło.

Do analiz wykonywanych powszechnie w celu rozwiązywania problemów inżynierii rolniczej należą analizy ekonomiczne. Dlatego porównałem wyniki analizy socjalnej z wynikami analizy ekonomicznej. Wskazałem na wyższą uniwersalność analiz społecznego zwrotu z inwestycji. Brak jest korelacji między wynikami analiz społecznych i ekonomicznych. Analiza ekonomiczna może mieć wyniki negatywne ($NPV < 0$, brak zysków dla przedsiębiorców bez zewnętrznego wsparcia), natomiast analiza społeczna może przynieść bardzo pozytywne efekty (tj. $SROI > 20$, co oznacza, że 1 zł wydane na wdrożenie modelu biznesowego energetycznego wykorzystania biomasy przyniesie ponad 20 zł zysków socjalnych).

Na podstawie wykonanych analiz sformułowano wnioski naukowe, które umożliwiły dyskusję w odniesieniu do badań i analiz prowadzonych w dyscyplinie inżynierii rolniczej.

1. Analiza społeczna dla scenariuszy, w których rolnik zbiera gałęzie ręcznie na własny użytek, dała najwyższe wartości wskaźnika społecznego ($SROI=27$). Scenariusze z płacą rynkową za zbiórkę ręczną dały również pozytywne, ale nie tak wysokie wyniki ($SROI=6,7$).
2. W przypadku prac wykonywanych przy zastosowaniu maszyn wskaźnik SROI wyniósł 3,9 dla energetycznego wykorzystania słomy oraz 3,0 dla biomasy pochodzenia sadowniczego, tak jak w przypadku Sadów Trzebnica.
3. Przy uprawach wysoce zmechanizowanych, dla dużych arealów, uzyskano wyższe wskaźniki rentowności (dodatnie NPV i IRR), ale niższe wskaźniki SROI, zawierające się w przedziale 3 do 4.
4. Mechanizacja zbioru biomasy obniża nieznacznie zyski społeczne przy jej energetycznym wykorzystaniu, ale zwiększa zyski ekonomiczne, co pokazano przy analizie socjoekonomicznej zbioru słomy na cele energetyczne. Dwukrotny wzrost wydajności pozyskania biomasy (wyrażony w $ha \cdot h^{-1}$) spowodował spadek wartości wskaźnika SROI o 0,2% i wzrost wartości wskaźnika ROI o 1%. Czterokrotny wzrost wydajności pozyskania biomasy nieznacznie wpłynął na SROI (spadek o 0,29%), natomiast wskaźnik rentowności ekonomicznej ROI wzrósł o 1,5%.

5. Analiza wrażliwości wykazała, że wartość opałowa biomasy ($C=0,997$) jest istotniejsza dla SROI niż sprawność konwersji energii ($C=0,223$). Stąd wniosek, że dla zwiększenia zysków socjalnych należy użytkować biomasę o dużej zawartości węgla i wodoru, oraz niskiej zawartości substancji mineralnych oraz potasu i sodu.

Wyniki badań i opracowana na ich podstawie metodyka może być wykorzystywana jako uzupełnienie analiz ekonomicznych i środowiskowych. Jak pokazano w monografii analiza przychodów (a po uwzględnieniu nakładów inwestycyjnych i eksploatacyjnych - zysków) społecznych może być cennym źródłem wiedzy, której nie dostarczą inne analizy. Analiza oparta o metodykę SROI może być, między innymi, uzasadnieniem dla dotowania niektórych obszarów rolnictwa. Dotacje dla instalacji i przedsięwzięć energetycznego wykorzystania biomasy będą uzasadnione przy wysokich wskaźnikach SROI.

2.2.3. Omówienie wykorzystania wyników pracy

Opracowana metodyka może być użyta w analizach i badaniach w dyscyplinie inżynierii rolniczej, zwłaszcza przy porównaniu różnych przedsięwzięć energetycznego wykorzystania biomasy. Analiza socjalna powinna uwzględniać wszystkie ważne czynniki społeczne, do których należą wpływ na zdrowie, zadowolenie a nawet duma czy szczęście, które mylnie uważa się za obszary niepodlegające porównaniom ilościowym, a wyłącznie jakościowym. Opracowana metodyka dla analiz socjalnych w rolnictwie pozwala wycenić i w efekcie porównać te wielkości. Analiza socjalna powinna uzupełniać inne analizy (energetyczne, środowiskowe i ekonomiczne), pozwalając na stworzenie kompleksowego obrazu wpływu wykorzystania biomasy na społeczeństwo, w tym, a może przede wszystkim, na mieszkańców gmin wiejskich.

W oparciu o zaproponowaną metodykę możliwe jest wykonanie dowolnej analizy socjoekonomicznej wykorzystania biomasy na cele energetyczne. Podane w monografii formuły oraz szczegółowe opisy poparte przykładami danych, potrzebnych do pozyskania w celu wykonania analizy przychodów społecznych, umożliwiają wykonanie kolejnych analiz z użyciem wskaźnika SROI, które umożliwią ocenę różnych przedsięwzięć energetycznego wykorzystania biomasy. Dane wejściowe (takie jak uzysk biomasy, areał uprawny, jednostkowy koszt pozyskania biomasy, ciepło spalania biomasy, zawartość części lotnych, popiołu, wilgoci, koszt emisji CO_2 i inne) powinny być określane zgodnie z metodami i narzędziami inżynierii rolniczej. Praca wykorzystuje więc dorobek inżynierii rolniczej i podaje sposób ich dalszego wykorzystania w nowym obszarze – analiz przychodów społecznych metodą SROI.

Obecnie planuję wykorzystać opracowaną na potrzeby monografii metodykę w projektach badawczych (których jestem wykonawcą):

- Rubizmo (Załącznik 4, pkt. 2.10.3) oraz
- EcoDryer, Biostrateg 3 (2.10.4).

Jako autor monografii „Socjoekonomiczne aspekty energetycznego wykorzystania biomasy pochodzenia rolniczego” mam nadzieję, że analizy socjalne zostaną zaimplementowane do analiz wykonywanych przez środowisko naukowe skupione wokół inżynierii rolniczej. Nadzieja ta jest spowodowana zainteresowaniem i pozytywnym odbiorem metodyki podanej w monografii, zarówno podczas konferencji naukowych jak i w trakcie seminarium przed Radą Wydziału Inżynierii Produkcji i Energetyki Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, które miało miejsce 10 kwietnia 2019 roku.

2.2.4. Bibliografia

Barrow C. J. (2000) Social impact assessment: an introduction. Arnold, London, and Oxford University Press Inc., New York.

Barthel L., Wolf M.A., Eyerer P. (2005): Methodology of Life Cycle Sustainability for Sustainability Assessments. Presentation on the 11th Annual International Sustainable Development Research Conference (AISDR), 6th–8th of June 2005, Helsinki, Finland

Clark C., Rosenzweig W., Long D., Olsen S. (2008). Double Bottom Line Project Report: Assessing Social Impact in Double Bottom Line Ventures. Rockefeller Foundation. Jan 2004. 25 Sept 2008 <http://www.riseproject.org/DBL_Methods_Catalog.pdf>.

Dreyer L., Hauschild M., Schierbeck J. (2006): A Framework for Social Life Cycle Impact Assessment. Int J LCA 11 (2) 88–97.

Gauthier C. (2005): Measuring Corporate Social and Environmental Performance: The Extended Life-Cycle Assessment. J Bus Ethics 59 (1–2) 199–206.

Hunkeler D. (2006): Societal LCA Methodology and Case Study. Int J LCA 11 (6) 371–382.

Kordylewski, W. (2001). Spalanie i paliwa. Wrocław: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2001. ISBN 83-7085-565-2.

Manhart A., Grieshammer R. (2006): Social impacts of the production of notebook PCs. Contribution to the development of a Product Sustainability Assessment (PROSA). Öko-Institut e.V., Freiburg, Germany.

Méthot A. (2005): FIDD: A green and socially responsible venture capital fund. Presentation on the Life Cycle Approaches for Green Investment. 26th LCA Swiss Discussion Forum, 2005, Lausanne, Switzerland.

- Michałek N.** (2012). Znaczenie i Wykorzystanie wskaźnika ROI w pomiarze efektywności wirtualizacji IT, *Współczesna Gospodarka*, 3(1) 2012, ISSN: 2082-677X
- Michałek R., Kuboń M.** (2014). Kronika: Co dalej z inżynierią rolniczą? *Inżynieria Rolnicza*, 3(151), 247-252. ISSN: 1429-7264.
- Kocira S.** (2013). Techniczna i technologiczna modernizacja gospodarstw rodzinnych w procesie wdrażania rolnictwa zrównoważonego. *Lublin. Wydaw. TWNL*. ISBN 978-83-63761-15-8 ss. 115.
- Napiórkowski J., Gonera J.** (2017). Modelling Reliability of Henhouse Microclimate Systems with Risk Analysis Approaches. *Agricultural Engineering*, 2017, R. 21, nr 3 (163), s. 47-60. ISSN: 2083-1587.
- Pesonen H., L.** (2007) Sustainability SWOTs – New Method for Summarizing Product Sustainability Information for Business Decision Making, LCM 2007, Zürich.
- Spillemaeckers S, Vanhoutte G, Taverniers L, Lavrysen L, van Braeckel D, Mazijn B, Rivera J. D.** (2004): Integrated Product Assessment – The Development of the Label 'Sustainable Development' for Products Ecological, Social and Economical Aspects of Integrated Product Policy. Belgian Science Policy, Belgium.
- Szparaga A., Czerwińska E.** (2017). Modelling of Beetroot Seedlings with Modified Generalized Logistic Functions. *Agricultural Engineering*, 2017, R. 21, nr 3 (163), s. 107-117. ISSN: 2083-1587.
- TransWaste** (2012). Social effects informal collection & formalisation strategies, Final report of the project TransWaste funded by Central Europe.
- The Interorganizational Committee** on Principles and Guidelines for Social Impact Assessment (2003). Principles and guidelines for social impact assessment in the USA. Impact Assessment and Project Appraisal, volume 21, number 3, September 2003, pages 231–250, Beech Tree Publishing, 10 Watford Close, Guildford, Surrey GU1 2EP, UK.
- Weidema B., P.** (2006): The integration of Economic and Social Aspects in Life Cycle Impact Assessment. *Int J LCA* 11 (1) (Special Issue) 89–96.
- ZeroWin** (2010), Obersteiner G., Beigl P., Pertl A., Scherhauser Institute of Waste Management, BOKU Wien. Grant Agreement number: 226752. Work package number: 7.

3. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Szczegółowy wykaz osiągnięć naukowo-badawczych, dydaktycznych oraz organizacyjnych zamieściłem w załączniku nr 4.

3.1. Działalność naukowo-badawcza przed uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych

W 1998 roku rozpocząłem studia na Uniwersytecie Ekonomicznym im. Oskara Langego we Wrocławiu na wydziale Zarządzania i Informatyki. Specjalizowałem się tam w zarządzaniu finansami i w analizach ekonomicznych. W trakcie studiów pojawiło się zainteresowanie energetyką co znalazło odzwierciedlenie w mojej pracy dyplomowej pt. „Wybrane zagadnienia ilustrujące funkcjonowanie i kierunki rozwoju systemów informacyjnych bloku energetycznego” oraz było przyczyną podjęcia studiów na drugim kierunku na Politechnice Wrocławskiej (w 2002 roku) na Wydziale Mechaniczno-Energetycznym w specjalności termoenergetyka. W międzyczasie (w latach 2000-2001) brałem udział w rocznej wymianie studentów na uniwersytecie w Zittau, gdzie nauczyłem się płynnie mówić w języku niemieckim. W 2004 skończyłem studia na Uniwersytecie Ekonomicznym z wynikiem bardzo dobrym i kontynuowałem naukę na Politechnice Wrocławskiej. Już jako student brałem udziałem w pomiarach i badaniach realizowanych w elektrowniach i elektrociepłowniach, co znalazło odzwierciedlenie w raportach naukowo technicznych (**Załącznik 4, pkt. 2.6.1 do 2.6.4**) oraz moich pierwszych publikacjach w czasopismach recenzowanych (**2.2.1, 2.2.2 i 2.5.1**). Moim głównym zadaniem (oprócz wykonywania pomiarów) było opracowanie i wizualizacja wyników badań (za pomocą map 3D). Podczas mojej współpracy z przemysłem pojawił się problem naukowo – badawczy związany z powszechnym zjawiskiem korozji wysokotemperaturowej zintensyfikowanym w wyniku pojawienia się tzw. „zielonych certyfikatów” i współspalania biomasy. Istniała opinia, że współspalanie biomasy w udziale do 20% jest bezpieczna dla urządzeń kotłowych i nie powoduje problemów eksploatacyjnych. Okazało się jednak, że trwałość powierzchni ogrzewalnych (a zwłaszcza parowników) w wyniku pojawienia się korozji spadła ponad dziesięciokrotnie, co wykazałem w dalszych badaniach, realizowanych już w ramach doktoratu. Przedstawiciele energetyki (głównie z EDF Polska, która była wówczas właścicielem znacznej liczby polskich elektrowni i elektrociepłowni) zainteresowali się moją pracą magisterską „Korozja wysokotemperaturowa ekranów komór paleniskowych kotłów pyłowych” oraz zadeklarowali gotowość współpracy, która przyniesie rozwiązanie ich problemów eksploatacyjnych związanych m. in. z korozją wysokotemperaturową. Rozpoczęta współpraca dała efekt w postaci dalszych raportów z badań (**Załącznik 4, pkt. 2.6.5 do 2.6.7**) oraz dalszych publikacji (**2.2.3 do 2.2.7**) i wystąpień konferencyjnych (**2.11.1 do 2.11.3**). Zapewniono finansowanie badań przez EDF R&D i EDF Polska Group w ramach Konsorcjum Polskich Uczelni i EDF w ramach programu „Rozwiązania ograniczające korozję niskoemisyjną w kotłach, 2005-



2010. Projekt zakończył się i został rozliczony już po doktoracie (**Załącznik 4, 2.6.8, 2.10.1**), który był ukierunkowany na opracowanie metodyki oceny przedsięwzięć ochrony antykorozyjnej ekranów kotłów pyłowych. Opracowana metodyka została wprowadzona do wszystkich zakładów grupy EDF i jest stosowana do dziś.

3.2. Działalność naukowo-badawcza po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych zostałem zatrudniony jako adiunkt w Zakładzie Podstaw Techniki (obecnie Zakład zmienił nazwę na Zakład Niskoemisyjnych Źródeł Energii i Gospodarki Odpadami). Kierownik Zakładu – prof. dr hab. inż. Leszek Romański był zainteresowany wynikami mojej dotychczasowej działalności naukowo – badawczej i uważał, że badania takie należy dostosować do dyscypliny inżynierii rolniczej. Uogólniając można powiedzieć, że zmienił się przedmiot badań (wcześniej był to kocioł obecnie biomasa). Profesor Romański uzupełnił moją wiedzę o biomase pochodzenia rolniczego i leśnego, a nasza dalsza współpraca przyniosła kolejną publikację (**Załącznik 4, 2.1.2**).

W swojej działalności naukowo – badawczej współpracowałem i dalej współpracuję z Politechniką Wrocławską opracowując kolejne metodyki oceny efektywności ekonomicznej rozwiązań technicznych takich jak wykorzystanie plazmy niskotemperaturowej do zapłonu węgla w palnikach muflowych (**Załącznik 4, 2.1.1 i 2.5.1**) czy metodykę oceny wykorzystania paliw alternatywnych w zakładach chemicznych PCC Rokita w Brzegu Dolnym (**2.6.9**). Udało mi się także nawiązać współpracę z Akademią Górniczo – Hutniczą w Krakowie (**2.11.20 i 3.4.2**) i pogłębić moją wiedzę o przeciwdziałaniu korozji wysokotemperaturowej przy pomocy powłok ochronnych.

Ponieważ od października 2009 roku pracuję w Instytucie Inżynierii Rolniczej moje zainteresowania badawcze zostały ukierunkowane na problematykę **energetycznego wykorzystania biomasy**. W trakcie rocznego stażu i 30-sto miesięcznego zatrudnienia na Politechnice w Ostrawie (Katedra Energetyki) zajmowałem się pirolizą; przede wszystkim biomasy (**2.1.3, 2.2.10 do 2.2.12, 2.11.16 i 2.11.17**) oraz zagadnieniami związanymi z odnawialnymi źródłami energii (OZE) ponieważ jestem prowadzącym zajęcia głównie na kierunku Odnawialne Źródła Energii i Gospodarka Odpadami (**2.11.8 do 2.11.10, 3.2.A i 3.2.B**). Był to także powód analiz literaturowych i doksztalcenia się w zakresie samej gospodarki odpadami. W efekcie brałem udział w badaniach i pomiarach reaktorów do biostabilizacji odpadów, w wyniku czego powstały kolejne artykuły (**2.1.6 i 3.2.5**).

Oprócz biomasy i odpadów badałem także inne instalacje związane z OZE, takie jak ciepłownie geotermalne (**2.1.7**), turbiny wodne (**2.2.9**), turbiny wiatrowe (**2.2.16**), kolektory

słoneczne (2.2.17), pompy ciepła odpadowego (2.2.18) oraz stopień wykorzystania OZE w obszarach wiejskich (2.2.8).

W trakcie dalszych prac badawczo – naukowych biomasa pozostała dominującym przedmiotem badań (2.1.5, 2.11.5 do 2.11.7, 2.11.15). W kwietniu 2013 roku rozpocząłem pracę przy projekcie EuroPruning (2.10.2), w którym należało wykonać m. in. analizę ekonomiczną, środowiskową i społeczną energetycznego wykorzystania biomasy pochodzenia sadowniczego. Podjąłem się wtedy znalezienia adekwatnej metodyki dla analiz zysków społecznych (nazywanych z ang. socjalnymi). Po analizie istniejących metodyk stwierdziłem, że brakuje takiej, która może zostać bezpośrednio zastosowana do biomasy analizowanej w ramach projektu. Powstała więc potrzeba opracowania takiej metodyki, co zostało wykonane i spotkało się z bardzo pozytywnym odbiorem Komisji Europejskiej. Efektem były też publikacje (2.1.4, 2.2.13 do 2.2.15) i wystąpienia konferencyjne (2.5.2 do 2.5.5, 2.11.18 do 2.11.22) które spowodowały wzrost zainteresowania takimi analizami. W efekcie zgłosili się do nas partnerzy zagraniczni z prośbą o wykonanie takich analiz w ramach kolejnego projektu Rubizmo (2.10.3). Powstała również możliwość wykonania takich analiz w ramach projektu BioStrateg (2.10.4). Wtedy też postanowiłem dopracować, rozwinąć i uogólnić metodykę z projektu EuroPruning, tak by była uniwersalna i mogła znaleźć zastosowanie do energetycznego wykorzystania dowolnej biomasy, w tym pochodzenia rolniczego. Od września 2017 roku pracowałem nad monografią pt. „Socjoekonomiczne aspekty energetycznego wykorzystania biomasy pochodzenia rolniczego” która została wydana w marcu 2019 roku przez Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej. Monografia ta jest odzwierciedleniem moich zainteresowań naukowych i doświadczeń. Uwzględni bowiem aspekty techniczne (w tym ocenę wpływu biomasy na sprawność konwersji energii), ekonomiczne i społeczne.

3.3. Sumaryczne zestawienie dorobku naukowego

Sumaryczne zestawienie mojego dorobku naukowego zostało zaprezentowane w tabeli 4. Punktacja MNiSW została określona według roku wydania publikacji i wyniosła łącznie **300** punktów.

IF określono w roku wydania publikacji i wyniósł on **9,039**.

Liczba cytowań (bez autocytowań) według bazy Web of Science wyniosła **12**.

Indeks Hirscha według bazy Web of Science: **2**.

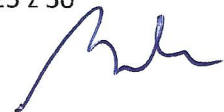


Tabela 4.
Sumaryczne, chronologiczne zestawienie dorobku

L.p.	Czasopismo	Tytuł	Pkt.	IF	Lista	Rok
1.	Systems	Świętochowski Mieczysław, Bukowski Przemysław, Roguła Włodzimierz: Badania podstawowych wskaźników pracy podgrzewaczy powietrza kotła K-3 w Elektrowni Opole. Systems (Wrocław). 2004 vol. 9, spec. iss. 2/2, s. 964-972, 3 rys., 1 tab., bibliogr. 2 poz., Summ. Referat z International Scientific and Technical Conference Energetyka 2004. Wrocław, 3-5 listopada 2004	2			2004
2.	Systems	Świętochowski Mieczysław, Bukowski Przemysław, Śniechowski Andrzej: Optymalizacja procesu spalania w kotle OP-650b (nr 8) w Elektrowni Turów. Systems (Wrocław). 2004 vol. 9, spec. iss. 2/2, s. 973-982, 5 rys., Summ. Referat z International Scientific and Technical Conference Energetyka 2004. Wrocław, 3-5 listopada 2004	2			2004
3.	Patent 83/z/2005	Bukowski P. i inni: Sposób monitorowania zagrożenia korozyjnego ścian membranowych kotłów pyłowych, projekt wynalazczy zgłoszony w Biurze Ochrony Własności Intelektualnej i Informacji Patentowej dnia 05.12.2005 r. pod nr 83/z/2005.	50			2005
4.	Systems	Bukowski Przemysław, Dyjakon Arkadiusz, Szczepanek Krzysztof, Rudka Krzysztof, Wywrot Dariusz: Ocena efektywności powietrza osłonowego na przykładzie Elektrowni Rybnik s.a. Systems (Wrocław). 2006 vol. 11, spec. iss. 1/1, s. 185-192, 4 rys., 1 tab., bibliogr., 6 poz., Summ. Referat z Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej Energetyka 2006. Wrocław, 8-10 listopada 2006.	2			2006
5.	Systems	Bukowski Przemysław, Kordylewski Włodzimierz, Milewicz Mirosław: Efektywność ekonomiczna metod ochrony antykorozyjnej ścian paleniska kotłowego. Systems (Wrocław). 2006 vol. 11, spec. iss. 1/1, s. 193-200, 2 rys., 4 tab., bibliogr. 4 poz., Summ. Referat z Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej Energetyka 2006. Wrocław, 8-10 listopada 2006.	2			2006



L.p.	Czasopismo	Tytuł	Pkt.	IF	Lista	Rok
6.	Materiały konferencyjne, Konferencja Kotlewa	Bukowski P., Dyjakon A., Kordylewski W., Salmonowicz M. (2006): Analiza ekonomiczna plazmowego rozruchu kotłów pyłowych (Economic analysis of plasma start-up system of pulverized coal-fired boilers), X Konferencja kotlewa, 17-20 październik, Szczyrk, Tom 1, 2006, s. 99-110	1			2006
7.	Archiwum Spalania	Bukowski Przemysław, Hardy Tomasz: Korozja wysokotemperaturowa w paleniskach niskoemisyjnych. Archiwum Spalania. 2006 vol. 6, nr 1-4, s. 97-113, 6 rys., 2 tab., bibliogr. 23 poz., Summ. Referat z Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej Energetyka 2006. Wrocław, 8-10 listopada 2006	6			2006
8.	Archiwum Energetyki	Bukowski Przemysław, Kordylewski Włodzimierz: Porównanie skuteczności powietrza osłonowego i wybranych powłok ochronnych przed oddziaływaniem korozji niskoemisyjnej. Archiwum Energetyki 2008 nr 2, tom XXXVIII, s. 27-33, 5 tab., bibliogr. 3 poz., Summ. Referat z Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej Energetyka 2008. Wrocław, 5-7 listopada 2008	3		B	2008
9.	Archiwum Combustionis	Bukowski Przemysław, Hardy Tomasz, Kordylewski Włodzimierz: Evaluation of corrosion hazard in PF boilers applying the oxygen content in flue gases. Archivum Combustionis. 2009, vol. 29, nr 1/2, s. 11-18.	6		B	2009
10.	Rynek Energii	Bukowski Przemysław, Kobel Przemysław, Kordylewski Włodzimierz, Mączka Tadeusz: Use of Cavity Plasmatron in Pulverized Coal Muffle Burner for Start-up of a Boiler	11	0,626	B	2010
11.	Eksploatacja i niezawodność	Bukowski Przemysław, Romański Leszek: Metody określania zagrożenia korozją wysokotemperaturową powierzchni ogrzewalnych kotłów spalających lub współspalających biomasę	9	0,319	A	2010
12.	Inżynieria Rolnicza	Bukowski Przemysław, Dębowski Marcin, Romański Leszek: Analiza wykorzystywania energii odnawialnej w gospodarstwach wiejskich.	5		B	2012
13.	Energetyka – Problemy Energetyki i Gospodarki Paliwowo-Energetycznej	Bukowski P., Dyjakon A., Dams B.: Analiza techniczno-ekonomiczna zastosowania siłowni wodnej ze śrubą Archimedesesa dla niskich śpiętrzeń. Energetyka – Problemy Energetyki i Gospodarki Paliwowo-Energetycznej, Nr 7 (709), 2013, s. 575-579. ISSN 0013-7294.	5		B	2013

L.p.	Czasopismo	Tytuł	Pkt.	IF	Lista	Rok
14.	Applied Mechanics and Materials	Bukowski P. Honus S., Juchelkova D.: The Influence of Work Parameters on A Hydrogen PEM Fuel Cell Efficiency. Applied Mechanics and Materials, Volume 395-396. Durnten-Zurich: Trans Tech Publications, 2013. p. 41-46. ISBN 978-3-03785-842-4.	7		B	2013
15.	Applied Mechanics and Materials	Bukowski P. Honus S., Juchelkova D.: Properties of Process Gas Combustion Products, Applied Mechanics and Materials, Volume 395-396. Enfield, New Hampshire, USA: Trans Tech Publications, 2013. p. 73-78. ISBN 978-3-03785-842-4.	7		B	2013
16.	Applied Mechanics and Materials	Maintenance Study of a Pilot Biomass Pyrolysis Installation. Applied Mechanics and Materials. Volume 217-219. Trans Tech Publications, 2014, 496-500(2014), p. 947-952. ISSN 1660-9336.	7		B	2013
17.	Chemical and Process Engineering	Bukowski P. Honus S., Juchelkova D., Sassmanová V., Frantík J. Energy balance sheet of semioperationalthermic system	15	0,653	A	2014
18.	Inżynieria Rolnicza	Bukowski P., Boer J., Dyjakon A. 2014. Biomasa z sadu na cele energetyczne: sposób podejścia przy ocenie wpływu na społeczeństwo	5		B	2014
19.	Inżynieria Rolnicza	Dyjakon A., Boer J., Bukowski P. 2014. EuroPruning – nowy kierunek wytwarzania energii z biomasy	5		B	2014
20.	Inżynieria Rolnicza	Boer J., Dyjakon A., Bukowski P., Boer E. 2014. Określenie wpływu nowego łańcucha logistycznego biomasy na środowisko naturalne.	5		B	2014
21.	Drewno	Arkadiusz Dyjakon, Jan Den Boer, Przemysław Bukowski, Florian Adamczyk, Paweł Frąckowiak: Wooden Biomass Potential from Apple Orchards in Poland, Vol. 59, No. 198., 73-86	15	0,642	A	2016
22.	Agricultural Engineering	Romański L., Bieniek J., Bukowski P., Kobel P. The impact of infrasounds generated by wind power stations on a human being: Agricultural Engineering; ISSN 2083-1587 [p]; ISSN 2449-5999 [e]; 2016; Vol. 20 nr 1 (157) s. 155-166, il. tab. ; DOI: 10.1515/agriceng-2016-0016	10		B	2016
23.	Agricultural Engineering	Kobel P., Romański L., Bieniek J., Bukowski P. Martynowicz A. Comparison of applications supporting selection and design of household solar collector systems, Agricultural Engineering, Vol. 20, No. 4, 85-99, ISSN 2083-1587; e-ISSN 2449-5999).	10		B	2016

L.p.	Czasopismo	Tytuł	Pkt.	IF	Lista	Rok
24.	Agricultural Engineering	Romański L., Bieniek J., Bukowski P. Kobel P., Szuk T. Techniczne oraz ekonomiczne wykorzystanie ciepła odpadowego do podgrzewania wody w basenach chowu ryb. Technical and economic analysis of use of post-treatment water as a source of heat for heating water in breeding tanks. Agricultural Engineering, Vol. 21, No. 3, 77-88. (ISSN 2083-1587; e-ISSN 2449-5999)	10		B	2017
25.	Revista de Chimie	Bukowski P., Filipovici A., Tucu D., Białowiec A. i in. Effect of Temperature and Heating Rate on the Char Yield in Sorghum and Straw Slow Pyrolysis.	20	1,412		mar.17
26.	Journal of Environmental Management	The influence of foil reactors perforation on greenhouse gases emission rate during aerobic biostabilization of the undersize fraction of municipal wastes: Sylwia Stegenta, Przemysław Bukowski, Marcin Dębowski, Peter F. Randerson, Andrzej Białowiec	35	4,05	A	lut.18
27.	Journal of Renewable and Sustainable Energy	Bieniek J., Bukowski P., Dębowski M., Romański L., Ignacok W. Modelling of the effect of outside temperature on exploitation of heat from geothermal water using the example of the geothermal heating plant PEC "Geotermia Podhalańska" S.A. Journal of Renewable and Sustainable Energy, vol. 10, nr 2 (Article number: 023901), 2018, ss. 1-12, DOI:10.1063/1.5032105.	20	1,337	A	kwi.18
28.	Monografia	Przemysław Bukowski: Socjoekonomiczne aspekty energetycznego wykorzystania biomasy pochodzenia rolniczego, Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej Kraków, 2019, 89 stron, ISBN 978-83-64377-34-1	25			2019

4. Działalność organizacyjna i dydaktyczna

Poza pracą naukową, angażuję się również w działalność organizacyjną Uczelni oraz działalność w zakresie popularyzacji nauki. Byłem promotorem 47 prac inżynierskich i 21 prac magisterskich na kierunkach Odnawialne Źródła Energii i Gospodarka Odpadami, Technika Rolnicza i Leśna, Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, Ochrona Środowiska. Jestem członkiem Komisji Kierunkowej ds. zapewnienia jakości kształcenia dla kierunku OZEiGO na poziomie I (rok 2017 do chwili obecnej), opiekunem studentów na tym kierunku studiów (lata 2010-2019), członkiem Komisji Rekrutacyjnej (2012-2017) oraz członkiem Komisji Egzaminacyjnej OZEiGO odpowiadającej za egzaminy i obrony prac dyplomowych na studiach I oraz II stopnia. Regularnie biorę udział w różnorodnych warsztatach organizowanych dla uczniów szkół gimnazjalnych i ponadgimnazjalnych a także dla dzieci ze szkół podstawowych. W ramach pracy dydaktycznej prowadzę wykłady i ćwiczenia na studiach I i II stopnia. Opracowałem programy nauczania pięciu przedmiotów: ćwiczeń z Techniki w OZEiGO, wykładu i ćwiczeń z Audytu energetycznego, wykładu z Prosumenckiej energetyki rozproszonej, wykładu i ćwiczeń z Optymalizacji w energetyce oraz wykładu i ćwiczeń z Non conventional sources of energy.

Moja działalność dydaktyczna jest także doceniana przez studentów i co roku uzyskuję wysokie oceny w ankiecie studentów oceniających jakość zajęć dydaktycznych na Wydziale Przyrodniczo-Technologicznym UPWr.

Szczegóły działalności organizacyjnej i dydaktycznej zostały przedstawione w załączniku 4.