

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

**Rada Dyscypliny Inżynieria Środowiska,
Górnictwo i Energetyka
ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin**

za pośrednictwem:

Rady Doskonałości Naukowej

pl. Defilad 1

00-901 Warszawa

(Pałac Kultury i Nauki, p. XXIV, pok. 2401)

dr Bogdan Saletnik

**Uniwersytet Rzeszowski
Kolegium Nauk Przyrodniczych**

Wniosek

z dnia 22 wrzesień 2023 roku

o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie **nauk inżynieryjno-technicznych** w dyscyplinie¹ **inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.**

Określenie osiągnięcia naukowego będącego podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego:

Cykl 5 powiązanych tematycznie artykułów naukowych, zgodnie z art. 219 ust. 1. Pkt 2b Ustawy pt. „Dobór krytycznych parametrów funkcjonalnych dla biomasy roślinnej i wytwarzanych z niej biowęgla wraz z parametryzacją procesu wytwarzania w kontekście ich dalszego użycia”

Wnioskuje – na podstawie art. 221 ust. 10 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 zm.) – aby komisja habilitacyjna podejmowała uchwałę w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w głosowaniu **tajnym/jawnym***²

Zostałem poinformowany, że:

Administratorem w odniesieniu do danych osobowych pozyskanych w ramach postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego jest Przewodniczący Rady Doskonałości Naukowej z siedzibą w Warszawie (pl. Defilad 1, XXIV piętro, 00-901 Warszawa).

Kontakt za pośrednictwem e-mail: kancelaria@rdn.gov.pl, tel. 22 656 60 98 lub w siedzibie organu.

Dane osobowe będą przetwarzane w oparciu o przesłankę wskazaną w art. 6 ust. 1 lit. c) Rozporządzenia UE 2016/679 z dnia z dnia 27 kwietnia 2016 r. w związku z art. 220 - 221 oraz art. 232 – 240 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, w celu przeprowadzenie postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego oraz realizacji praw i

¹ Klasyfikacja dziedzin i dyscyplin wg. rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 20 września 2018 r. w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych oraz dyscyplin w zakresie sztuki (Dz. U. z 2018 r. poz. 1818).

² * Niepotrzebne skreślić.

obowiązków oraz środków odwoławczych przewidzianych w tym postępowaniu.

Szczegółowa informacja na temat przetwarzania danych osobowych w postępowaniu dostępna jest na stronie www.rdn.gov.pl/klauzula-informacyjna-rodo.html


.....
(podpis wnioskodawcy)

Załączniki:

1. Dane wnioskodawcy
2. Kopia dyplomu potwierdzającego posiadanie stopnia doktora
3. Autoreferat w języku polskim
4. Wykaz osiągnięć naukowych stanowiących znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny w języku polskim
- 5.a-g. Oświadczenia autora i współautorów o indywidualnym wkładzie w prace składające się na osiągnięcie naukowe w języku polskim (wersja elektroniczna)
- 6.A1-A5. Kopie publikacji wchodzące w skład osiągnięcia naukowego (wersja elektroniczna)
7. Kopie dokumentów potwierdzające określone osiągnięcia (załączniki 7-50, wersja elektroniczna)
8. Nośniki danych (2 szt. pendrive) zawierające elektroniczną wersję wniosku wraz z załącznikami

Autoreferat

dr Bogdan Saletnik

Uniwersytet Rzeszowski
Kolegium Nauk Przyrodniczych

Rzeszów, 2023

Spis treści

1. IMIĘ I NAZWISKO	3
2. POSIADANE DYPLOMY, STOPNIE NAUKOWE	3
3. INFORMACJA O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH	3
4. OMÓWIENIE OSIĄGNIĘĆ, O KTÓRYCH MOWA W ART. 219 UST. 1 PKT. 2 USTAWY	4
4.1. Tytuł osiągnięcia	4
4.2. Wykaz prac wchodzących w skład osiągnięcia	4
4.3. Wprowadzenie, omówienie celu badawczego, metod badań, osiągniętych wyników, podsumowanie i literatura	6
5. INFORMACJA O WYKAZYWANIU SIĘ ISTOTNĄ AKTYWNOŚCIĄ NAUKOWĄ REALIZOWANĄ W WIĘCEJ NIŻ JEDNEJ UCZELNI, INSTYTUCJI NAUKOWEJ	35
6. INFORMACJA O OSIĄGNIĘCIACH DYDAKTYCZNYCH, ORGANIZACYJNYCH ORAZ POPULARYZUJĄCYCH NAUKĘ	39
6.1. Osiągnięcia dydaktyczne	39
6.2. Osiągnięcia organizacyjne	41
6.2. Działalność popularyzująca naukę	43
7. INNE INFORMACJE, NIE WYMIENIONE W PKT. 1–6, WAŻNE Z PUNKTU WIDZENIA PRZEBIEGU KARIERY ZAWODOWEJ	49
7.1. Działalność badawczo–rozwojowa	49
7.2. Działalność w zakresie opracowania nowych rozwiązań.....	52
7.3. Szkolenia	55
7.4. Otrzymane odznaczenia.....	55
7.5. Pozostałe wybrane publikacje naukowe, nie wskazane w rozdziałach 4 i 5	55
ANALIZA NAUKOMETRYCZNA	61

1. IMIĘ I NAZWISKO

BOGDAN ADAM SALETNIK

2. POSIADANE DYPLOMY, STOPNIE NAUKOWE

Posiadane dyplomy, stopnie naukowe z podaniem: podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej:

- **2010 – Licencjat** – kierunek biologia, Wydział Biologiczno–Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski
- **2012 – Magister** – kierunek biologia, specjalność biologia eksperymentalna, Uniwersytet Rzeszowski, Wydział Biologiczno–Rolniczy
- **2018 – Doktor nauk rolniczych** w dyscyplinie agronomia, Wydział Biologiczno–Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski

Tytuł rozprawy: „*Ocena możliwości zastosowania biowęgli i popiołu z biomasy do nawożenia wybranych gatunków roślin energetycznych*”

Promotor: prof. dr hab. Czesław Puchalski, Uniwersytet Rzeszowski

Recenzenci: prof. dr hab. Jerzy Bieniek, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
prof. dr hab. Sławomir Stankowski, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

3. INFORMACJA O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH

- **2013 – 2018, Starszy referent naukowo–techniczny** – Zakład Technologii Bioenergetycznych, Wydział Biologiczno–Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski
- **2018 – do chwili obecnej, Adiunkt badawczo–dydaktyczny** – Katedra Technologii Bioenergetycznych (obecnie Katedra Bioenergetyki, Analizy Żywności i Mikrobiologii), Wydział Biologiczno–Rolniczy (obecnie Kolegium Nauk Przyrodniczych), Uniwersytet Rzeszowski

4. OMÓWIENIE OSIĄGNIĘĆ, O KTÓRYCH MOWA W ART. 219 UST. 1 PKT. 2 USTAWY

4.1. Tytuł osiągnięcia

Dobór krytycznych parametrów funkcjonalnych dla biomasy roślinnej i wytwarzanych z niej biowęgli wraz z parametryzacją procesu wytwarzania w kontekście ich dalszego użycia

4.2. Wykaz prac wchodzących w skład osiągnięcia

Osiągnięcie naukowe składa się z pięciu recenzowanych publikacji naukowych, które zostały opracowane i opublikowane po otrzymaniu stopnia naukowego doktora, w czasopiśmie znajdujących się w Komunikacie Ministra Edukacji i Nauki oraz w bazie Web of Science w latach 2019–2022. Mój wkład w powstanie publikacji naukowych został przeze mnie uznany jako wiodący (szczegółowy opis poniżej). Oświadczenia autora i współautorów o ich wkładzie w przygotowanie prezentowanych artykułów zestawiono w **Załączniku 5.a–g**, natomiast kopie monotematycznego cyklu publikacji stanowiącego osiągnięcie naukowe przedstawiono w **Załączniku 6.A1–A5**. Żadna z zestawionych publikacji nie była częścią monotematycznego cyklu prac w innym postępowaniu habilitacyjnym.

A1

Saletnik B., Zaguła G., Bajcar M., Tarapatsky M., Bobula G., Puchalski C.: Biochar as a Multifunctional Component of the Environment —A Review. *Applied Sciences* 2019, 9(6), 1139, doi.: 10.3390/app9061139.

MEiN₍₂₀₁₉₎: 70

IF₍₂₀₁₉₎: 2.474

Liczba cytowań z wyłączeniem cytowań własnych: Web of Science 51, Scopus 56, Google Scholar 86.

Mój udział w powstanie pracy: autor główny i korespondencyjny, pomysłodawca, opracowanie koncepcji, przygotowanie i edycja tekstu manuskryptu, sformułowanie wniosków. Wkład procentowy został przeze mnie oszacowany na 80%.

A2

Saletnik B., Bajcar M., Saletnik A., Zaguła G., Puchalski C.: Effect of the Pyrolysis Process Applied to Waste Branches Biomass from Fruit Trees on the Calorific Value of the Biochar and Dust Explosivity. *Energies* 2021, 14(16), 4898, doi: 10.3390/en14164898.

MEiN (2021): 140

IF(2021): 3.252

Liczba cytowań z wyłączeniem cytowań własnych: Web of Science 5, Scopus 6, Google Scholar 9.

Mój udział w powstanie pracy: autor główny i korespondencyjny, pomysłodawca badań, dobór koncepcji i warunków eksperymentu, udział w opracowaniu metod badawczych, udział w realizacji badań, analiza wyników, przygotowanie i edycja tekstu manuskryptu, sformułowanie wniosków. Wkład procentowy został przeze mnie oszacowany na 80%.

A3

Saletnik B., Saletnik A., Zaguła G., Bajcar M., Puchalski C.: The Use of Wood Pellets in the Production of High Quality Biocarbon Materials. *Materials* 2022, 15(13), 4404, doi: 10.3390/ma15134404.

MEiN (2022): 140

IF(2021): 3.748

Liczba cytowań z wyłączeniem cytowań własnych: Web of Science 1, Scopus 1, Google Scholar 1.

Mój udział w powstanie pracy: autor główny i korespondencyjny, pomysłodawca badań, dobór koncepcji i warunków eksperymentu, udział w opracowaniu metod badawczych, udział w realizacji badań, analiza wyników, przygotowanie i edycja tekstu manuskryptu, sformułowanie wniosków. Wkład procentowy został przeze mnie oszacowany na 80%.

A4

Saletnik B., Saletnik A., Zaguła G., Bajcar M., Puchalski C.: Oak biomass in the form of wood, bark, brushwood, leaves and acorns in the production process of multifunctional biochar. *Molecules* 2022, 27(21), 7191, doi: 10.3390/molecules27217191.

MEiN (2022): 140

IF(2021): 4.927

Liczba cytowań z wyłączeniem cytowań własnych: Web of Science 1, Scopus 1, Google Scholar 1.

Mój udział w powstaniu pracy: autor główny i korespondencyjny, pomysłodawca badań, dobór koncepcji i warunków eksperymentu, udział w opracowaniu metod badawczych, udział w realizacji badań, analiza wyników, przygotowanie i edycja tekstu manuskryptu, sformułowanie wniosków. Wkład procentowy został przeze mnie oszacowany na 80%.

A5

Saletnik B., Bajcar M., Zaguła G., Saletnik A., Tarapatsky M., Puchalski C.: Biochar as a Stimulator for Germination Capacity in Seeds of Virginia Mallow (*Sida hermaphrodita* (L.) Rusby). *Applied Sciences* 2019, 9(16), 3213, doi.: 10.3390/app9163213.

MEiN (2019): **70**

IF(2019): **2.474**

Liczba cytowań z wyłączeniem cytowań własnych: Web of Science 9, Scopus 9, Google Scholar 13.

Mój udział w powstaniu pracy: autor główny i korespondencyjny, pomysłodawca badań, dobór koncepcji i warunków eksperymentu, udział w opracowaniu metod badawczych, udział w realizacji badań, analiza wyników, przygotowanie i edycja tekstu manuskryptu, sformułowanie wniosków. Wkład procentowy został przeze mnie oszacowany na 80%.

Łączna liczba punktów za w/w prace wchodzące w skład cyklu publikacji wynosi (zgodnie punktacja MEiN obowiązująca w latach wydania prac) – **560**.

Sumaryczny współczynnik wpływu Impact Factor (IF) – **16.875**.

4.3. Wprowadzenie, omówienie celu badawczego, badań, osiągniętych wyników, podsumowanie i literatura

Wprowadzenie

Biowęgiel oraz szerokie możliwości jego zastosowania stały się w ostatnich latach istotnym zagadnieniem badawczym w Polsce i na świecie. Świadczą o tym liczne badania naukowe o charakterze multidyscyplinarnym oraz intensywny wzrost ilości artykułów naukowych w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym. W roku 2015 słowo kluczowe „biochar” w bazie Web of Science ujawniło się w 192 rezultatach wyszukiwania, natomiast w roku 2022 było to już 2038 rekordów. Zagadnienia dotyczące substratów do produkcji biowęglu, procesu jego wytwarzania oraz kierunków wykorzystania są nieustannie rozwijane. Sprzyja temu fakt, że materiał ten może znaleźć swoje zastosowanie zarówno w sektorze

energetycznym, rolnictwie, ochronie środowiska, sektorze spożywczym, farmaceutycznym jak i chemicznym czy kosmetycznym. Optymalizacja procesu przetwarzania takich materiałów jak biomasa roślinna to, oprócz sposobu wytwarzania biowęgla dla różnych sektorów gospodarki, szansa na zagospodarowania materiału potencjalnie odpadowego, a to z kolei wpisuje się doskonale w aktualny trend „zero waste”.

Zgodnie z definicją podawaną przez International Biochar Initiative (IBI), biowęgiel jest drobnoziarnistym karbonizatem cechującym się wysoką zawartością węgla organicznego i niewielką podatnością na degradację, otrzymywanym podczas pirolizy biomasy oraz odpadów biodegradowalnych. Wytwarzany jest z materii organicznej, w procesie termicznej obróbki bez dostępu tlenu. Jak podaje literatura naukowa szerokie spektrum zastosowań biowęgla ciągle rośnie i w stanie obecnym dotyczy głównie przemysłu, rolnictwa, produkcji kosmetyków, produktów farmaceutycznych i aspektów związanych z ochroną środowiska przyrodniczego. Może być wprowadzany do gleb jako naturalny dodatek, dodawany do pasz oraz kiszzonek, a także stosowany do oczyszczania wody (Bednik i in. 2020; Malińska 2015; Pereira i in. 2014). Biowęgiel może być również wykorzystywany do usuwania zanieczyszczeń z gleby, oczyszczania ścieków oraz stanowić materiał wspomagający w procesie kompostowania jak również fermentacji metanowej (Garcia i in. 2022; Tang i in. 2013; Mohan i in. 2014; Steiner i in. 2010, 2011; Malińska i in. 2014, 2015). Należy również podkreślić, że produkty biowęglowe mogą być wszechstronnymi materiałami stosowanymi w dziedzinie nowoczesnego magazynowania i przetwarzania energii. Pożądane wydaje się być opracowywanie nowych, skutecznych, komplementarnych i w pełni bezpiecznych metod produkcji materiałów węglowych z zasobów odnawialnych, które mają wysoką wydajność i ograniczony wpływ na środowisko (Chunying i in. 2018; Wu–Jun i in. 2019). Energetyczne wykorzystanie pozostałości biomasy roślinnej, jako substratu do produkcji biowęgla może być również realną alternatywą dla sektora gospodarki odpadami.

Struktura i właściwości karbonizatu ściśle zależą od surowca zastosowanego w procesie pirolizy. Biowęgiel może być produkowany z materiałów o różnym pochodzeniu i mogą to być m.in. rośliny energetyczne, odpady leśne jak również biomasa pochodzenia rolniczego (Kwapinski i in. 2010; Sánchez i in. 2009; Shen i in. 2012; Yao i in. 2012; Qian i Chen 2013; Xu i in. 2013). Do produkcji biowęgla mogą być wykorzystywane także odpady pochodzące z przetwórstwa rolno–spożywczego np. owies pofermentacyjny, pomiot kurzy i obornik bydłocy (Song i Guo 2012; Ibarrola i in. 2012). Należy podkreślić, że o wyborze materiałów do produkcji biowęgla decydują m.in. względy ekonomiczne, logistyczne,

parametry procesu pirolizy oraz rodzaje i właściwości użytych substratów np. zawartość wody (Malińska 2012).

Proces pirolizy jest termochemiczną przemianą zachodzącą w atmosferze beztlenowej. Jest kompleksowym procesem rozpadu związków chemicznych do molekuł o mniejszej wielkości wskutek dostarczanej z zewnątrz wysokiej temperatury. Na proces pirolizy wpływ ma wiele parametrów decydujących o rodzaju, ilości oraz właściwościach otrzymanych produktów. Wśród wielu czynników wpływających na parametry produktu procesu pirolizy najbardziej kluczowym jest rodzaj wykorzystanej biomasy. Następnie na skład oraz ilość wytworzonych produktów bezpośredni wpływ mają: rodzaj reaktora do prowadzenia procesu pirolizy, sposób w jaki biomasa jest ogrzewana, temperatura, przyrost temperatury w czasie, czas przebywania próbki w reaktorze, sposób przygotowania materiału czy też natężenie przepływającego czynnika. W zależności od zastosowanych parametrów możemy wyróżnić pirolizę wolną, szybką, umiarkowaną oraz zgazowanie. Z wykorzystaniem pirolizy szybkiej z zastosowaniem temperatury 500°C i czasem utrzymania na poziomie 1s, można uzyskać około 12% biowęgla. Stosując umiarkowaną pirolizę (temperatura 500°C, temperatura końcowa utrzymywana przez 10–20s), można z kolei uzyskać około 20% karbonizatu. Najwyższą zawartość biowęgla, na poziomie około 35%, można uzyskać stosując powolną pirolizę tj. 400–500°C z utrzymaniem w tej temp. przez 5–30 min. Zastosowanie wysokiej temperatury, powyżej 800°C, oraz krótkiego czasu trwania procesu prowadzi do uzysku biowęgla na poziomie około 10% (Lewandowski i in. 2010; Malińska 2012; Uchimiya i in. 2011).

Właściwości biowęgla są ściśle uzależnione od temperatury prowadzenia procesu pirolizy (Park i in. 2013). Podwyższenie temperatury pirolizy wpływa na wzrost uwęglenia materiału poddanego obróbce, wzrost zawartości węgla, spadek zawartości wodoru i tlenu. Do najważniejszych właściwości biowęgla możemy zaliczyć skład chemiczny, stabilność oraz powierzchnię właściwą i porowatość. Pirolizaty wytworzone przy zastosowaniu wysokich temperaturach pirolizy, powyżej 600°C, cechują się wysokim pH, dużą porowatością i wyższą aromatycznością. Z kolei zastosowanie procesu pirolizy z użyciem niższej temperatury z powolnym nagrzewaniem wpływa na większą wydajnością zwęglenia oraz większą zawartością substancji lotnych i tlenu. Takie warunki procesu pirolizy zapewniają wysoką przewodność elektryczną biowęgla i zdolność wymiany kationów, co przekłada się na wyższą pojemność adsorpcyjną. Należy jednak zaznaczyć, że skład chemiczny biowęgla zależy głównie od składu chemicznego substratów użytych do jego produkcji. Biowęgla w swoim składzie

zawierają stabilny węgiel organiczny, związki aromatyczne, związki alifatyczne oraz popiół (Lehmann i in. 2011). Biorąc pod uwagę rodzaj zastosowanej biomasy oraz parametry termicznej obróbki, biowęgiel może cechować się udziałem węgla na poziomie 50–90%, wody 1–15%, substancji lotnych do 40% oraz substancji mineralnych do 5%. Karbonizaty posiadają stosunkowo wysoką odporność na degradację i rozkład mikrobiologiczny, zaaplikowane do gleby charakteryzują się stabilnym składem chemicznym (Kambo i Dutta 2015; Malińska 2012).

Produkcja biowęglu jest jednym ze sposobów redukcji zwierzęcych i roślinnych składowisk odpadów. Biodegradowalne pozostałości takie jak odpady zwierzęce, biomasa rolnicza, osady ściekowe, z powodzeniem mogą być stosowane do produkcji energii w ramach procesu pirolizy. Dodatkowymi zaletami są redukcja objętości odpadów poddanych pirolizie oraz eliminacja drobnoustrojów patogennych mogących występować np. w oborniku lub osadach ściekowych. Wykorzystanie wyżej wymienionych materiałów do produkcji biowęglu może również pośrednio wpłynąć na redukcję emisji metanu z wysypisk odpadów (Singh i in. 2012).

Stale rozwijająca się gospodarka światowa oraz wzrost energochłonności przemysłu globalnego przyczynia się do nadwyżki emisji CO₂ do atmosfery. Zagadnienia dotyczące bilansu węglowego są istotnym problemem dla współczesnego przemysłu oraz tematem realizowanych prac badawczych. Z racji tego konieczne są działania zmierzające do zbilansowania węgla w atmosferze stosując jego wychwytywanie i magazynowanie np. w glebie (Bis 2012). Jednym z rozwiązań tego problemu może być zastosowanie biowęglu produkowanego z różnych rodzajów biomasy. Wprowadzony do gleby, jako materiał mało podatny na rozkład mikrobiologiczny, pozwala na długookresowe odkładanie węgla, natomiast zmagazynowany w glebie węgiel długo pozostaje stabilny chemicznie (Matovic 2011).

Zainteresowanie biowęgłem jako środkiem mogącym stanowić formę nawozu pojawiło się wraz z momentem odkrycia wysoce zasobnej w węgiel oraz składniki pokarmowe gleby *terra preta do Indio* (Czarna ziemi Indian, Amazonia). Jak dowodzą przeprowadzone dotychczas badania, gleby te powstały kilka tysięcy lat temu w wyniku wypalania puszczy, naturalnych pożarów oraz stosowania przez prekolumbijskie plemiona Indian nawożenia w postaci węgla drzewnego (Medyńska–Juraszek 2016). Z rolniczego punktu widzenia wprowadzanie do gleb karbonizatów jako środków poprawiających ich właściwości, wydaje się być korzystne ze względu na możliwość poprawy warunków do wzrostu, rozwoju i plonowania roślin (Macdonald i in. 2014). Działanie biowęglu wprowadzonego do środowiska

glebowego zależy w głównej mierze od zastosowanych do jego produkcji surowców oraz parametrów procesu pirolizy. Determinują one zawartość makro- i mikroelementów, a także substancji szkodliwych jak np. metale ciężkie. Różnorodne właściwości tych materiałów, wynikające m.in. z tworzenia się aktywnych grup funkcyjnych pod wpływem wysokiej temperatury pirolizy, pozwalają na reakcje z cząstkami mineralnymi i organicznymi gleby oraz tworzenie kompleksów mineralno-organicznymi (Zhang i in. 2015, Medyńska-Juraszek 2016). Dodatkowo aplikacja karbonizatów do gleby pozwala nie tylko na wzrost zawartości węgla, ale również wprowadzenie innych związków biogennych jak fosfor, potas magnez, azot (Laird 2008; Chan i in. 2007). Duża pojemność jonowymienna oraz powierzchnia właściwa biowęgla wpływa na zmniejszenie wymywania ze środowiska glebowego pierwiastków biogennych oraz redukuje emisję tlenku azotu (Woolf i in. 2010). Biowęgle zawierają liczne substancje alkaliczne jak np. węglan wapnia i wprowadzone do gleby jako materiały nawozowe mogą wpływać na wzrost wartości pH gleb. Karbonizaty charakteryzują się zasadowym pH, natomiast w zależności od właściwości surowca i parametrów termicznej obróbki, parametr ten może kształtować się w przedziale 4–12 (Novak i in. 2009; Yuan i in. 2011; Zong i in. 2016).

Jednym z głównych zastosowań biowęgla jest jego użycie jako paliwa odnawialnego. Karbonizaty mogą być spalane lub współspalane w elektrociepłowniach oraz elektrowniach. Stanowią alternatywne rozwiązanie dla konwencjonalnych paliw kopalnych, cechując się atrakcyjną wartością opałową (Malińska 2012). Produkt powstający z odpadowej biomasy roślinnej podczas procesu pirolizy może stać się wartościowym odnawialnym paliwem w energetyce. Interesujące energetyczne możliwości zastosowania biowęgla to również elektrokataliza, ogniwa paliwowe, superkondensatory i akumulatory. Technologia elektrochemicznego magazynowania energii jest kluczem do zrównoważonego rozwoju autonomicznych i przenośnych urządzeń elektronicznych. Literatura przedmiotu podaje, że wykorzystanie materiałów węglowych z biomasy, może znacznie uprościć proces produkcji elektrod, z których składają się superkondensatory i akumulatory. Dodatkowo aktywacja biokarbonizatu mogłaby posłużyć do wytwarzania katody w mikrobiologicznym ogniwie paliwowym (dos Reis i in. 2020; Lehman i Joseph 2009; Rahman 2020).

Przeprowadzone dotychczas badania dotyczą właściwości fizykochemicznych różnego rodzaju biomasy oraz powstałych z nich w wyniku obróbki termochemicznej różnorodnych materiałów m.in. biowęgla. Zasadnym wydaje się prowadzenie kolejnych badań dążących do optymalizacji parametrów prowadzenie procesu pirolizy. Należy jednak podkreślić, że produkty powstałe w wyniku konwersji biomasy często nie zawierają kompletnej

charakterystyki dotyczącej bezpieczeństwa jej przetwarzania. Biomasa roślinna w trakcie przetwarzania jest zazwyczaj przeobrażana w frakcje o mniejszych rozmiarach co przyczynia się do dużego zapylenia pomieszczeń jak również maszyn. Obecność w powietrzu chmury pyłu o odpowiednim stężeniu, która będzie podtrzymywać spalanie w całym procesie oraz odpowiedniego źródła zapłonu niesie ze sobą spore ryzyko wybuchu. Ryzyko wybuchu pyłu jest równie wysokie zarówno w trakcie produkcji, transportu jak i magazynowania paliw biomasowych, co wynika z powstawania chmury pyłu o wysokim stężeniu. Dynamika rozwoju sektora dużych instalacji bioenergetycznych, małych instalacji prosumenckich oraz różnorodność dostępnych biopaliw stałych determinuje potrzebę doskonalenie istniejących schematów postępowania. Wykorzystywanie sprzętu do procesów mielenia, kruszenia czy też transportu materiałów może wpływać na występowanie zagrożeń wybuchu pyłów. Mając na uwadze ocenę możliwości i minimalizacji ryzyka wybuchu wymagane jest poznanie podstawowych parametrów wybuchowości biomasy i wytworzonych z niej produktów (Jiang i in. 2018; Pérez i in. 2012; Popovicheva i in. 2020).

Istotne znaczenie biomasy roślinnej, metod jej konwersji oraz materiałów biowęglowych zarówno w aspekcie ekologicznym, ekonomicznym jak i energetycznym podkreśla potrzebę ciągłych badań i poszerzania wiedzy w tym sektorze. Ze względu na wykorzystanie zróżnicowanych materiałów pochodzenia roślinnego do produkcji biowęgla zasadnym wydaje się być poświęcenie większej uwagi dotyczącej bezpieczeństwa stosowanych procedur. Wysoki potencjał energetyczny biomasy roślinnej w tym odpadowej oraz różnorodne metody jej konwersji wskazują na potrzebę ciągłych badań mających na celu wypracowanie odpowiednich praktyk dotyczących bezpieczeństwa wytwarzania oraz przechowywania wytworzonych z niej materiałów.

Prezentowane prace stanowią uzupełnienie dotychczasowej wiedzy dotyczącej możliwości wykorzystania biomasy roślinnej do produkcji biowęgla oraz optymalizacji procesu pirolizy. Proces pirolizy prowadzono z wykorzystaniem takich surowców jak gałęzie jabłoni, wiśni, gruszy, pellety drzewne oraz biomasa roślinna pochodząca z różnych części dębu tj. drewno, kora, gałęzie, liście oraz żołądź, modyfikując temperaturę i czas trwania procesu dla wariantów badawczych – 400, 450 i 500°C; czas utrzymania 5, 10, 15 minut. Zastosowanie procesu pirolizy wolnej miało na celu zwiększenie wydajności biowęgla. Dodatkowo uzyskane rezultaty prezentują nową wiedzę w zakresie zastosowania pirolizatów jako dodatku w procesie kondycjonowania nasion. Niewątpliwie ważnym i kluczowym elementem przeprowadzonych prac (uzupełnienie aktualnego stanu wiedzy) były analizy wybuchowości pyłu, które posłużyły

do klasyfikacji wybuchowości badanych materiałów. Dlatego też sformułowano hipotezę badawczą, że modyfikując parametry prowadzenia procesu pirolizy i odpowiednio dobierając surowiec pochodzenia roślinnego można uzyskać funkcjonalne biowęgle o pożądanych właściwościach, bez negatywnego wpływu na potencjał wybuchowości.

Główne cele badawcze

W badaniach przedstawionych w pracach powiązanych tematycznie i stanowiących osiągnięcie naukowe, sformułowano cele badawcze, które podzielono na trzy kategorie:

„Biowęglowe paliwo stałe na bazie pelletów i gałęzi drzew owocowych”

- optymalizacja procesu pirolizy pod kątem potencjału energetycznego odpadowej biomasy sadowniczej tj. gałęzi jabłoni, wiśni, gruszy oraz pelletów drzewnych (pellet z trocin dębowych, trocin drzew iglasty, mieszany iglasto–liściasty) poprzez dobór parametru temperaturowo–czasowego;
- określenie zagrożenia wybuchem w trakcie przetwarzania biomasy sadowniczej oraz pelletów drzewnych na biowęglowe paliwo stałe, poprzez wyznaczenie wskaźników wybuchowości;

„Funkcjonalne biowęgle z biomasy dębu”

- optymalizacja procesu pirolizy i porównanie surowców pochodzących z biomasy dębu bezszypułkowego (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) tj. drewno, kora, gałęzie, liście oraz żołędzie poprzez dobór parametru temperaturowego do produkcji funkcjonalnych biowęgla o potencjalnym przeznaczeniu energetycznym i nawozowym;
- określenie zagrożenia wybuchem w trakcie przetwarzania biomasy dębu bezszypułkowego oddzielnie dla drewna, kory, gałęzi, liści oraz żołędzi na funkcjonalne biowęgle, poprzez wyznaczenie wskaźników wybuchowości;

„Bio–karbo–kondycjoner”

- określenie możliwości wykorzystania biowęgla jako czynnika zwiększającego efektywność wartości siewnej nasion ślazu pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita* (L.) Rusby) poprzez kondycjonowanie nasion z dodatkiem biokarbonizatu w określonej dawce.

Metody badań

W pracy **A1** dokonano przeglądu literaturowego obejmującego wyniki wielu badań poświęconych możliwości wykorzystania biowęgla w różnych sektorach. Artykuł przygotowano z wykorzystaniem 152 pozycji literaturowych w tym regulacji prawnych, przedstawiając i systematyzując istniejący stan wiedzy oraz wskazując potrzebę dalszych kompleksowych badań nad produkcją i stosowaniem pirolizatów.

Część technologiczna

W doświadczeniu dotyczącym wpływu warunków prowadzenia procesu pirolizy w produkcji biowęglowego paliwa stałego pochodzenia roślinnego wykorzystano biomasę sadowniczą (**praca A2**). Do badań wytypowano odpadową biomasę sadowniczą w postaci gałęzi jabłoni, wiśni, oraz gruszy. Próbkę pozyskano od prywatnego właściciela plantacji zlokalizowanej w miejscowości Ropczyce, Województwo Podkarpackie. Materiał przeznaczony do badań doprowadzono do stanu powietrzno–suchego, a następnie rozdrobniono. W badaniach oceny warunków prowadzenia procesu pirolizy pod kątem wytwarzania biowęglowych paliw stałych na bazie pelletów drzewnych wykorzystano pellety komercyjnie dostępne na rynku polskim, które zostały poddane termicznej modyfikacji (**praca A3**). Materiał badawczy stanowiły różne rodzaje pelletów (średnica 6 mm) tj. pellet z trocin dębowych; trocin drzew iglasty; mieszany iglasto–liściasty (70% trociny iglaste, 30% trociny liściaste), pochodzące od producenta z Województwa Podkarpackiego. Materiał do badań został dostarczony do laboratorium w formie dostępnych w handlu 15 kg opakowań. W badaniach opisanych w pracy **A4** do wytworzenia funkcjonalnych biowęgla z biomasy dębu wykorzystano oddzielnie drewno, korę, gałęzie, liście oraz żołędzie dębu bezszypułkowego (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.). Próbkę do badań pobrano w lasach rosnących na Pogórzu Karpackim. Materiał przeznaczony do badań również doprowadzono do stanu powietrzno–suchego, a następnie rozdrobniono.

Proces pirolizy biomasy roślinnej prowadzono z wykorzystaniem analizatora termograwimetrycznego oraz pieca retortowego FCF 2R przeznaczonego do obróbki cieplnej w atmosferze gazu inertyjnego, wyposażonego w chłodnicę gazów poprocesowych ze studzeniem wodnym. Badania właściwości fizykochemicznych oraz testy pirolizy wykonano dla surowca o uziarnieniu poniżej 10mm. Proces termicznej obróbki biomasy prowadzono w temperaturach 400, 450 i 500°C oraz czasie utrzymania 5, 10, 15 minut w atmosferze azotu o czystości 99,99%. Dokonując optymalizacji przepływu gazu na etapie badań wstępnych, dobrano parametr na

poziomie wynoszącym 10 l/min. Uzyskane pirolizaty przesiewano przez sito o średnicy otworów równej 1 mm. W celu usunięcia potencjalnych zanieczyszczeń próbki zostały kilkakrotnie przepłukane wodą destylowaną, a następnie suszone przez 12 godzin (temperatura 80°C).

W badaniach dotyczących stosowania biowęgla jako dodatku w procesie kondycjonowania nasion (bio–karbo–kondycjoner) wykorzystano dostępny komercyjnie biowęgiel wyprodukowany z roślinnej biomasy odpadowej pochodzenia rolniczego (**praca A5**). Biowęgiel w formie łusek rozdrobniono przy użyciu mechanicznego młynka laboratoryjnego do frakcji ziaren mniejszych niż 5 mm. Następnie przesiano go przez sito o średnicy oczek 1 mm i przepłukano kilkakrotnie wodą demineralizowaną w celu usunięcia ewentualnych zanieczyszczeń, a następnie suszono. W badaniach wykorzystano dostępne w handlu nasiona ślazuwca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita* R.). Nasiona pochodziły z plantacji zlokalizowanej w województwie warmińsko–mazurskim, Polska. W pierwszym etapie eksperymentu pobrano 5g biowęgla i dodano do 100 ml wody demineralizowanej a następnie dokładnie wymieszano (optymalizacja na etapie badań wstępnych). Do tak przygotowanego roztworu wprowadzono 5g nasion ślazuwca pensylwańskiego o wilgotności 5%. Nasiona uwadniano przez 4h w temperaturze 20°C a następnie przeniesiono je do hermetycznych pojemników i inkubowano w temperaturze 20°C przez 2 dni, codziennie je przewietrzając. W kolejnym etapie przeprowadzono proces uwadniania 5g nasion ślazuwca pensylwańskiego w 100 ml wody bez dodatku biowęgla, w warunkach prowadzenia procesu jak powyżej. Tak skondycjonowane nasiona wysuszono w warunkach laboratoryjnych na bibule filtracyjnej do wilgotności wyjściowej a następnie oceniono ich wartość siewną. W tym celu wysiano 3 x 50 nasion (dla każdego z wariantów tj. nasiona uwadniane z dodatkiem biowęgla, uwadniane bez dodatku biowęgla, nieuwadniane) w temperaturze 20°C na wilgotną bibułę w szalkach Petri’ego i codziennie liczono liczbę skielkowanych sztuk. Za skielkowane nasiona przyjmowano te, u których korzonek zarodkowy przebił okrywę nasienną i uzyskał długość co najmniej 1 mm.

Część analityczna

W badaniach określono m.in. podstawowe parametry fizykochemiczne analizowanych materiałów takie jak całkowita zawartość węgla, popiołu, azotu, wodoru, substancji lotnych oraz wartość opałową. W badaniach wykorzystano analizator LECO TGA 701, analizator składu elementarnego truespec LECO CHN oraz kalorymetr izoperiboliczny LECO AC 500.

Trwałość mechaniczną materiałów badano za pomocą aparatu Tumbler 1000. Parametr obliczono bazując na wzorze:

$$DU = mA/mE \times 100$$

gdzie:

DU—wytrzymałość mechaniczna pelletów;

mA—masa pelletu po teście (g);

mE—masa pelletu przed analizą (g).

Analizy wybuchowości pyłów przeprowadzono z wykorzystaniem urządzenia KSEP20 wyposażonego w jednostkę kontrolną KSEP 310. Urządzenie posiada komorę testową w postaci kuli o objętości 20dm³. Przebieg parametrów procesu rejestrowany był za pomocą czujników piezoelektrycznych ciśnienia Kistlera. W wyniku analiz określono maksymalne ciśnienie wybuchu P_{max} , jako najwyższe zarejestrowane ciśnienie wybuchu mieszaniny palnej w postaci materiału palnego z powietrzem. Parametr ten wraz z wartością maksymalnego przyrostu ciśnienia w czasie $(dp/dt)_{max}$, służy do określenia klasy wybuchowości $K_{st max}$. Parametr ten jest wyznacznikiem norm europejskich, który określa podział pyłów palnych według normy PN—EN14034 (PN—EN14034, Part 2.). Parametr oszacowano na podstawie równania:

$$K_{st max} = K_{st} = \sqrt[3]{V \left(\frac{dp}{dt}\right)_{max}} = 0,271 \left(\frac{dp}{dt}\right)_{max} [mbars^{-1}]$$

$K_{st max}$ —wskaźnik wybuchowości

V—objętość komory badawczej

$(dp/dt)_{max}$ —wskaźnik maksymalnego przyrostu ciśnienia wybuchu.

Wartość wskaźnika wybuchowości sklasyfikowano zgodnie z wartościami przedstawionymi w Tabeli 1, gdzie klasa St1 oznacza materiał mało podatny na wybuchowość, klasa St2 materiał średnio podatny na zagrożenie wybuchem, natomiast klasa St3 oznacza materiał wysoce podatny na zagrożenie wybuchem.

Tabela 1. Klasy wybuchowości pyłów (PN—EN14034, Part 2).

Klasa wybuchowości	Wartość $K_{st max}$ [bar s ⁻¹]
St1	≤ 200
St2	200–300
St3	> 300

Przed przystąpieniem do oceny składu chemicznego analizowanych materiałów poddano je mineralizacji mikrofalowej przy użyciu mineralizatora Milestone Etos One. Pomiary zawartości makro-, mikroelementów i metali ciężkich wykonano na spektrometrze optycznym ICP-OES, Thermo iCAP Dual 6500. Rozpoczęcie analiz poprzedzono procedurą wzorcowania tzn. przed każdą partią 10 oznaczanych próbek przeprowadzono wzorcowanie z zastosowaniem certyfikowanych wzorców Merck o określonych stężeniach. Każdorazowo zastosowano 3 punktową krzywą kalibracyjną dla każdego z analizowanych pierwiastków, z korektą optyki wykorzystującą metodę wzorców wewnętrznych w formie jonów Ytru i Yterbu w stężeniach odpowiednio: 2 oraz 5 mg l⁻¹. Uzyskany próg wykrywalności dla każdego pierwiastka nie był niższy niż 0,01 mg kg⁻¹. W badaniach dokonano również analizy pH oraz zawartości przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu w biowęglu. W Tabeli 2 przedstawiono badane parametry oraz metody badawcze zastosowane do ich oceny.

Tabela 2. Analizowane parametry wraz z metodami badawczymi.

Parametr	Metoda badawcza
Zawartość węgla, azotu i wodoru	PN-EN 15104:2011
Zawartość popiołu	PN-EN 13775:2010
Zawartość substancji lotnych	PN-EN 15138:2011
Wartość opałowa	PN-EN 13918:2010
Maksymalne ciśnienie wybuchu	PN-EN 14034-1
Maksymalna szybkość narastania ciśnienia	PN-EN 14034-2
Wskaźnik wybuchowości $K_{st\ max}$	PN-EN 14034-2
Poziom dolnej granicy wybuchowości	PN-EN 14034-3
Wytrzymałość mechaniczna	PN-EN 17831-1:20169-02
Zawartość wybranych makro- i mikroelementów	Metoda z wykorzystaniem atomowej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem w plazmie indukowanej (ICP – OES)
pH w KCl	PN-ISO 10390:1997
Zawartość przyswajalnych form fosforu (P ₂ O ₅)	PN-R-04023:1996
Zawartość przyswajalnych form potasu (K ₂ O)	PN-R-04022:1996/Az1:2002
Zawartość przyswajalnych form magnezu (Mg)	PN-R-04020:1996/Az1:2004

Wyniki badań

A1 Saletnik, B.; Zaguła, G.; Bajcar, M.; Tarapatsky, M.; Bobula, G.; Puchalski, C. Biochar as a Multifunctional Component of the Environment —A Review. *Applied Sciences* 2019, 9(6).

Prezentowany artykuł jest pracą o charakterze przeglądownym mającym na celu podkreślenie multifunkcyjnego charakteru biowęgla, zestawienie najważniejszych informacji o jego produkcji, usystematyzowanie wiedzy oraz uwydatnienie potrzeby dalszych kompleksowych badań w tym sektorze. Celem przeglądu jest określenie potencjału zastosowania biowęgla w różnych środowiskach. Prezentowany tekst ukierunkowany jest na zaakcentowanie znaczenia biowęgla jako alternatywnego rozwiązania dla klasycznych produktów wykorzystywanych w celach energetycznych, związanych z ochroną środowiska, rolnictwem i innymi. Artykuł przedstawia interdyscyplinarne podejście do omawianego tematu, eksponując znaczenie biowęgla w środowiskowych i prawnych aspektach jego stosowania oraz standardach jakościowych. Przedstawione w pracy zagadnienia stanowiły punkt wyjścia dla moich dalszych prac badawczych w zakresie doboru surowców i parametrów prowadzenia procesu pirolizy w kontekście poszukiwania pożądanych parametrów wysokojakościowych materiałów biowęglowych o potencjalnym zastosowaniu w sektorze energetyki i rolnictwa.

Praca zwraca uwagę na brak jednolitych uwarunkowań prawno–jakościowych, które pozwoliłyby na znacznie lepsze wykorzystanie biowęgla. Ciągły postęp w badaniach nad wykorzystaniem pirolizatów, metodami ich produkcji oraz technikami charakteryzacji pozwala wnioskować, że technologie zastosowania biowęgla szczególnie jako środka poprawiającego jakość gleby czy też sorbentu zanieczyszczeń z gleby i wody zyskają w przyszłości dużo większe znaczenie. Należy jednak podkreślić że ze względu na brak szczegółowych regulacji dotyczących biowęgla, jego komercyjne wykorzystanie ciągle jest ograniczone. W pracy podkreślono również potencjał biowęgla do unieruchamiania metali ciężkich z roztworów wodnych i zmniejszania ich ruchliwości w glebie, jak również wzrost zainteresowania wykorzystaniem węgla aktywnych o podwyższonej i selektywnej zdolności sorpcyjnej. Zwrócono również uwagę na rolę produktów odpadowych jako substratów do produkcji takich sorbentów. Z punktu widzenia rolnictwa zastosowanie biowęgla jako dodatku do gleby przynosi liczne korzyści, poprzez poprawę fizycznych, chemicznych i biologicznych właściwości gleb. Zastosowanie biowęgla w glebach może stanowić alternatywę dla tradycyjnych form nawozowych oraz wzmocnić ekologiczny aspekt inżynierii bioenergetycznej. Należy jednak podkreślić, że potrzebne są ciągle kompleksowe badania, aby

określić dalsze kierunki zastosowania biowęgla i metod optymalizacji jego produkcji z zachowaniem odpowiednich procedur bezpieczeństwa.

Właściwości fizyczne i chemiczne surowców wykorzystywanych w procesie produkcji biowęgla wyjadają się być najistotniejsze. Najwyższe wydajności karbonizatu otrzymuje się, gdy surowce o wysokiej zawartości ligniny poddaje się pirolizie w umiarkowanych temperaturach. Ponadto inne wskaźniki wydajności produktów pirolizy są stosunkami zawartości węgla, wilgoci, substancji lotnych i popiołu. Zasadniczo biomasa zawierająca znaczną ilość substancji lotnych oferuje dużą ilość gazu pirolitycznego i biooleju, a obecność węgla stałego zwiększa wydajność produkcji biowęgla. Poszukiwanie różnorodnych surowców do produkcji biowęgla, optymalizacja procesów pirolizy pod kątem uzyskiwania produktów bogatych w składniki mineralne oraz cechujących się wysoką wartością energetyczną wraz z oceną bezpieczeństwa stosowanych procedur jest obszarem badawczym perspektywnym i realizowanym przeze mnie w prowadzonych analizach ze wskazaniem na sektor energetyki i rolnictwa.

A2 Saletnik, B.; Bajcar, M.; Saletnik, A.; Zaguła, G.; Puchalski, C. Effect of the Pyrolysis Process Applied to Waste Branches Biomass from Fruit Trees on the Calorific Value of the Biochar and Dust Explosivity. *Energies* 2021, 14(16), 4898.

Obecnie istnieje wiele procesów, mających na celu polepszenie właściwości różnego rodzaju materiałów odpadowych pod kątem przydatności energetycznej. Jednym z nich jest proces pirolizy, którego głównym celem jest podniesienie wartości opałowej przetwarzanych materiałów, będącej jednym z najważniejszych czynników decydującym o przydatności paliwa. Mając na uwadze zasady zrównoważonego rozwoju stosowane w systemach pozyskiwania energii, ochrony środowiska czy rolnictwa poszukiwanie nowych materiałów oraz metod ich przetwarzania ciągle zyskuje na znaczeniu. Przykładem takich działań jest wykorzystywanie produktów pochodzenia odpadowego oraz optymalizacja metod ich przetwarzania do produkcji wysokoenergetycznych paliw. W prezentowanej pracy określono potencjał energetyczny odpadowej biomasy sadowniczej wraz z produkcją biowęgla oraz oceniono zagrożenie wybuchem w trakcie jej przetwarzania na paliwo stałe.

W każdym analizowanym przypadku, biowęgiel powstały przy zastosowaniu różnych parametrów temperatury i czasu trwania pirolizy, różnił się od próby kontrolnej (nieprzetworzonej biomasy gałęzi) procentową zawartością pierwiastków budulcowych.

Zaobserwowano wzrost zawartości węgla całkowitego wraz ze wzrostem temperatury i czasu trwania pirolizy. Spośród analizowanych wariantów temperatury i czasu (400, 450 i 500°C; czas 5, 10, 15 minut), największą zawartość węgla całkowitego stwierdzono w materiałach najsilniej przetworzonych (500°C w czasie 15 minut). W przypadku gałęzi gruszy było to 72,66%, jabłoni 73,63%, natomiast największą zawartością węgla całkowitego charakteryzował się biowęgiel z gałęzi wiśni 81,45%. W pracy zaobserwowano spadek zawartości azotu w materiałach wraz ze wzrostem temperatury i czasu trwania procesu. Wzrost w/w parametrów prowadzenia termicznej obróbki biomasy wpłynął na wzrost zawartości popiołu oraz spadek zawartości substancji lotnych, azotu i wodoru w otrzymanych biowęglach. Zawartość popiołu w próbie kontrolnej wyniosła 1,1%, natomiast w badanych biowęglach wartość ta mieściła się w przedziale 4,96–7,85%. Największą zawartość popiołu w przedziale 7,55–7,85% odnotowano dla materiału pirolizowanego w temperaturze 450°C i czasie odpowiednio 10 i 15 minut, oraz 500°C i czasie 15 minut. Zawartość substancji lotnych w nieprzetworzonych termicznie gałęziach jabłoni wyniosła 74,07%, natomiast w badanych biowęglach wartość ta mieściła się w przedziale 20,73–29,4%. Najmniejszą zawartość substancji lotnych odnotowano dla materiału pirolizowanego w temperaturze 500°C i czasie 10 i 15 minut. Każdy otrzymany biowęgiel różnił się w sposób istotny statystycznie od próby kontrolnej pod względem wartości opałowej. Wartość opałowa próby kontrolnej wyniosła 17,34 MJ kg⁻¹, natomiast w badanych biowęglach wartość ta mieściła się w przedziale 26,11–29,49 MJ kg⁻¹. Odnotowano średni wzrost wartości opałowej na poziomie 62,24% dla biowęgla otrzymanych z gałęzi drzew owocowych w stosunku do biomasy nieprzetworzonej. Średnie wartości opałowe biowęgla powstałych z gałęzi jabłoni, wiśni oraz gruszy kształtowały się na poziomie odpowiednio 27,90; 28,75, 26,84 MJ kg⁻¹.

Liczne przeprowadzone dotychczas badania dotyczą właściwości fizykochemicznych różnego rodzaju biomasy oraz powstałych z nich w wyniku obróbki termochemicznej różnorodnych paliw. Wydaje się zatem, że rezultaty badań biomasy surowej są obszerne, natomiast produkty powstałe w wyniku jej konwersji często nie zawierają kompletnej charakterystyki np. dotyczącej bezpieczeństwa jej przetwarzania. Badania wskaźnika wybuchowości $K_{st \max}$ pozwoliły sklasyfikować nieprzetworzoną biomasę gałęzi drzew owocowych oraz uzyskanych z niej biowęgla jako materiał mało podatny na wybuchowość. Wartość tego parametru spośród wszystkich analizowanych materiałów mieściła się w przedziale 74,46–95,77 bar s⁻¹. Odnotowano wzrost wartości wskaźnika wybuchowości $K_{st \max}$ z poziomu 75,77 dla gałęzi jabłoni do 77,74–90,15 bar s⁻¹ dla otrzymanych z nich

biowęgla. Podobną tendencję zmian tego parametru określono dla gałęzi wiśni oraz gruszy gdzie zmiany te nastąpiły z wartości na poziomie odpowiednio 74,46 i 77,23 do 76,44–87,37 i 79,53–95,77 bar s⁻¹. Jak podaje literatura parametr ten jest niezwykle istotny ponieważ pozwala w sposób bezpośredni dokonać klasyfikacji danego materiału oraz pozwala na dobór wytycznych produkcji oraz przystosowania i zabezpieczenia procesów produkcyjnych przed możliwością wystąpienia zagrożenia wybuchem. Dodatkowo stanowi podstawę do tworzenia rozwiązań i projektowania systemów zabezpieczających i ochronnych (Eckhoff 2005; Taveau 2012). Analiza parametru maksymalnej szybkości narastania ciśnienia wykazała najmniejsze wartości dla biomasy surowej i wzrost w materiałach poddanych obróbce termicznej. Najwyższa odnotowana wartość na poziomie 353,41 bar s⁻¹ (biowęgiel z gałęzi gruszy) była o 24% wyższa od próby kontrolnej (biomasa nieprzetworzona). Zmiany te nie są znacząco istotne i nie powodują zmiany klasyfikacji pyłu, ale widać wyraźnie kierunek zmian tych parametrów. W badaniach określono również poziom dolnej granicy wybuchowości pyłów gałęzi jabłoni, wiśni, gruszy oraz wytworzonych biowęgla. Wraz ze wzrostem temperatury pirolizy odnotowano spadek wartości tego parametru, w każdym badanym rodzaju biomasy, a największą dynamikę postępujących zmian odnotowano w próbkach biomasy gruszy. Jak podaje literatura różnorodny poziom tego wskaźnika może wynikać z licznych aspektów natury fizykochemicznej próbek np. gęstość nasypowa, wielkość i kształt cząstek (Kok i Ozgur 2013; Medina i in. 2013).

Uzyskane rezultaty badań wskazują, że odpadowa biomasa sadownicza w postaci gałęzi wiśni, gruszy i jabłoni może być wykorzystywana jako atrakcyjny materiał do produkcji wysokoenergetycznego biowęglowego paliwa stałego. Przeprowadzone analizy podkreślają znaczenie termicznej metody konwersji biomasy roślinnej jaką jest piroliza. Uzyskane w ten sposób biowęgla cechują się korzystnymi parametrami energetycznymi oraz nie stwarzają zagrożenia wybuchem. Wykazano, że zastosowanie procesu pirolizy o parametrach 500°C i 15 minut, pozwala uzyskać wysokoenergetyczne materiały biowęglowe z odpadowej biomasy sadowniczej: dla gałęzi jabłoni 29,49 MJ kg⁻¹, gałęzi wiśni 30,08 MJ kg⁻¹, gałęzi gruszy 28,31 MJ kg⁻¹.

A3 Saletnik, B.; Saletnik, A.; Zaguła, G.; Bajcar, M.; Puchalski, C. The Use of Wood Pellets in the Production of High Quality Biocarbon Materials. *Materials* 2022, 15(13), 4404.

W literaturze przedmiotu brakuje szczegółowych danych dotyczących możliwości poddania biomasy drzewnej procesowi karbonizacji po jej wcześniejszym spelletyzowaniu w formę paliwa stałego. Mając na uwadze powyższe, oceniono możliwość wykorzystania pelletów drzewnych do produkcji biowęglowego paliwa stałego o podwyższonej wartości energetycznej z wykorzystaniem procesu pirolizy. Z uwagi na ograniczoną ilość informacji naukowych oraz potrzebą kontroli jakości uzyskiwanych biopaliw w szczególności pod kątem ich bezpiecznego użycia, przechowywania i transportu określono podstawowe parametry wybuchowości pyłów dla badanych materiałów.

Zarówno pellet dębowy, pellet iglasty jak i mieszany poddano procesowi pirolizy w trzech różnych temperaturach tj. 400, 450, 500°C i czasach utrzymania w tej temperaturze tj. 5, 10 i 15 minut.

W badanych materiałach nie odnotowano zawartości azotu ogólnego. W badaniach wykazano natomiast znaczący wzrost zawartości węgla całkowitego w powstałych pirolizatach względem materiału wyjściowego średnio o 30%. Najwyższą procentową zawartością węgla cechowały się próbki poddane najwyższej temperaturze tj. 500°C i najdłuższemu czasowi 15 minut. Najwyższa zawartość węgla całkowitego w biowęglach powstałych z pelletu dębowego, iglastego, mieszanego wyniosła odpowiednio: 81,41; 85,21; 83,32%. W prowadzonych badaniach wykazano zależność zawartości popiołu od temperatury prowadzonego procesu, obserwując znaczny wzrost tego parametru w otrzymanych biowęglach. Najwyższą zawartością popiołu spośród badanych prób kontrolnych charakteryzował się pellet dębowy – 0,53%. Najwyższe wartości analizowanego parametru otrzymano dla próbek pirolizatów powstałych w najdłuższym czasie i najwyższej temperaturze, odpowiednio 6,63; 4,95; 4,73 % dla pelletu dębowego, mieszanego i iglastego. Czynnikiem decydującym o zawartości części popielnych był również czas obróbki termicznej, odnotowano znaczny wzrost badanego parametru w zależności od długości prowadzenia procesu. Podstawową odnotowaną zależnością wynikającą z badania zawartości substancji lotnych w pelletach i biowęglach był spadek tego parametru względem wzrostu zastosowanej temperatury i czasu prowadzenia procesu pirolizy. Różnica między próbą kontrolną w postaci pelletu nieprzetworzonego a pirolizatami wyniosła średnio ponad 40%. W przeprowadzonych badaniach określono istotny statystycznie wzrost wartości opałowej materiałów poddanych procesowi pirolizy.

Charakteryzując próbki pelletów w nieprzetworzonej formie, najwyższą wartością opałową cechowała się próbka pelletu iglastego – $19,31 \text{ MJ kg}^{-1}$. Dla pelletu mieszanego wartość ta kształtowała się na poziomie $19,13 \text{ MJ kg}^{-1}$, natomiast dla pelletu dębowego $18,27 \text{ MJ kg}^{-1}$. Zastosowanie procesu termicznej modyfikacji wszystkich badanych pelletów pozwoliło na średni wzrost wartości opałowej względem próby kontrolnej średnio o 56%. Parametrami pirolizy, które pozwalały uzyskać najwyższą wartość opałową dla biowęgla z pelletów dębowych, iglastych i mieszanych okazały się temp. 500°C i czas 15 min. Nie odnotowano natomiast istotnych statystycznie zmian badanego parametru pomiędzy zastosowanymi wariantami obróbki termicznej. Warunki prowadzenie procesu pirolizy biomasy tj. czas i temperatura wpływają na szereg właściwości uzyskiwanych produktów m.in. maksymalne ciśnienie wybuchu pyłu. Materiały biowęglowe otrzymane z pelletów drzewnych cechowały się wyższą wartością tego parametru nawet o 47% w stosunku do prób kontrolnych. Zmiana ta powiązana jest ze zwiększoną kruchością biowęgla, wyższą zawartością węgla i substancji lotnych. Podobną tendencję odnotowano w przypadku maksymalnej szybkości narastania ciśnienia, gdzie najwyższy wzrost średnio na poziomie 19% odnotowano dla biowęgla otrzymanych w temperaturze 500°C i czasie 15 minut. Proces pirolizy pelletów drzewnych wpłynął również na spadek wartości poziomu dolnej granicy wybuchowości. Odnotowano korelację tego parametru ze zmianą temperatury termicznej obróbki pelletów drzewnych. Zastosowanie procesu pirolizy wpłynęło na wzrost wartości wskaźnika wybuchowości $K_{st \max}$ w stosunku do prób kontrolnych. Zmiany te nie wpłynęły jednak na klasyfikację uzyskanych biowęgla w kontekście podatności na wybuchowość i wszystkie analizowane materiały zaliczono do klasy St1 – materiał mało podatny na wybuchowość. Maksymalną wartość tego parametru na poziomie $94,75 \text{ bar s}^{-1}$ odnotowano dla biowęgla otrzymanych z pelletów iglastych (piroliza 500°C i 15 min.). Maksymalne ciśnienie wybuchu dla wszystkich analizowanych materiałów odnotowano w czasie 200 ms od momentu jego inicjacji.

Parametr wytrzymałości mechanicznej można wykorzystywać do oceny zdolności pelletów i paliw biowęglowych do pozostania w stanie nienaruszonym podczas transportu i przechowywania. Uzyskane rezultaty badań wskazują, że wytrzymałość mechaniczna biowęgla była niższa niż pelletów surowych. Uzyskane wartości dla wszystkich badanych biowęgla kształtowały się w przedziale od 44,34 do 56,14 % i były istotnie statystycznie różne względem próby kontrolnej, która wyniosła średnio 98,84 %. Pomimo spadku wartości badanego parametru zmodyfikowane pellety nie utraciły swojej funkcjonalności.

Zawartość metali ciężkich w biopaliwach stałych jest istotna z punktu widzenia

ochrony środowiska, trwałości kotłów przeznaczonych do spalania biomasy oraz możliwości utylizacji powstałych popiołów. Właściwości chemiczne biomasy mają zasadniczy wpływ na skład emisji zanieczyszczeń do atmosfery. Na rynku biopaliw stałych pojawia się coraz większa ilość produktów wytwarzanych z różnego rodzaju biomasy z przeznaczeniem na cele opałowe. Niesie to za sobą ryzyko stosowania paliw, które w swoim składzie będą zawierały podwyższone zawartości metali ciężkich. Pellety poddane badaniu nie zawierały w swoim składzie arsenu i kadmu. Natomiast średnia oznaczona zawartość ołowiu w analizowanych pelletach kształtowała się na poziomie $0,18 \text{ mg kg}^{-1}$. Zastosowanie procesu pirolizy wpłynęło na wzrost badanego parametru do poziomu maksymalnie $0,48 \text{ mg kg}^{-1}$. Zawartość ołowiu w biowęglach zwiększała się wraz ze wzrostem temperatury termicznej obróbki pelletów. Należy jednak podkreślić, że zawartość Pb w pelletach surowych jak i otrzymanych biowęglach nie przekraczała dopuszczalnych wartości (Szwalec i in., 2016).

Biomasa stanowi jedną z głównych gałęzi odnawialnych źródeł energii i jest wykorzystywana w różnorodnych systemach energetycznych w postaci m.in. pelletów i brykietów. Przeprowadzone analizy wykazują, że proces pirolizy może zostać wykorzystany do waloryzacji pelletów drzewnych pod kątem produkcji wysokojakościowych biowęglowych paliw stałych, nie powodując spadku bezpieczeństwa jego przetwarzania. Badania dostarczają również nowych informacji dotyczących wpływu pirolizy przeprowadzonej na etapie poprodukcyjnym pelletu tj. po wcześniejszej pelletyzacji biomasy. Wytworzone w ten sposób biowęglowe materiały charakteryzują się wysoką wartością opałową przy jednoczesnym bezpieczeństwie stosowania. Parametry procesu pirolizy na poziomie: temperatura 500°C i czas 15 minut, pozwoliły na produkcję wysokoenergetycznych biowęglowych paliw stałych na bazie pelletów drzewnych: dla pelletu z trocin dębowych $30,45 \text{ MJ kg}^{-1}$, trocin drzew iglastych $31,49 \text{ MJ kg}^{-1}$, trocin iglasto-liściastych $30,73 \text{ MJ kg}^{-1}$. Uzyskane wyniki determinują do prowadzenia dalszych badań w kierunku poszukiwania nowych biopaliw na podstawie wytworzonej przeze mnie wiedzy podstawowej.

A4 Saletnik, B.; Saletnik, A.; Zaguła, G.; Bajcar, M.; Puchalski, C. Oak biomass in the form of wood, bark, brushwood, leaves and acorns in the production process of multifunctional biochar. *Molecules* 2022, 27(21), 7191.

Drewno dębowe jest jednym z najwyższej jakości drzew rosnących w Europie. Dąb jest najczęściej występującym drzewem liściastym w polskich lasach, a drugim w kolejności

jeśli chodzi o cały drzewostan. Stanowi on 7,9% spośród wszystkich gatunków drzew w polskich lasach iglastych i liściastych. Pozostałości z biomasy dębowej mogą być wszechobecnym źródłem bioenergii i biowęgla. Dlatego właściwe jest zbadanie i wykorzystanie odpadów biomasy dębowej do produkcji biowęgla z możliwością jego stosowania w sektorze rolnym i energetycznym. Drewno pnia, kora, gałęzie, liście i żołądzie mają różną budowę i skład chemiczny. Różnią się zawartością ligniny, celuloz i hemiceluloz, pektyn oraz ekstraktów. W aktualnym przeglądzie literatury brakuje pracy naukowej, która porównuje ze sobą właściwości energetyczne oraz fizykochemiczne biowęgla otrzymanych w procesie pirolizy z wszystkich rodzajów biomasy dębowej (Ohtsuka i in. 2021; Rozkruit 2021; Yu i in. 2022). W prezentowanej pracy dokonano analizy i porównania surowej biomasy pochodzącej z różnych części dębu oraz powstałych z nich karbonizatów w kontekście produkcji funkcjonalnych pirolizatów. Za ważne i nowatorskie uznano również zbadanie wskaźnika wybuchowości pyłów dla wytworzonych materiałów. Procesowi pirolizy w trzech różnych temperaturach tj. 400, 450, 500°C i czasie utrzymania w tej temperaturze na poziomie 10 minut poddano oddzielnie drewno, korę, gałęzie, liście oraz żołądzie dębu bezszypułkowego.

Zastosowanie beztlenowej termicznej obróbki i wzrost jej temperatury prowadził do wzrostu zawartości popiołu oraz węgla przy jednoczesnym spadku zawartości wodoru i substancji lotnych w otrzymanych materiałach. Spośród analizowanej surowej biomasy pochodzącej z dębu największą zawartością węgla charakteryzowała się biomasa z liści dębowych: 51,56%, nieco niższą zawartość tego pierwiastka oznaczono w gałęziach dębowych tj. 50,41%. Biomasa z drewna i kory dębowej wykazały niemal identyczną zawartość węgla – 49,86 i 49,87%. Najniższą koncentracją całkowitego węgla wśród analizowanej biomasy charakteryzowały się żołądzie, gdzie średnia zawartość węgla wynosiła 40,45%. W analizowanych pirolizatach najwyższą zawartością węgla charakteryzowały się próbki drewna dębowego poddane pirolizie w temperaturze 450 i 500°C – odnotowano wzrost w stosunku do surowego materiału o ponad 66%. Największy wzrost koncentracji węgla całkowitego w pirolizatach w stosunku do surowej biomasy odnotowano w próbkach żołądzi. Pirolizaty z żołądzi powstałe w temperaturze 450 i 500°C osiągnęły ponad 100% wzrost koncentracji węgla całkowitego. Najniższy przyrost stężenia węgla po procesie pirolizy odnotowano dla próbek kory dębowej. Wzrost zawartości węgla całkowitego dla pirolizatów liści i gałęzi w dwóch najwyższych temperaturach oscylował na poziomie ok 40%. Temperatura pirolizy 450 i 500°C dawały bardzo zbliżone efekty w postaci przyrostu koncentracji węgla

całkowitego. Spośród analizowanych materiałów tylko biomasa z kory dębowej wykazała zawartość azotu. Odnotowane stężenie azotu w surowej korze wyniosło 0,32%, a w powstałych pirolizatach wartości były bardzo zbliżone i wynosiły 400°C–0,54%; 450°C–0,54% oraz 500°C – 0,53%. W pozostałych biowęglach nie odnotowano zawartości tego pierwiastka. Największą różnorodnością wysokiej zawartości makroelementów charakteryzowały się pirolizaty otrzymane z liści dębowych. Odnotowano w nich wysoki poziom wapnia, żelaza, potasu, magnezu, fosforu, siarki oraz sodu. Pirolizaty z żołądzi charakteryzowały się wysoką zawartością żelaza, potasu, fosforu oraz siarki. Biowęgle z kory dębowej były bogate z kolei w wapń, żelazo i siarkę. Najwyższą koncentrację fosforu i potasu odpowiednio 2756,16 i 2437 mg 100g⁻¹ cechowały się pirolizaty z żołądzi, natomiast największą koncentrację magnezu odnotowano dla pirolizatów uzyskanych z liści dębowych tj. 422,30 mg 100g⁻¹. Najwyższą zawartością wapnia na poziomie 2482,14 mg 100g⁻¹ charakteryzowały się pirolizaty z gałęzi dębowych.

Wśród wymagań jakościowych dla biowęgla za niezwykle istotny dla jego bezpiecznego wprowadzenia do gleb uważa się poziom zanieczyszczeń, takich jak metale ciężkie. W wyniku przeprowadzonych testów odnotowano wzrost zawartości arsenu, kadmu, miedzi, niklu (wyjątek stanowił spadek stężenia w drewnie dębowym) i ołowiu (nie został wykryty w żołądziach). Jednak poziom stężenia oznaczonych metali ciężkich w pirolizatach był bardzo niski i nie przekraczał dopuszczalnych norm wyznaczonych przez standardy jakościowe dla biowęgla (Malińska i Mielgieś 2016). Dodatkowo należy podkreślić, że proces pirolizy sprzyja zmianom w specjacji chemicznej i charakterystyce matrycy biowęgla, prowadząc do zmniejszenia biodostępnych frakcji metali ciężkich w pirolizatach. Literatura podmiotu donosi, że metale ciężkie są nieruchome i stabilne w biowęglu, a piroliza jest w stanie zmniejszyć ich potencjalne uwalnianie (Hossain i in. 2011).

W przeprowadzonych badaniach odnotowano znaczny wzrost wartości opałowej dla próbek poddanych pirolizie. Najwyższą wartością opałową wśród badanej surowej biomasy cechowała się kora dębu tj. 19,93 MJ kg⁻¹, niewiele niższe wartości wykazywały gałęzie dębowe 19,23 MJ kg⁻¹, a następnie żołądzie 18,57 MJ kg⁻¹. Najniższą wartość opałową odnotowano dla drewna dębowego i liści dębowych na poziomie równym 18,38 MJ kg⁻¹. Piroliza w temperaturze 400°C spowodowała średni wzrost wartości opałowej o ok 40%. Temperatura procesu 450 oraz 500°C wpłynęła na wzrost o ponad 50%. Najwyższy wzrost badanego parametru odnotowano dla pirolizatów z żołądzi powstałych w temperaturze procesu 500°C, był to wzrost o 53% w stosunku do próby kontrolnej. Najwyższą wartość opałową

spośród badanych biowęgeli odnotowano dla pirolizatów kory otrzymanych w temperaturze 500°C.

Analiza wskaźników wybuchowości $K_{st \max}$ pozwoliła na klasyfikację drewna dębowego, kory, gałęzi, liści i żołądzi jak również wytworzonych z nich biowęgeli do pierwszej klasy zagrożenia wybuchem pyłu. Oznacza to, że materiały te są mało podatne na wybuchowość. Uzyskana wartość wskaźnika wybuchowości kształtowała się odpowiednio dla drewna, kory, gałęzi, liści i żołądzi na poziomie 76,6; 79,72; 78,13; 76,6; 76,86 bar s⁻¹. Wartość tego parametru dla próbek biowęglowych wzrastała wraz ze wzrostem temperatury termicznej obróbki. Nie odnotowano natomiast zmian w klasyfikacji wybuchowości pyłu biowęglowego w stosunku do biomasy nieprzetworzonej termicznie. Maksymalną uzyskaną wartość wskaźnika wybuchowości spośród wszystkich analizowanych próbek odnotowano w przypadku biowęgeli z kory dębowej (500°C, 10 min.) tj. 94,85 bar s⁻¹. Z kolei średnia wartość tego wskaźnika dla wszystkich otrzymanych biowęgeli niezależnie od parametrów pirolizy kształtowała się na poziomie 94,75 bar s⁻¹.

W pracy zaprezentowano termiczną obróbkę biomasy dębowej (drewno, kora, gałęzie, liście i żołądzie) do pozyskiwania funkcjonalnych biowęgeli z biomasy dębu w odniesieniu do materiałów możliwych do wykorzystania jako materiał opałowy lub dodatek do gleb. Stwierdzono, że matryce otrzymanych materiałów są bogate w liczne makroelementy. W większości analizowanych przypadków, najwyższa zastosowana w badaniu temperatura tj. 500°C pozwoliła uzyskać największą koncentrację analizowanych makroelementów. Łączna zawartość wapnia, żelaza, potasu, magnezu, sodu, fosforu i siarki dla tego wybranego parametru (500°C, 10 min.) kształtowała się odpowiednio dla biowęgeli z drewna, kory, gałęzi, liści i żołądzi na poziomie 375,1; 3497,3; 3218,33; 6543,38; 5833,69 mg 100g⁻¹. Odnotowano, że jakość biowęgla ściśle uzależniona jest od rodzaju surowca i procesu pirolizy. Biowęgiel wytwarzany z biomasy dębowej i zastosowany jako dodatek do gleb mógłby wpłynąć korzystnie na gospodarkę, zwłaszcza w obszarach rolnictwa i leśnictwa. Dodatkowo określono, że poszczególne części biomasy dębowej poddanej procesowi pirolizy cechują się zróżnicowaną koncentracją makroelementów co można wykorzystać do projektowania biowęglowych produktów nawozowych o pożądanej charakterystyce pierwiastkowej. Ponadto wyniki analiz wpływu procesu pirolizy biomasy dębowej na podstawowe właściwości energetycznych otrzymywanego biowęgla wskazują, że metoda ta znacząco podnosi wartość opałową biomasy bez obniżania bezpieczeństwa jego przetwarzania. Biowęgale otrzymane w temperaturze 500°C odpowiednio dla drewna, kory, gałęzi, liści i żołądzi cechowały się

wartością opałową na poziomie 28,47; 29,23; 29,45; 27,18 i 28.34 MJ kg⁻¹. Z przeprowadzonych analiz wynika, że proces pirolizy może być wykorzystany do waloryzacji energetycznej nie tylko drewna ale również pozostałych frakcji biomasy dębowej, w celu produkcji wysokoenergetycznych funkcjonalnych materiałów biowęglowych.

Wyniki przeprowadzonych badań zostały opublikowane w czasopiśmie *Molecules* (ISSN: 1420-3049), któremu w wykazie czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych nie została przypisana dyscyplina naukowa Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka. Niemniej jednak, biorąc po uwagę rodzaj i charakter przeprowadzonych analiz oraz uzyskanych wyników uważam, że zaprezentowana tematyka badawcza wpisuje się ww. dyscyplinę naukową.

A5 Saletnik, B.; Bajcar, M.; Zaguła, G.; Saletnik, A.; Tarapatsky, M.; Puchalski, C. Biochar as a Stimulator for Germination Capacity in Seeds of Virginia Mallow (*Sida hermaphrodita* (L.) Rusby). *Applied Sciences* 2019, 9(16), 3213.

Zaprezentowane w pracy badania miały charakter badań laboratoryjnych mających na celu określenie możliwości wykorzystania biowęgla jako czynnika zwiększającego efektywność wartości siewnej nasion ślazu pensylwańskiego. Doświadczenie opisane w niniejszej pracy prezentuje możliwość wprowadzenia biowęgla jako dodatkowego czynnika w procesie hydrokondycjonowania nasion. W pracy przedstawiono wyniki ilości wykiełkowanych nasion ślazu pensylwańskiego w czasie w próbie kontrolnej oraz w zależności od sposobu kondycjonowania nasion (hydrokondycjonowanie bez dodatku i z dodatkiem biowęgla).

Zastosowany w badaniach bio–karbo–kondycjoner charakteryzował się wartością pH na poziomie 6,59, zawartością węgla całkowitego i azotu ogólnego na poziomie odpowiednio 74,35 i 1% oraz koncentracją przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu na poziomie odpowiednio 1382, 5752 i 645 mg kg⁻¹.

Proces kiełkowania dla wszystkich trzech prób rozpoczął się w tym samym czasie – drugiego dnia po wysianiu nasion. Zdolność kiełkowania nasion w próbie kontrolnej wyniosła średnio 22%. Przyczyną niskiego kiełkowania nasion ślazu pensylwańskiego jest wytwarzanie twardych nasion, posiadających nieprzepuszczalne dla wody łupiny wapienne. Nieprzepuszczalna warstwa nasienna reguluje spoczynek nasion, szybkość przenikania wody do nasion do poziomu zapewniającego skuteczne nawodnienie. Na słabe kiełkowanie nasion

z próby kontrolnej mogły również wpłynąć warunki klimatyczne w roku zbioru, jak również czas przechowywania nasion (Woodstock 1988; Doliński 2009). Nasiona hydrokondycjonowane wykazały natomiast wyższą zdolność kiełkowania w stosunku do próby kontrolnej i osiągnęły poziom średnio 38%. Proces hydrokondycjonowania jest dość powszechnie wykorzystywany w celu osiągnięcia poprawy kiełkowania nasion twardych. Jego pozytywny wpływ na kiełkowanie oraz żywotność roślin uprawnych i ogrodowych został potwierdzony w badaniach licznych autorów (Grzesik i Janas 2014; Mendonça i in. 2018; Xavier i in. 2017). Biowęgiel dodany w ilości 5 g do 100 ml wody w procesie kondycjonowania nasion wpłynął na zdolność ich kiełkowania, która wzrosła średnio do poziomu 45,3%. Odnotowano również wzrost całkowitej masy siewek na wczesnym etapie ich rozwoju, zebranych po 14 dniach trwania eksperymentu średnio o 73,1% w stosunku do próby kontrolnej i o 25,6% w stosunku do próby hydrokondycjonowanej. Dokonano również oceny obrazującej całkowitą zawartość wybranych makro- i mikroelementów w nadziemnych częściach ślazuwa pensylwańskiego, w próbce kontrolnej oraz w próbach doświadczalnych po 14 dniach od założenia doświadczenia. Analizowane próbki każdorazowo cechowały się najwyższą zawartością potasu, wapnia i fosforu. Najniższe wartości makro- i mikroelementów oznaczono w roślinach pochodzących z nasion kondycjonowanych z biowęglem. Szybszy wzrost i wzmożone procesy metaboliczne na początkowym etapie rozwoju roślin wpływają na zwiększone zapotrzebowanie na pierwiastki odżywcze. Największą różnicę pomiędzy badanymi próbkami zauważono w stężeniu potasu. Potas, zaraz po azocie jest najszybciej wchłanianym pierwiastkiem przez rośliny, szczególnie te młode o szybko rosnącej tkance merystematycznej odpowiedzialnej za rozwój korzeni i łodyg. Pierwiastek ten jest jednym z najważniejszych składników odżywczych dla roślin, w warunkach niedoboru kierowany jest w pierwszej kolejności do stożków wzrostu i młodych liści. Korzystny wpływ procesu hydrokondycjonowania na kiełkowanie oraz wzrost roślin przypisywany jest wcześniejszemu zainicjowaniu i zwiększonej aktywności metabolicznej w nasionach przed ich siewem oraz w siewkach w początkowej fazie wzrostu (Grzesik i Jansa 2011; Szweykowska 1999). Dodatek biowęgla zasobnego w składniki mineralne wpłynął pozytywnie na efektywność procesu hydrokondycjonowania nasion.

Otrzymane wyniki potwierdzają możliwość stosowania biowęgla jako dodatku w procesie hydrokondycjonowania nasion ślazuwa pensylwańskiego. Przedstawione w doświadczeniu zastosowanie bio-karbo-kondycjonera jako biologicznego czynnika stymulującego kiełkowanie nasion jest korzystnym zabiegiem pod względem funkcjonalności,

prostoty wykonania oraz dostępności materiału kondycjonującego. Metoda ta również, ze względów ekonomicznych może być dobrą alternatywą dla dotychczas stosowanych metod przedsięwziętej skaryfikacji nasion roślin uprawnych.

Podsumowanie

Przeprowadzone prace badawcze i uzyskane rezultaty zaprezentowane w niniejszym osiągnięciu potwierdzają przyjętą hipotezę badawczą, że modyfikując parametry prowadzenia procesu pirolizy i odpowiednio dobierając surowiec pochodzenia roślinnego można uzyskać funkcjonalne biowęgla o pożądanych właściwościach, bez negatywnego wpływu na potencjał wybuchowości. Uzyskane rezultaty stanowią istotny wkład w rozwój dyscypliny naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka. Zaprezentowane wyniki badań uzupełniają i systematyzują dotychczasową wiedzę w zakresie wytwarzania i stosowania biowęgla. Dodatkowo istotnym osiągnięciem jest określenie parametrów wybuchowości biomasy roślinnej i wytworzonych biowęgla, których brakuje w charakterystyce procesu pirolizy. Niniejsze osiągnięcie wskazuje również na możliwość stosowania procesu pirolizy do zagospodarowania odpadów roślinnych oraz produkcji organicznych dodatków do gleb. Ponadto podkreśla potencjał procesu pirolizy względem podnoszenia wartości opałowej oraz wzrostu koncentracji pierwiastków w przetwarzanej biomacie roślinnej. Najważniejsze osiągnięcia sklasyfikowano w trzech kategoriach:

„Biowęglowe paliwo stałe na bazie pelletów i gałęzi drzew owocowych”

- wykazanie możliwości zagospodarowania odpadów z produkcji sadowniczej wraz ze wskazaniem korzystnych parametrów procesu pirolizy pod kątem produkcji biowęglowego paliwa stałego z gałęzi jabłoni, wiśni, gruszy wraz z charakterystyką parametrów wybuchowości w trakcie jej przetwarzania na paliwo stałe:
 - zastosowanie parametru temperaturowo–czasowego pirolizy na poziomie 500°C i 15 minut wpłynęło na najwyższy wzrost wartości opałowej tj. dla gałęzi jabłoni z 17,34 na 29,49 MJ kg⁻¹, gałęzi wiśni z 17,96 na 30,08 MJ kg⁻¹, gałęzi gruszy z 16,67 na 28,31 MJ kg⁻¹
 - zastosowanie procesu pirolizy (500 °C i 15 minut) i wytworzenie materiałów biowęglowych wpłynęło na wzrost wskaźnika wybuchowości $K_{st\ max}$ odpowiednio dla gałęzi jabłoni, wiśni i gruszy z poziomu 75,77; 74,46; 77,23 na 90,15; 87,37; 95,77 bar s⁻¹ nie powodując zmian

w klasyfikacji materiałów względem zagrożenia wybuchem pyłu (St1) – materiał mało podatny na wybuchowość;

- wykazanie możliwości pirolizy pelletów drzewnych na etapie poprodukcyjnym pelletu celem wytworzenia biowęglowego paliwa stałego, z określeniem wartości opałowej i zachowaniem bezpieczeństwa ich wytwarzania i stosowania:
 - zastosowanie parametru temperaturowo–czasowego pirolizy na poziomie 500°C i 15 minut wpłynęło na najwyższe podniesienie wartości opałowej przetwarzanych pelletów (dębowych, iglastych i mieszanych) z poziomu odpowiednio 18,27; 19,31; 19,13 do 30,45; 31,49; 30,73 MJ kg⁻¹
 - zastosowanie procesu pirolizy (500°C i 15 minut) i wytworzenie biowęglowych paliw stałych wpłynęło na wzrost wskaźnika wybuchowości $K_{st\ max}$ analizowanych materiałów, nie powodując przy tym zmian w klasyfikacji materiałów względem zagrożenia wybuchem pyłu (St1) – materiał mało podatny na wybuchowość, najwyższą odnotowano wartość na poziomie 94,75 bar s⁻¹ cechowała biowęglowe paliwo stałe przygotowane na bazie pelletu iglastego;

„Funkcjonalne biowęgle z biomasy dębu”

- przygotowanie i porównanie biowęgli z biomasy roślinnej pochodzącej z różnych części dębu tj. drewno, kora, gałęzie, liście oraz żołądź w kontekście produkcji biowęgli o wysokiej wartości opałowej i zasobności w określone pierwiastki wraz z ich klasyfikacją w zakresie podatności na wybuchowość:
 - zastosowanie procesu pirolizy (parametry: temp. 500°C i czas 10 minut) wykazało możliwość produkcji wysokoenergetycznych biowęgli nie tylko z drewna i gałęzi dębowych ale również z takich frakcji jak kora, liście i żołądź, a najwyższą wartością opałową na poziomie 29,76 MJ kg⁻¹ cechowały się biowęgle przygotowane z kory drzewnej
 - proces pirolizy (parametry: temp. 500°C i czas 10 minut) wpłynął na istotny wzrost zawartości badanych makroelementów w uzyskanych biowęglach, a poszczególne rodzaje karbonizatów cechowały się różną koncentracją pierwiastków tj. najwyższą zawartość Ca odnotowano dla biowęgli z kory (2482,14 mg 100g⁻¹), Fe i P dla biowęgli z żołądź (33,79 i 2756,16 mg 100g⁻¹), K, Mg i S dla biowęgli z liści (1174,43; 422,3 i 111,78 mg 100g⁻¹), Na dla biowęgli z gałęzi (12,41 mg 100g⁻¹)

- termiczna modyfikacja badanych materiałów w temp. 500°C i czasie 10 minut spowodowała wzrost wskaźnika wybuchowości odpowiednio dla drewna, kory, gałęzi, liści i żołądździ z poziomu 76,6; 79,72; 78,13; 76,6; 76,86 do 91,14; 94,85; 92,95; 91,21; 91,26 bar s⁻¹, a uzyskane biowęgle sklasyfikowano jako materiały mało podatne względem zagrożenia wybuchem pyłu;

„Bio–karbo–kondycjoner”

- wykazanie nowego zastosowania biowęgla jako czynnika zwiększającego efektywność wartości siewnej nasion w procesie kondycjonowanie na przykładzie ślazuwca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita* (L.) Rusby) – wzrost zdolności kiełkowania średnio z poziomu 22% dla próby kontrolnej i 38% dla nasion hydrolizowanych bez dodatku biowęglowego do poziomu 45,3%.

Literatura

1. Bednik M., Medyńska–Juraszek A., Dudek M., Kloc S., Kręt A., Łabaz B., Waroszewski J.: *Wheat Straw Biochar and NPK Fertilization Efficiency in Sandy Soil Reclamation*. *Agronomy* 2020, 10, 496.
2. Bis Z.: *Biowęgiel–powrót do przeszłości, szansa dla przyszłości*. *Czysta Energia* 2012, 6.
3. *British Standards Institution. Solid Biofuels—Determination of Ash*; *British Standards Institution: London, UK, 2010*.
4. *British Standards Institution. Solid Biofuels—Determination of Calorific Value*; *British Standards Institution: London, UK, 2011*.
5. *British Standards Institution. Solid Biofuels—Determination of Total Carbon, Hydrogen and Nitrogen Content—Instrumental Methods*; *British Standards Institution: London, UK, 2011*.
6. *British Standards Institution. Solid Biofuels—Determination of Volatile Substances*; *British Standards Institution: London, UK, 2011*.
7. Cheng C. Ji, K., Nayak D., Pan G.: *Environmental and economic assessment of crop residue competitive utilization for biochar, briquette fuel and combined heat and power generation*. *J Clean Prod*, 2018, 192, 916–923.
8. Chan K.Y., Van Zwieten L., Meszaros I., Downie A., Joseph S.: *Agronomic values of green waste biochar as a soil amendment*. *Aust J Soil Res.* 2007, 45: 629–634.
9. Cross A., Sohi S.: *The priming potential of biochar products in relation to labile carbon contents and soil organic matter status*. *Soil Biol Biochem.* 2011, 43: 2127–2134.
10. Doliński, R.: *Influence of treatment with hot water, chemical scarification and storage time on germination of Virginia fanpetals (*Sida hermaphrodita* (L.) Rusby) seeds*. *Biul. Inst. Hod. Aklim. Roślin* 2009, 257, 293–303.
11. dos Reis G.S., Larsson S.H., de Oliveira H.P., Thyrel M., Claudio Lima E.: *Sustainable Biomass Activated Carbons as Electrodes for Battery and Supercapacitors—A Mini-Review*. *Nanomaterials* 2020, 10, 1398.
12. Eckhoff R.K.: *Current status and expected future trends in dust explosion research*. *J. Loss Prev. Process Ind.* 2005, 18, 225–237.

13. PN—EN 14034, Part 1. *Determination of Explosion Characteristics of Dust Clouds—Part 1: Determination of the Maximum Explosion Pressure Pmax of Dust Clouds*. 2011.
14. PN—EN 14034, Part 3. *Determination of Explosion Characteristics of Dust Clouds—Part 3: Determination of the Lower Explosion Limit LEL of Dust Clouds*. 2011.
15. PN—EN14034, Part 2. *Determination of Explosion Characteristics of Dust Clouds—Part 2: Determination of the Maximum Rate of Explosion Pressure Rise (dp/dt) Max of Dust Clouds*. 2011.
16. Garcia B., Alves O., Rijo B., Lourinho G., Nobre C.: *Biochar: Production, Applications, and Market Prospects in Portugal*. *Environments* 2022, 9, 95.
17. Grzesik M., Janas R.: *Physiological method for improving seed germination and seedling emergence of root parsley in organic systems*. *J. Res. Appl. Agric. Eng.* 2014, 59, 80–86.
18. Grzesik M., Janas R., Romanowska–Duda Z.: *Stimulation of growth and metabolic processes in Virginia mallow (Sida hermaphrodita L. Rusby) by seed hydroconditioning*. *Probl. Agric. Eng.* 2011, 4, 81–89.
19. Hossain M.K., Strezov V., Chan K.Y., Ziolkowski A., Nelson P.F.: *Influence of pyrolysis temperature on production and nutrient properties of wastewater sludge biochar*. *J. Environ. Manag.* 2011, 92, 223–228.
20. Ibarrola R., Shackely S., Hammond J.: *Pyrolysis biochar systems for recovering biodegradable materials: a life cycle carbon assessment*. *Waste Management* 2012, 32:859–868.
21. Jiang H., Bi M., Li B., Gan B., Gao W.: *Combustion behaviors and temperature characteristics in pulverized biomass dust explosions*. *Renew. Energy* 2018, 122,45–54.
22. Kambo H.S., Dutta A.: *A comparative review of biochar and hydrochar in terms of production, physico-chemical properties and applications*. *Renew Sustain Ener Rev* 2015, 45:359–378
23. Kok M.V., Ozgur E.: *Thermal analysis and kinetics of bioma ss samples*. *Fuel Processing Technology* 2013, 106, 739–743.
24. Kwapinski W., Byrne C.M.P., Kryachko E., Wolfram P., Adley C., Leahy J.J., Novotny E.H., Hayes M.H.B.: *Biochar from Biomass and Waste*. *Waste Biomass Valorization* 2010, 1(2): 177–189.
25. Laird D.A.: *The charcoal vision: a win-win-win scenario for simultaneously producing bioenergy, permanently sequestering carbon, while improving soil and water quality*. *Agron. J.* 2008, 100: 178–181.
26. Lehman J., Joseph S.: *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*, Earthscan, London 2009.
27. Lehmann J., Rilling M.C, Thies J., Masiello C.A., Hockaday W.C., Crowley D.: *Biochar effects on soil biota - A review*. *Soil Biol. Biochem.* 2011, 43: 1812–1836.
28. Lewandowski W.M., Ryms M., Meler P.: *Termiczno-chemiczna piroliza do biopaliw ciekłych i gazowych, jako metoda podnoszenia sprawności konwersji energii biomasy*. *Nafta–Gaz* 2010, 8, 675–680.
29. Macdonald L., Farrell M., Van Zwieten L., Krull E.: *Plant growth responses to biochar addition: an Australian soils perspective*. *Biol Fertil Soils.* 2014, 50(7): 1035–1045.
30. Malińska K.: *Biowęgiel odpowiedzią na aktualne problemy ochrony środowiska*. *Inżynieria i Ochrona Środowiska* 2012, 15(4): 387–403.
31. Malińska K.: *Prawne i jakościowe aspekty dotyczące wymagań dla biowęgla*. *Inżynieria i Ochrona Środowiska* 2015, 18(3): 359–371.
32. Malińska K., Dach J.: *Biowęgiel jako materiał pomocniczy w procesie produkcji biogazu*. *Inżynieria Ekologiczna* 2015, 4: 117–124.
33. Malińska K., Zabochnicka–Świątek M., Dach J.: *Effects of biochar amendment on ammonia emission during composting of sewage sludge*. *Ecological Engineering* 2014, 71: 474–478.
34. Malińska K., Mielgieś K.: *Current quality and legal requirements for biochar as a fertilizers and soil improver*. *Sci. Work. Inst. Ceram. Build. Mater.* 2016, 26, 82–95.

35. Matovic D.: *Biochar as a viable carbon sequestration option: Global and Canadian perspective. Energy* 2011, 36: 2011–2016.
36. Medina C.H., Phylaktou H.N., Sattar H., Andrews G.E., Gibbs B.M.: *The development of an experimental method for the determination of the minimum explosible concentration of biomass powders. Biomass and Bioenergy* 2013, 53, 95–104.
37. Medyńska–Juraszek A.: *Biowęgiel jako dodatek do gleb. Soil Science Annual* 2016, 67/3: 151–157.
38. Mendonça S.R., Silva Pereira J.C., Teles da Cruz A.: *Emergence of carrot seeds cv. Brasília submitted to hydro-conditioning. Ipê Agron. J.* 2018, 2, 18–25.
39. Mohan D., Sarswat A., Ok S.Y., Pittman C.U. Jr.: *Organic and inorganic contaminants removal from water with biochar, a renewable, low cost and sustainable adsorbent - a critical review. Bioresour. Technol.* 2014, 160: 191–202.
40. Novak J.M., Busscher W.J., Laird D.L., Ahmedna M., Watts D.W. Niandou M.A.S.: *Impact of biochar amendment on fertility of a Southeastern coastal plain soil. Soil Sci.* 2009, 174: 105–112.
41. Ohtsuka T., Tomotsune M., Ando M., Tsukimori Y., Koizumi H., Yoshitake S.: *Effects of the application of biochar to plant growth and net primary production in an oak forest. Forests* 2021, 12, 152.
42. Park J., Hung I., Gan Z., Rojas O.J., Lim K.H., Park S.: *Activated carbon from biochar: influence of its physicochemical properties on the sorption characteristics of phenanthrene. Bioresour. Technol.* 2013, 149: 383–389.
43. Pereira R.C., Muetzel S., Arbestain M.C., Bishop P., Hina K., Hedley M.: *Assessment of the influence of biochar on rumen and silage fermentation: A laboratory-scale experiment. Anim. Feed Sci. Technol.* 2014, 196: 22–31.
44. Pérez J., Melgar A., Nel Benjumea P.: *Effect of operating and design parameters on the gasification/combustion process of waste biomass in fixed bed downdraft reactors: An experimental study. Fuel* 2012, 96, 487–496.
45. PN–EN 17831–1:2016–02; *Solid Biofuels—Determination of Mechanical Durability of Pellets and Briquettes—Part 1: Pellets. Polish Committee for Standardisation: Warsaw, Poland, 2016.*
46. *Polish Committee for Standardization. Chemical and Agricultural Analysis of the Soil—Determination of the Content of Absorbable Phosphorus in Mineral Soils; Polish Committee for Standardization: Warsaw, Poland, 1996.*
47. *Polish Committee for Standardization. Chemical and Agricultural Analysis of the Soil—Determination of the Content of Potassium in Mineral Soils; Polish Committee for Standardization: Warsaw, Poland, 2002.*
48. *Polish Committee for Standardization. Chemical and Agricultural Analysis of the Soil—Determination of the Content of Magnesium in Mineral Soils; Polish Committee for Standardization: Warsaw, Poland, 2004.*
49. *Polish Committee for Standardization. Soil Quality—Determination of Ph; Polish Committee for Standardization: Warsaw, Poland, 1997.*
50. Popovicheva O., Ivanov A., Vojtisek M.: *Functional Factors of Biomass Burning Contribution to Spring Aerosol Composition in a Megacity: Combined FTIR-PCA Analyses. Atmosphere* 2020, 11, 319.
51. Qian L., Chen B.: *Dual role of biochars as adsorbents for aluminum: the effects of oxygen-containing organic components and the scattering of silicate particles. Environ. Sci. Technol.* 2013, 47: 8759–8768.
52. Rahman M. Z., Edvinsson T., Kwong P.: *Biochar for electrochemical applications. Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry* 2020, 23, 25–30.
53. Sánchez M.E., Lindao E., Margaleff D., Martínez O., Morán A.: *Pyrolysis of agricultural residues from rape and sunflower: production and characterization of biofuels and biochar soil management. J Anal Appl Pyrolysis* 2019, 85: 142–144.

54. Shen Y.S., Wang S.L., Tzou Y.M., Yan Y.Y., Kuan W.H.: Removal of hexavalent Cr by coconut coir and derived chars-the effect of surface functionality. *Bioresour. Technol.* 2012, 104: 165–172.
55. Singh B.P., Cowie A.L., Smernik R.J.: Biochar carbon stability in a clayey soil as a function of feedstock and pyrolysis temperature. *Environ. Sci. Technol.* 2012, 46(21): 11770–11778.
56. Song W., Guo M.: Quality variations of poultry litter biochar generated at different pyrolysis temperatures. *J Anal Appl Pyrolysis* 2012, 94: 138–145.
57. *Statistics Poland. Statistical Yearbook of Forestry; Rozkrut, D., Ed.; Statiscit Poland: Warsaw, Poland, 2021.*
58. Steiner C., Das K.C., Melear N., Lakly D.: Reducing nitrogen loss during poultry litter composting using biochar. *J. Environ. Qual.* 2010, 39(4): 1236–1242.
59. Steiner C., Melear N., Harris K., Das K.C.: Biochar as bulking agent for poultry litter composting. *Carbon Manag.* 2011, 2(3): 227–230.
60. Szwalec A., Mundała P., Kędzior R., Telk M., Gawroński P.: Diversify the content of Cd, Pb, Zn and Cu in biomass used for energy purposes. *Acta Sci. Pol. Form. Circumiectus* 2016, 15, 343–351.
61. Szweykowska A.: *Plant Physiology; Wydawnictwo Naukowe: Poznań, Poland, 1999; 67–78.*
62. Tang J., Zhy W., Kookana R., Katayama A.: Characteristics of biochar and its application in remediation of contaminated soil. *J Biosci Bioeng.* 2013, 116(6): 653–659.
63. Taveau, J.: Secondary dust explosions: How to prevent them or mitigate their effects? *Process Saf. Prog.* 2012, 31, 36–50.
64. Uchimiya M., Wartelle L.H., Klasson K.T., Fortier C.A., Lima I.M.: Influence of pyrolysis temperature on biochar property and function as a heavy metal sorbent in soil. *J. Agric. Food Chem.* 2011, 59: 2501–2510.
65. Woodstock, L.W. Seed imbibition: A critical period for successful germination. *J. Seed Technol.* 1988, 12, 1–15.
66. Woolf D., Amonette J. E., Street-Perrott F. A., Lehmann J., Joseph S.: Sustainable biochar to mitigate global climate change. *Nature Commun.* 2010, 1(56).
67. Wu-Jun L., Hong J., Han-Qing Y.: Emerging applications of biochar-based materials for energy storage and conversion *Energy Environ. Sci.* 2019, 12, 1751–1779
68. Xavier F.M., Brunet A.P., Cavalcante J.A., Meneghello G.E., Radke A.K., Noguez Martins A.B., Winke Dias L., Revers Meneguzzo M.R.: Germination of *Allium cepa* L. seeds subjected to physiological conditioning and drying. *Rev. Ciênc. Agrár.* 2017, 40, 1–10.
69. Xu X., Cao X., Zhao L.: Comparison of rice husk-and dairy manure-derived biochars for simultaneously removing heavy metals from aqueous solutions: role of mineral components in biochars. *Chemosphere* 2013, 92: 955–961.
70. Yao Y., Gao B., Chen H., Jiang L., Inyang M., Zimmerman A.R., Cao X., Yang L., Xue Y., Li H.: Adsorption of sulfamethoxazole on biochar and its impact on reclaimed water irrigation. *J. Hazard. Mater* 2012, 209: 408–413.
71. Yu J., Reina T.R., Paterson N., Millan M.: On the primary pyrolysis products of torrefied oak at extremely high heating rates in a wire mesh reactor. *Appl. Energy Combust. Sci.* 2022, 9, 100046.
72. Yuan J., Xu R., Zhang H.: The forms of alkalis in the biochar produced from crop residues at different temperatures. *Bioresour. Technol.* 2011, 102(3): 3488–3497.
73. Zhang Q., Du Z., Lou Y., He X.: A one-year short-term biochar application improved carbon accumulation in large macro aggregate fractions. *Catena* 2015, 127: 26–31.
74. Zong Y., Xiao Q., Lu S.: Acidity, water retention, and mechanical physical quality of a strongly acidic Ultisol amended with biochars derived from different feedstocks. *J Soil Sediment.* 2016, 16(1): 177–190.

5. INFORMACJA O WYKAZYWANIU SIĘ ISTOTNĄ AKTYWNOŚCIĄ NAUKOWĄ REALIZOWANĄ W WIĘCEJ NIŻ JEDNEJ UCZELNI, INSTYTUCJI NAUKOWEJ

Aktywność naukową w więcej niż jednej uczelni rozpocząłem przed uzyskaniem stopnia doktora. W roku 2017 wraz z m.in. prof. dr hab. inż. Janem Oszmiańskim z Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu prowadziłem badania dotyczące efektywności wodnej ekstrakcji liści herbaty z wykorzystaniem pola magnetycznego. Efektem przeprowadzonych prac na ww. uniwersytecie jest wspólna publikacja naukowa:

- Zagała G., Bajcar M., **Saletnik B.**, Czernicka M., Puchalski C., Kapusta I., Oszmiański J.: Comparison of the Effectiveness of Water-Based Extraction of Substances from Dry Tea Leaves with the Use of Magnetic Field Assisted Extraction Techniques. *Molecules* 2017, 22(10), 1656. MEiN₍₂₀₁₇₎: 30, IF₍₂₀₁₇₎: 3.098. (załącznik 7)

Efektem dalszej współpracy z zespołem prof. dr hab. inż. Jana Oszmiańskiego z Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu były badania nad wpływem nowego dodatku funkcjonalnego (proszek ze skorupki jaj kurzych) do soków owocowych z aronii i żurawiny, na ochronę związków bioaktywnych i właściwości antyoksydacyjne. Wyniki badań opublikowane zostały w niniejszej pracy:

- Lachowicz S., Oszmiański J., Wilczyńska M., Zagała G., **Saletnik B.**, Puchalski C.: Impact Mineralization of Chokeberry and Cranberry Fruit Juices Using a New Functional Additive on the Protection of Bioactive Compounds and Antioxidative Properties. *Molecules* 2020, 25, 659. MEiN₍₂₀₂₀₎: 140, IF₍₂₀₂₀₎: 4.412. (załącznik 8)

W ramach prowadzonych badań i analiz rozpocząłem również współpracę z prof. dr hab. Andrzejem Marczukiem z Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Efektem prowadzonych z moim udziałem badań w Uniwersytecie Przyrodniczym w Lublinie, w ramach parametrów analitycznych dotyczących przechowywania jabłek odmiany Jonagold w skompensowanym polu magnetycznym, była publikacja naukowa prezentująca wyniki metody pozwalającej na wydłużenie okresu przechowywania owoców bez ich znacznego pogorszenia właściwości fizykochemicznych i organoleptycznych:

- Zaguła G., Tarapatsky M., Bajcar M., **Saletnik B.**, Puchalski C., Marczuk A., Andrejko D., Oszmiański J.: Near-Null Geomagnetic Field as an Innovative Method of Fruit Storage. *Processes* 2020, 8, 262. MEiN (2020): 70, IF(2020): 2.847. (załącznik 9)

Kontynuując współpracę z prof. dr hab. Andrzejem Marczukiem, w okresie od 05.07.2021r. do 23.07.2021r. odbyłem staż w Katedrze Maszyn Rolniczych, Leśnych i Transportowych Wydziału Inżynierii Produkcji Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie (załącznik 10). W ramach badań prowadziłem analizy dotyczące możliwości przetwarzania i obróbki mechanicznej materiałów biowęglowych pod kątem ich dalszego wykorzystania. Efektem tej współpracy były dwa wspólnie złożone granty badawcze w ramach projektu pt. „Podkarpackie Centrum Innowacji” realizowanego w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Podkarpackiego na lata 2014–2020 Oś Priorytetowa I: Konkurencyjna i innowacyjna gospodarka. Projekty uzyskały finansowanie, a ja pełniłem w jednym z nich rolę Kierownika badawczego:

- Tytuł projektu: Biowęglowa saszetka nawozowa do roślin doniczkowych,
Numer umowy: 15/UR/1/DG/PCI/2021,
Kwota dofinansowania: 423 170,00 zł,
Źródło finansowania: Podkarpackie Centrum Innowacji,
Kierownik projektu: **Bogdan Saletnik**,
Wykonawcy: Bogdan Saletnik, Marcin Bajcar, Grzegorz Zaguła, Edyta Pyrek–Bajcar, Barbara Drygaś, Andrzej Marczuk (załącznik 11)
- Tytuł projektu: Pochłaniacz etylenu z biomasowym złożem torfikowanym,
Numer umowy: 30/UR/1/DG/PCI/2021,
Kwota dofinansowania: 420 330,00 zł
Źródło finansowania: Podkarpackie Centrum Innowacji,
Kierownik projektu: Marcin Bajcar
Wykonawcy: Marcin Bajcar, **Bogdan Saletnik**, Grzegorz Zaguła, Andrzej Marczuk (załącznik 11)

Uzyskane wyniki badań prowadzonych wraz z prof. dr hab. Andrzejem Marczukiem posłużyły do przygotowania dwóch zgłoszeń patentowych. Rozwiązania te dotyczą opracowania kompozycji biowęgli otrzymanych z odpadowych materiałów produkcji rolniczej, sadowniczej i spożywczej w ściśle określonych warunkach procesu pirolizy i zamkniętych

w biodegradowalnych saszetkach celulozowych oraz pochłaniacza etylenu w formie saszetki z biomasowym złożem torfikowanym do stosowania w konserwacji produktów rolnych, zwłaszcza owoców:

- **Bogdan Saletnik**, Marcin Bajcar, Grzegorz Zaguła, Edyta Pyrek–Bajcar, Barbara Drygaś, Andrzej Marczuk: Saszetka nawozowa z biowęgłem i sposób wytwarzania nawozu biowęglowego. Numer: P.442855, Warszawa, 2022–11–16. (załącznik 12)
- Marcin Bajcar, **Bogdan Saletnik**, Grzegorz Zaguła, Andrzej Marczuk: Saszetkowy pochłaniacz etylenu z biomasowym złożem torfikowanym i zastosowanie saszetkowego pochłaniacza etylenu. Numer: P.442937, Warszawa, 2022–11–25. (załącznik 13)

W roku 2019 odbyłem wyjazd szkoleniowy do laboratorium firmy Altec w Czechach doskonaląc umiejętności analityczne w zakresie oznaczania rtęci z wykorzystaniem spektrometru AMA–254. Prowadziłem badania nad oznaczaniem zanieczyszczeń tj. śladowych ilości rtęci w próbkach środowiskowych. (załącznik 14)

Od roku 2019 współpracuję również z prof. Paulo Brito z Polytechnic Institute of Portalegre, Portugal. Istotna aktywność naukowa realizowana w więcej niż jednej uczelni, przełożyła się na realizację międzynarodowego projektu badawczego w ramach programu COST European Cooperation in Science & Technology. W ramach projektu “WIRE – CA20127 – Waste biorefinery technologies for accelerating sustainable energy processes” realizuję zadania badawcze dotyczące możliwości pozyskiwania i wykorzystania surowców odpadowych w biorafineriach umożliwiających wielokierunkową i kompleksową konwersję biomasy. Celem projektu jest promowanie gospodarki o obiegu zamkniętym, rozwój technologii bioenergetycznych wraz z rozwojem badań i innowacji w sektorze biorafinerii. (załącznik 15)

Od momentu zatrudnienia w Uniwersytecie Rzeszowskim wykazuję się również istotną aktywnością naukową poprzez kooperację i realizację prac badawczych z innymi jednostkami ww. uniwersytetu. Współpracowałem z prof. dr hab. inż. Józefem Gorzelanym (Zakład Inżynierii Produkcji Rolno–Spożywczej) w zakresie produkcji i oceny parametrów pelletów z biomasy roślinnej, jak również dr inż. Tomaszem Cebulakiem (Zakład Ogólnej Technologii Żywności i Żywienia Człowieka) w ramach oceny parametrów fizykochemicznych owoców

i warzyw z uprawy ekologicznej. Prowadziłem również badania dotyczące wpływu stymulacji polem magnetycznym nasion i roślin oraz mobilności metali ciężkich w roztworach wodnych, wraz z prof. dr hab. Idalią Kasprzyk (Instytut Biologii) oraz mgr Anną Puchalską-Sarna (Instytut Nauk o Zdrowiu). Potwierdzeniem dotychczasowej współpracy jest monografia naukowa i 6 opublikowanych artykułów naukowych:

- Zaguła G., Czernicka M., Puchalski C., Bajcar M., **Saletnik B.**, Cebulak T, Kotuła J.: Obrazowanie zjawisk przemian fizykochemicznych, wybranych grup owoców i warzyw z uprawy ekologicznej, w czasie wegetacji i przechowywania. Rzeszów: Uniwersytet Rzeszowski, 2015, p-ISBN: 978-83-7996-223-5. MEiN₍₂₀₁₅₎: 15. (załącznik 16)
- Bajcar M., Czernicka M., **Saletnik B.**, Zaguła G., Puchalski C., Gorzelany J.: Assessment of Energy Properties of Plant Biomass Pellets. Teka Commission of Motorization and Energetics in Agriculture 2015, 15, 4, 3–6. MEiN₍₂₀₁₅₎: 8. (załącznik 17)
- Zardzewiały M., Bajcar M., **Saletnik B.**, Puchalski C., Gorzelany J.: Biomass from Green Areas and Its Use for Energy Purposes. Appl. Sci. 2023, 13, 6517. MEiN₍₂₀₂₃₎: 100, IF₍₂₀₂₃₎: 2.838. (załącznik 18)
- Zaguła G., Zardzewiały M., **Saletnik B.**, Bajcar M., Czernicka M., Grabek–Lejko D., Kasprzyk I., Puchalski C.: Effects of fertiliser use and pre-sowing seed stimulation with a magnetic field on the mineral content and yield of three varieties of sugar beet roots. J. Elem. 2017, 22(4): 1401–1414. MEiN₍₂₀₁₇₎: 15, IF₍₂₀₁₇₎: 0.684. (załącznik 19)
- **Saletnik B.**, Zaguła G., Grabek–Lejko D., Kasprzyk I., Bajcar M., Czernicka M., Puchalski C.: Biosorption of cadmium(II), lead(II) and cobalt(II) from aqueous solution by biochar from cones of larch (*Larix decidua* Mill. *subsp. decidua*) and spruce (*Picea abies* L. H. Karst). Environ Earth Sci 2017, 76:574. MEiN₍₂₀₁₇₎: 25, IF₍₂₀₁₇₎: 1.435. (załącznik 20)
- **Saletnik B.**, Zaguła G., Grabek–Lejko D., Kasprzyk I., Bajcar M., Czernicka M., Puchalski C.: Effect of infusion time and addition of lemon juice on the mobility of

selected macroelements and aluminium during aqueous extraction of quality brands of leaf tea. *J. Elem.* 2018, 23(2): 611–624. MEiN₍₂₀₁₈₎: 15, IF₍₂₀₁₈₎: 0.753. (załącznik 21)

- **Saletnik B.**, Saletnik A., Słysz E., Zaguła G., Bajcar M., Puchalska–Sarna A., Puchalski C.: The Static Magnetic Field Regulates the Structure, Biochemical Activity, and Gene Expression of Plants. *Molecules* 2022, 27, 5823. MEiN₍₂₀₂₂₎: 140, IF₍₂₀₂₂₎: 4.927. (załącznik 22)

6. INFORMACJA O OSIĄGNIĘCIACH DYDAKTYCZNYCH, ORGANIZACYJNYCH ORAZ POPULARYZUJĄCYCH NAUKĘ

6.1. Osiągnięcia dydaktyczne

Od momentu rozpoczęcia pracy w Uniwersytecie Rzeszowskim na stanowisku adiunkta badawczo–dydaktycznego prowadzę zajęcia dydaktyczne ze studentami na następujących kierunkach:

- Odnawialne Źródła Energii i Gospodarka Odpadami: technologie w energetyce odnawialnej (ćwiczenia laboratoryjne i terenowe, wykłady), analiza instrumentalna biopaliw (ćwiczenia laboratoryjne), projektowanie instalacji w OZE (ćwiczenia projektowe)
- Ochrona Środowiska: technologie bioenergetyczne (ćwiczenia laboratoryjne).

Dodatkowo współprowadziłem zajęcia na kierunkach:

- Odnawialne Źródła Energii i Gospodarka Odpadami: rekuperacja i magazynowanie energii (ćwiczenia laboratoryjne), eksploatacja instalacji w energetyce i gospodarce odpadami (ćwiczenia laboratoryjne), monitoring i diagnostyka urządzeń (ćwiczenia laboratoryjne),
- Technologia Żywności i Żywnienie Człowieka: projektowanie technologiczne zakładów przemysłu spożywczego (ćwiczenia projektowe), analiza instrumentalna żywności (ćwiczenia laboratoryjne).

W latach 2018–2023 byłem promotorem **8 prac inżynierskich** i **5 magisterskich** realizowanych przez studentów Kolegium Nauk Przyrodniczych na kierunku Odnawialne Źródła Energii i Gospodarka Odpadami. Dodatkowo byłem recenzentem **26 prac**

inżynierskich i 9 prac magisterskich na kierunkach Odnawialne Źródła Energii i Gospodarka Odpadami oraz Technologia Żywności i Żywnienie Człowieka.

W ramach działalności dydaktycznej opracowałem koncepcję powstania i zorganizowałem pracownie dydaktyczne wraz z konspektami zajęć laboratoryjnych dla studentów kierunku Odnawialne Źródła Energii i Gospodarka Odpadami:

- pracownia symulacji pracy kolektorów słonecznych,
- pracownia konwersji energii słonecznej na elektryczną,
- pracownia symulacji pracy pomp ciepła,
- pracownia symulacji funkcjonowania elektrowni wiatrowej w warunkach laboratoryjnych i rzeczywistych,
- pracownia charakterystyki pracy turbiny wodnej Archimedes, Banki–Michella, Peltona i Francisa z zastosowaniem laboratoryjnych stanowisk elektrowni wodnych,
- pracownia produkcji biopaliw ciekłych w tym estrów metylowych kwasów tłuszczowych,
- pracownia przetwarzania biomasy roślinnej wraz z możliwością produkcji pelletów i brykietów,
- pracownia termicznej modyfikacji biomasy tj. wytwarzanie toryfikatów, pirolizatów, spalanie, współspalanie.

Dodatkowo w ramach wsparcia procesu dydaktycznego założyłem i prowadziłem terenową stację doświadczalną dotyczącą upraw roślin energetycznych z przeznaczeniem do realizacji ćwiczeń terenowych. Ponadto w ramach ćwiczeń terenowych realizowałem wraz ze studentami kierunku Odnawialne Źródła Energii i Gospodarka Odpadami wyjazdy m.in. do farmy fotowoltaicznej w Cieszanowie i Elektrociepłowni Stalowa Wola S.A.

Mając na celu podnoszenie kompetencji dydaktycznych z uwzględnieniem nowoczesnych metod nauczania (nazwa szkolenia czcionką pogrubioną) odbyłem następujące szkolenia:

- **„Coaching jako skuteczna metoda pracy ze studentami. Podnoszenie umiejętności dydaktycznych nauczycieli akademickich”** – Rzeszów, 2019r. (załącznik 23)
- **„Metody aktywne w pracy nauczyciela akademickiego”** – Rzeszów, 2019r. (załącznik 24)
- Kompetencje dydaktyczne i informatyczne kadry Uniwersytetu Rzeszowskiego w zakresie kształcenia na odległość – Rzeszów, 2020r. (załącznik 25)
- Szkolenie świadomościowe dotyczące problemów osób z niepełnosprawnością – Rzeszów, 2020r. (załącznik 26)

- „Możliwości dofinansowania do OZE w Gospodarstwie” – Boguchwała, 2021r. (załącznik 27)
- Polskie Towarzystwo Certyfikacji Energii – "Morska energetyka wiatrowa w Polityce energetycznej Polski do roku 2040", 20 Września 2021 (online) (załącznik 28)
- “Toxic metals in baby foods and the challenge of elemental analysis”, January 19, 2022, ThermoFisher SCIENTIFIC (online) (załącznik 29)
- **„Innowacyjne metody nauczania zdalnego, w tym weryfikacja efektów nauki zdalnej”**, 7–8.02.2022r., Centrum Szkoleniowe Poczty Polskiej S.A., Rzeszów. (załącznik 30)
- **„Grywalizacja – Skuteczne metody nauczania z wykorzystaniem elementów gier w celu aktywizacji i motywowania studentów do nauki”**, 4–5 kwietnia 2022r. Instytut Innowacyjnej Edukacji sp. z o.o. (załącznik 31)
- Szkolenie z zakresu praw własności przemysłowej i zasad komercjalizacji, Rzeszów 07.06.2022r. (załącznik 32)
- Szkolenie z zakresu zarządzania prawami autorskimi i prawami pokrewnymi oraz prawami własności intelektualnej, Rzeszów 07.06.2022r. (załącznik 33)

6.2. Osiągnięcia organizacyjne

W latach 2015–2020 pełniłem funkcję opiekuna organizacji studenckiej *Caritas Academica* Uniwersytetu Rzeszowskiego, której sam w latach wcześniejszych byłem długoletnim członkiem i przewodniczącym. Celem tego wolontariatu jest niesienie szeroko pojętej pomocy materialnej i psychicznej osobom znajdujących się w trudnej sytuacji życiowej. Organizacja współpracuje z Caritas Diecezji Rzeszowskiej oraz Regionalnym Ośrodkiem Rehabilitacyjno–Edukacyjnym dla Dzieci i Młodzieży w Rzeszowie.

W ramach działalności organizacyjnej od roku 2019 pełnię funkcję opiekuna praktyk zawodowych na kierunku Odnawialne Źródła Energii i Gospodarka Odpadami.

W latach 2020–2022 pełniłem funkcję członka Komisji Programowej ds. kierunku Agroleśnictwo Kolegium Nauk Przyrodniczych UR. W ramach wykonywanych obowiązków brałem udział w przygotowaniu raportu samoceny ww. kierunku dla Polskiej Komisji Akredytacyjnej.

W latach 2019–2020 pełniłem również funkcję członka Odwoławczej Komisji Dyscyplinarnej ds. Studentów.

Zgodnie z decyzją Prorektor Ds. Kolegium Nauk Przyrodniczych UR (04.05.2021r.) zostałem powołany na członka Komisji ds. opracowania Strategii Rozwoju Kolegium Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Rzeszowskiego w zakresie obszaru współpracy z gospodarką.

W roku 2023 zostałem również powołany na stanowisko opiekuna roku na kierunku Odnawialne Źródła Energii i Gospodarka Odpadami UR.

W trakcie dotychczasowej pracy zawodowej brałem również udział w organizacji konferencji naukowych:

- XVII–TH RISK FACTORS OF FOOD CHAIN, 19 – 21 wrzesień 2016, Rzeszów, konferencja międzynarodowa
- Krajowa Konferencja Naukowa inspirowana twórczością Profesora Franciszka Chrapkiewicza–Chapeville’a Doktora Honoris Causa Uniwersytetu Jagiellońskiego i Uniwersytetu Rzeszowskiego. JAKOŚĆ ŻYCIA W BIO–, TECH– I EKOSYSTEMACH, 20 listopad 2020, Rzeszów
- 8th International Conference “Human – Nutrition – Environment” University of Rzeszow, 13–14.10.2021, konferencja międzynarodowa.
- Ogólnopolska konferencja naukowa "Człowiek–Żywność–Środowisko", 15 październik 2021, Rzeszów.

W ramach programu POWER „Jednolity Program Zintegrowany Uniwersytetu Rzeszowskiego – droga do wysokiej jakości kształcenia Program Operacyjny Wiedza Edukacja Rozwój” realizowanego przez Wydział Biologiczno–Rolniczy Uniwersytetu Rzeszowskiego w latach 2018–2019 brałem również udział w organizacji warsztatów oraz wyjazdów szkoleniowych dla studentów kierunku Odnawialne Źródła Energii i Gospodarka Odpadami.

W ramach działalności organizacyjnej przygotowałem trzy pracownie badawcze tj. analiz chloru i fluoru, niekonwencjonalnych metod utrwalania żywności (m.in. plazma niskotemperaturowa, wirujące pola magnetyczne, ultradźwięki) oraz oznaczania rtęci w próbkach środowiskowych, przeznaczonych do realizacji badań naukowych.

Dodatkowo od momentu zatrudnienia w Uniwersytecie Rzeszowskim współpracuję z podmiotami sektora gospodarczego m.in. Tauron Wytwarzanie S.A. w zakresie możliwości uprawy i przetwarzania roślin energetycznych, Solarheat Angerman S.J. i PPU MICRO w zakresie odnawialnych źródeł energii, czy też Eko Gospodarstwo Rolne Janusz Futoma i Browar Tarnobrzeg Sp. z o.o. w ramach przetwarzania i analizowania żywności.

6.2. Działalność popularyzująca naukę

Przed uzyskaniem stopnia doktora uczestniczyłem w licznych konferencjach naukowych, w ramach których prezentowałem wyniki prowadzonych badań, w formie referatów oraz posterów:

- Międzynarodowa Konferencja Naukowa poświęcona twórczości Profesora Doktora Honoris Causa Akademii Medycznej w Krakowie i Uniwersytetu Rzeszowskiego Franciszka Chrapkiewicza pt.: Jakość życia w bio-, tech- i ekosystemach, 25–26 wrzesień 2014 r. Rzeszów. **Saletnik Bogdan**: *Akumulacja metali ciężkich (Pb, Cd, Hg) w wybranych ziołach pod wpływem symulowanego zanieczyszczenia gleby.*
- XIX Konferencja „Zastosowanie Metod AAS, ICP–OES i ICP–MS w Analizie Środowiskowej”, 09–10 grudnia 2014, Warszawa. **Saletnik Bogdan**: *Możliwość wykorzystania ablacji laserowej (LA ICP–MS) w analizach pierwiastkowych stałych próbek środowiskowych.*
- XX Scientific Session of the Young Scientific Staff of PTTŻ "Food–Quality and Perspectives", IVth International Session – „Food – Quality and Perspectives”, 14 – 15 of May 2015. Rzeszów, Bajcar Marcin, **Saletnik Bogdan**, Zardzewiały Miłosz, Drygaś Barbara, Czernicka Maria, Puchalski Czesław, Zaguła Grzegorz, Zapałowska Anita: *New method for determining the fruit harvest ripening (P.406446).*
- XX Scientific Session of the Young Scientific Staff of PTTŻ "Food–Quality and Perspectives", IVth International Session – „Food – Quality and Perspectives”, 14 – 15 of May 2015. **Saletnik Bogdan**, Bajcar Marcin, Zardzewiały Miłosz, Drygaś Barbara, Czernicka Maria, Puchalski Czesław, Zaguła Grzegorz, Zapałowska Anita: *Fruit storage container for extension of fitness for consumption.*
- XX Scientific Session of the Young Scientific Staff of PTTŻ "Food–Quality and Perspectives", IVth International Session – „Food – Quality and Perspectives”, 14 – 15 of May 2015. Zardzewiały Miłosz, **Saletnik Bogdan**, Bajcar Marcin, Drygaś Barbara, Czernicka Maria, Puchalski Czesław, Zaguła Grzegorz, Zapałowska Anita: *Effects of pre-sowing magnetic stimulation on the growth, development and changes in physicochemical properties in sugar beet seedlings.*
- II Konferencja Naukowa pt. „Dekada różnorodności biologicznej”, 29 maj 2015r., Rzeszów. Drygaś Barbara, **Saletnik Bogdan**, Bajcar Marcin: *Energetyczne*

wykorzystanie biomasy roślinnej – krok ku zrównoważonemu rozwojowi czy zagrożenie dla różnorodności biologicznej.

- Konferencja „Fosfor –współczesne wyzwania dla rolnictwa i środowiska”, 15–16 czerwiec 2015r., Puławy. **Bogdan Saletnik**, Grzegorz Zaguła, Marcin Bajcar, Barbara Drygaś, Czesław Puchalski: *Możliwość zastosowania biowęgla jako źródła fosforu w procesie nawożenia roślin.*
- Ogólnopolska Konferencja Studentów i Doktorantów i Nauk Ścisłych „Człowiek Nauka Środowisko”, 25–26 czerwiec 2015r., Gdańsk. **Bogdan Saletnik**, Barbara Drygaś, Grzegorz Zaguła, Marcin Bajcar, Maria Czernicka, Sławomir Rybka, Anita Zapałowska, Czesław Puchalski, Miłosz Zardzewiały: *Wpływ parametrów procesu pirolizy na zawartość wybranych pierwiastków w biowęglach.*
- Wkraczając w świat nauki 2015, II Ogólnopolska Konferencja Młodych Naukowców Nauk Przyrodniczych, 09 wrzesień 2015r., Wrocław. Barbara Drygaś, Marcin Bajcar, **Bogdan Saletnik**: *Zastosowanie procesu toryfikacji w przetwarzaniu biomasy stałej.*
- I PODKARPACKA KONFERENCJA MŁODYCH NAUKOWCÓW, 14–16 wrzesień 2015r., Rzeszów. **Bogdan Saletnik**, Marcin Bajcar, Barbara Drygaś, Grzegorz Zaguła: *Biowęgiel jako źródło potasu z przeznaczeniem na cele nawozowe.*
- I PODKARPACKA KONFERENCJA MŁODYCH NAUKOWCÓW, 14–16 wrzesień 2015r., Rzeszów. **Bogdan Saletnik**, Marcin Bajcar, Barbara Drygaś, Grzegorz Zaguła, Anita Zapałowska: *Porównanie zdolności fitoremediacyjnych miskanta olbrzymiego i wierzby wiciowej.*
- I PODKARPACKA KONFERENCJA MŁODYCH NAUKOWCÓW, 14–16 wrzesień 2015r., Rzeszów. Barbara Drygaś, **Bogdan Saletnik**, Grzegorz Zaguła, Maria Czernicka, Marcin Bajcar: *Ocena wpływu procesu liofilizacji na skład glonów z rodzaju Cladophora.*
- I PODKARPACKA KONFERENCJA MŁODYCH NAUKOWCÓW, 14–16 wrzesień 2015r., Rzeszów. Barbara Drygaś, Grzegorz Zaguła, Marcin Bajcar, **Bogdan Saletnik**: *Zastosowanie biomasy glonów morskich w rolnictwie i energetyce.*
- I PODKARPACKA KONFERENCJA MŁODYCH NAUKOWCÓW, 14–16 wrzesień 2015r., Rzeszów. Marcin Bajcar, Barbara Drygaś, **Bogdan Saletnik**, Grzegorz Zaguła: *Ocena wartości energetycznej pelletów z biomasy roślinnej.*
- I PODKARPACKA KONFERENCJA MŁODYCH NAUKOWCÓW, 14–16 wrzesień 2015r., Rzeszów. Marcin Bajcar, Grzegorz Zaguła, **Bogdan Saletnik**, Barbara Drygaś,

Anita Zapalowska: *Zmiana parametrów energetycznych biomasy pod wpływem procesu toryfikacji.*

- The 16th International Conference RISK FACTORS OF FOOD CHAIN, 19–21 October 2015r., Dudince, Slovakia. Zaguła Grzegorz, **Saletnik Bogdan**: *Selectivity of the magnetic field stimulation applied to growing apple fruits.*
- The 16th International Conference RISK FACTORS OF FOOD CHAIN, 19–21 October 2015r., Dudince, Slovakia. **Saletnik Bogdan, Zaguła Grzegorz**: Risk factors of food chain: Tomatoes storage container for extension of fitness for consumption.
- 3rd Honey Seminar jointly with 4th International Meeting of Young Food Technologists, International Environmental Education Center University of Rzeszow in Iwonicz, 23–25 October 2015. **Bogdan Saletnik**, Grzegorz Zaguła, Marcin Bajcar, Maria Czernicka, Czesław Puchalski: *Selectivity of the magnetic field stimulation applied to growing ‘elsanta’ strawberry fruits.*
- 1st Meeting of Young Researchers from V4 Countries “Scientific researches in food production”, 20 April 2016r., Rzeszów. Maria Czernicka, Grzegorz Zaguła, Marcin Bajcar, **Bogdan Saletnik**, Czesław Puchalski: *Evaluation of nutritional value of whey protein concentrates use as sports nutrition.*
- 1st Meeting of Young Researchers from V4 Countries “Scientific researches in food production”, 20 April 2016r., Rzeszów. Beata Szopa, Grzegorz Zaguła, Marcin Bajcar, Maria Czernicka, **Bogdan Saletnik**, Czesław Puchalski: *Selectivity of the magnetic field stimulation applied to growing apple fruits.*
- 1st Meeting of Young Researchers from V4 Countries “Scientific researches in food production”, 20 April 2016r., Rzeszów. Marcin Bajcar, Grzegorz Zaguła, **Bogdan Saletnik**, Maria Czernicka, Beata Szopa, Czesław Puchalski: *Turning food waste into energy.*
- 6th International Young Scientists Conference „Human–Nutrition –Environment”, 21–22 April 2016r., Rzeszów. Maria Czernicka, Grzegorz Zaguła, Marcin Bajcar, **Bogdan Saletnik**, Czesław Puchalski: *Bioactive components and mineral content as index of nutritional value of beverages high quality black, green and white teas.*
- V Kongres młodych ludzi nauki, 18 czerwiec 2016r., Kraków. **Saletnik Bogdan**, Zaguła Grzegorz: *Wpływ czasu zaparzania oraz dodatku kwasowego na mobilność pierwiastków podczas ekstrakcji wodnej wysokogatunkowych herbat liściastych.*

- V Kongres młodych ludzi nauki, 18 czerwiec 2016r., Kraków. Zaguła Grzegorz, **Saletnik Bogdan**, Zaguła Grzegorz: *Rozproszony system do generowania magnetycznych pól wolnozmiennych z przeznaczeniem do stymulacji wybranych grup owoców i warzyw w czasie dojrzewania.*
- XVII–TH RISK FACTORS OF FOOD CHAIN, 19–21 September 2016, Rzeszów, Poland. Maria Czernicka, **Bogdan Saletnik**, Grzegorz Zaguła, Marcin Bajcar, Czesław Puchalski: *The impact of brewing time and acid addition of the elements mobility during water extraction of high quality tea leaves.*
- XVII–TH RISK FACTORS OF FOOD CHAIN, 19–21 September 2016, Rzeszów, Poland. Grzegorz Zaguła, **Bogdan Saletnik**, Marcin Bajcar, Maria Czernicka, Czesław Puchalski: *Near null geomagnetic field container for longer apples storage.*
- Międzynarodowa Konferencja Naukowa poświęcona twórczości Profesora François Chapeville’a (Franciszka Chrapkiewiczza), „Jakość Życia w Bio–, Tech– i Ekosystemach”, 29 wrzesień, 2016r., Rzeszów. Marcin Bajcar, **Bogdan Saletnik**, Grzegorz Zaguła, Maria Czernicka, Czesław Puchalski: *Proces toryfikacji metodą redukcji barier technologicznych przemysłowego spalania biomasy.*
- Międzynarodowa Konferencja Naukowa poświęcona twórczości Profesora François Chapeville’a (Franciszka Chrapkiewiczza), „Jakość Życia w Bio–, Tech– i Ekosystemach”, 29 wrzesień, 2016r., Rzeszów. Maria Czernicka, Grzegorz Zaguła, Marcin Bajcar, **Bogdan Saletnik**, Czesław Puchalski: *Aktywność fitaz alkalicznych w pyłku kwiatowym.*
- Międzynarodowa Konferencja Naukowa poświęcona twórczości Profesora François Chapeville’a (Franciszka Chrapkiewiczza), „Jakość Życia w Bio–, Tech– i Ekosystemach”, 29 wrzesień, 2016r., Rzeszów. Grzegorz Zaguła, Maria Czernicka, Marcin Bajcar, **Bogdan Saletnik**, Czesław Puchalski: *Rozproszony system do generowania wolnozmiennych pól magnetycznych.*
- 11th International Conference on Agrophysics, 26th–28th September 2016, Lublin, Poland. Bajcar Marcin, Zaguła Grzegorz, **Saletnik Bogdan**, Czernicka Maria, Puchalski Czesław: *The impact of the torrefaction process on the energy properties of biomass.*
- 11th International Conference on Agrophysics, 26th–28th September 2016, Lublin, Poland. **Saletnik Bogdan**, Zaguła Grzegorz, Bajcar Marcin, Czernicka Maria,

Puchalski Czesław: *Effect of pyrolysis process parameters in the contents of selected macro-elements in biochar obtained from waste biomass.*

- XVIII INTERNATIONAL CONFERENCE RISK FACTORS OF FOOD CHAIN, 20 – 22 September 2017, Żmiąca, Poland. **Saletnik Bogdan**, Zaguła Grzegorz, Bajcar Marcin, Czernicka Maria, Puchalski Czesław: *The impact of infusion time and addition of honey on the mobility of selected elements during aquatic extraction of tea leaves.*
- XVIII INTERNATIONAL CONFERENCE RISK FACTORS OF FOOD CHAIN, 20 – 22 September 2017, Żmiąca, Poland. Zaguła Grzegorz, **Saletnik Bogdan**, Bajcar Marcin, Czernicka Maria, Puchalski Czesław: *Unidentified magnetic field interaction.*
- XVIII INTERNATIONAL CONFERENCE RISK FACTORS OF FOOD CHAIN, 20 – 22 September 2017, Żmiąca, Poland. Bajcar Marcin, Zaguła Grzegorz, **Saletnik Bogdan**, Czernicka Maria, Puchalski Czesław: *Utilization of food waste for energy production.*

Po uzyskaniu stopnia doktora uczestniczyłem w siedmiu konferencjach naukowych, w ramach których prezentowałem wyniki badań w formie referatów:

- Międzynarodowa Konferencja Naukowa poświęcona twórczości Profesora François Chapeville'a :Jakość Życia w Bio-, Tech- i Ekosystemach”, 21–22 listopad 2019r., Rzeszów. Bogdan Saletnik: *Biomasa roślinna – efektywny materiał do produkcji energii.*
- International Conference Agro Food Implemented as part of the Regional Initiative of Excellence project , 19 November 2020, Rzeszów.
- 1st Natural Cosmetics International Meeting organized by The University of Information Technology and Management in Rzeszów, 22–24 September, 2021. **Grzegorz Zaguła**, Bogdan Saletnik, Marcin Bajcar: *Water as the main and natural raw material for cosmetics.*
- IV MIĘDZYNARODOWA KONFERENCJA NAUKOWA „Zagrożenia i wyzwania bezpieczeństwa współczesnego świata. Wymiar polityczno-prawny.”, 25–26 listopad 2021, Rzeszów, **Bogdan Saletnik**: *Ekonomiczno-ekologiczne wykorzystanie biowęgla w przeciwdziałaniu zmianom klimatycznym.*
- 8th International Young Scientists Conference „Human–Nutrition–Environment”, 13–14 October 2021r. Rzeszów.
- Ogólnopolska Konferencja Naukowa pt.: “Człowiek–Żywność–Środowisko”. Rzeszów, 15 październik 2021.

- Scientific conference "PROSPECTS FOR RENEWABLE ENERGY SOURCES AND WASTE MANAGEMENT", 15 November 2022, Rzeszów. Marcin Fiedur, Radosław Kwarciany, Patrycja Kielar, **Bogdan Saletnik** – *Energy potential of waste biomass from tobacco production*.

W ramach działalności popularyzującej naukę w latach 2017–2019 brałem udział w corocznym festiwalu „Dni Otwartych PODR Boguchwała” prezentując doświadczenia naukowe oraz ofertę dydaktyczną UR dla uczestników wydarzenia.

Ponadto w ramach działalności popularyzującej naukę uczestniczyłem w wydarzeniu „NOC BIOLOGÓW” organizowanym przez Wydział Biologiczno–Rolniczy UR dnia 12 stycznia 2018 roku. W trakcie jego trwania prezentowałem zaplecze naukowo–badawcze oraz pokazy laboratoryjne zarówno dla uczniów szkół ponadgimnazjalnych, gimnazjalnych, podstawowych jak i młodszych uczestników.

Dodatkowo w ramach wydarzenia „Dni Funduszy Europejskich” realizowanych 11–13 maja 2018 w Uniwersytecie Rzeszowskim brałem udział w promocji naukowych zasobów laboratoryjnych. Wykonywałem również pokazy naukowe w zakresie odnawialnych źródeł energii dla zwiedzających.

9 października 2021r. w ramach popularyzacji nauki, reprezentując Kolegium Nauk Przyrodniczych UR aktywnie uczestniczyłem w „Piknik Nauki EKSPLORACJE” w Rzeszowie, organizowanym przez stowarzyszenie upowszechniania wiedzy „ExploRes”. Jest to wydarzenie, którego celem jest popularyzacja nauki oraz techniki, propagowanie interaktywnego modelu przekazywania wiedzy i edukacji nieformalnej.

W ramach aktywności popularyzującej naukę brałem również udział w przygotowaniu filmów promocyjnych (marzec 2022r) prezentujących potencjał naukowy i dydaktyczny Kolegium Nauk Przyrodniczych. Przygotowane materiały, skierowane dla uczniów szkół średnich i studentów prezentowane były na portalach społecznościowych.

Pełnię również funkcję edytora gościnnego w wydaniu specjalnym (10 stycznia 2023r.) *"Applications of Biochar in Agriculture and Its Impact on Agricultural Systems"*, w czasopiśmie *Agriculture* (ISSN 2077–0472).

Od roku 2021 jestem również członkiem Rady Recenzentów Czasopisma *Energies* (ISSN 1996–1073).

Od roku 2019 jestem również członkiem Rzeszowskiego Oddziału Polskiego Towarzystwa Agrofizycznego.

7. INNE INFORMACJE, NIE WYMIENIONE W PKT. 1–6, WAŻNE Z PUNKTU WIDZENIA PRZEBIEGU KARIERY ZAWODOWEJ

7.1. Działalność badawczo–rozwojowa

Od momentu zatrudnienia w Uniwersytecie Rzeszowskim uczestniczyłem w realizacji projektów badawczo–rozwojowych:

Tabela 3. Wykaz realizowanych projektów badawczo–rozwojowych.

Lp.	Tytuł projektu	Okres realizacji	Źródło finansowania	Rola w projekcie
1.	Obrazowanie zjawisk przemian fizykochemicznych wybranych grup owoców i warzyw z uprawy ekologicznej w czasie wegetacji i przechowywania	2013–2015	Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego	wykonawca
2.	Optymalizacja punktu temperaturowego i czasu trwania procesu toryfikacji wybranych produktów odpadów rolniczej produkcji roślinnej	2013–2015	Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego	wykonawca
3.	Badania i opracowanie technologii produkcji mięsa wieprzowego w kierunku wydłużenia trwałości przechowalniczej, a także zachowania właściwości odżywczych, prozdrowotnych oraz przetwórczo–użytkowych tego surowca i jego produktów	2020–2021	ARiMR, Program Rozwoju Obszarów Wiejskich	wykonawca

4.	Wpływ nawożenia biowęgłem i popiołem na wybrane właściwości pirolizatów uzyskanych z biomasy wierzby wiciowej oraz miskanta olbrzymiego w ramach „Rozwój potencjału badawczego w obszarze nauk rolniczych Uniwersytetu Rzeszowskiego szansą dla gospodarki żywnościowej” Regionalna Inicjatywa Doskonałości	2020	Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego	lider zespołu badawczego
5.	Analiza procesu toryfikacji biomasy w oparciu o wybrane parametry wybuchowości pyłu w ramach „Rozwój potencjału badawczego w obszarze nauk rolniczych Uniwersytetu Rzeszowskiego szansą dla gospodarki żywnościowej” Regionalna Inicjatywa Doskonałości	2020	Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego	wykonawca
6.	Opracowanie innowacyjnej metody utrwalania żywności z zastosowaniem skompensowanego pola geomagnetycznego w ramach „Rozwój potencjału badawczego w obszarze nauk rolniczych Uniwersytetu Rzeszowskiego szansą dla gospodarki żywnościowej” Regionalna Inicjatywa Doskonałości	2020	Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego	wykonawca
7.	Wykorzystanie surowców roślinnych do produkcji wysokojakościowych alternatywnych biokomponentów z określeniem ich przydatności w sektorze rolno-spożywczym oraz	2021	Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego	lider zespołu badawczego

	energetycznym w ramach „Rozwój potencjału badawczego w obszarze nauk rolniczych Uniwersytetu Rzeszowskiego szansą dla gospodarki żywnościowej” Regionalna Inicjatywa Doskonałości			
8.	Zagospodarowanie rolniczych materiałów odpadowych z produkcji roślinnej metodą toryfikacji w ramach „Rozwój potencjału badawczego w obszarze nauk rolniczych Uniwersytetu Rzeszowskiego szansą dla gospodarki żywnościowej” Regionalna Inicjatywa Doskonałości	2021	Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego	wykonawca
9.	Waste biorefinery technologies for accelerating sustainable energy processes	2021– obecnie	COST ACTION (The European Cooperation in Science and Technology)	wykonawca
10.	Biowęglowa saszetka nawozowa do roślin doniczkowych	2021	Podkarpackie Centrum Innowacji	lider/kierownik
11.	Pochłaniacz etylenu z biomasowym złożem toryfikowanym	2021	Podkarpackie Centrum Innowacji	wykonawca
12.	Badanie zafałszowania mąki pszennej za pomocą hiperspektralnego obrazu	2022	Ministerstwo Nauki i	wykonawca

	Ramana w ramach „Rozwój potencjału badawczego w obszarze nauk rolniczych Uniwersytetu Rzeszowskiego szansą dla gospodarki żywnościowej” Regionalna Inicjatywa Doskonałości		Szkolnictwa Wyższego	
--	--	--	----------------------	--

W ramach współpracy z sektorem gospodarczym prowadziłem badania oraz przygotowywałem ekspertyzy i raporty:

- Ekspertyza „Ocena składu pierwiastkowego oraz wartości energetycznej owoców z uprawy ekologicznej”, dla: Eko Gospodarstwo Rolne Janusz Futoma, 2020r.
- Ekspertyza „Analiza elementarna materiałów wykorzystywanych w procesach wędzarniczych”, dla Zakład Mięсны Jasiołka w Dukli, 2020r.
- Ekspertyza: Możliwość wykorzystania odpadów z przetwórstwa owocowo-warzywnego do produkcji stałych biokomponentów energetycznych, dla: Rzeszowska Spółdzielnia Ogrodniczo–Pszczelarska, 2021r.
- Ekspertyza: Ocena potencjału energetycznego odpadów z produkcji młynarskiej, dla: Młyn Fryszak Sp. z o.o., 2022r.
- Raport o innowacyjności oraz czystości patentowej nowych produktów tj. napój funkcjonalny oraz baton energetyczny dla Browar Tarnobrzeg–Browar Rzemieślniczy, 2023r.

Mając na celu podnoszenie umiejętności komercjalizowania rynkowego własności intelektualnej generowanej w środowisku akademickim, uczestniczyłem również w szkoleniu „Zarządzanie procesami B+R, Wdrażanie Rozwiązań B+R, Wdrażanie Innowacji” realizowanym przez Podkarpackie Centrum Innowacji, 11–12 styczeń 2020r. (załącznik 34)

7.2. Działalność w zakresie opracowania nowych rozwiązań

Rezultatem prowadzonych badań są uzyskane patenty jak również zgłoszenia patentowe, których jestem współautorem (po uzyskaniu stopnia doktora):

Tabela 4. Wykaz patentów i zgłoszeń patentowych.

Lp.	Tytuł	Autorzy	Numer	Data
Patenty				
1.	Sposób sorpcji metali ciężkich z roztworów wodnych	Grzegorz Zagała, Bogdan Saletnik , Marcin Bajcar, Czesław Puchalski, Maria Czernicka, Dorota Grabek–Lejko, Idalia Kasprzyk	Pat. 233341	30.09.2019 (załącznik 35)
2.	Sposób modyfikacji pelletu opałowego z biomasy	Grzegorz Zagała, Marcin Bajcar, Bogdan Saletnik , Czesław Puchalski	Pat. 234653	31.03.2020 (załącznik 36)
3.	Sposób poprawy parametrów kiełkowania nasion poprzez zastosowanie pulsującego strumienia światła	Grzegorz Zagała, Bogdan Saletnik , Marcin Bajcar, Czesław Puchalski	Pat. 242159	23.01.2023 (załącznik 37)
Zgłoszenia patentowe				
4.	Sposób zmniejszania ilości szkodliwych jonów chlorowych ze słomy roślinnej świeżej poprzez zastosowanie wirującego pola magnetycznego	Bogdan Saletnik , Grzegorz Zagała, Marcin Bajcar, Czesław Puchalski	P.436088	26.11.2020 (załącznik 38)

5.	Sposób sonicznej dechloracji biomasy roślinnej	Bogdan Saletnik , Grzegorz Zaguła, Marcin Bajcar, Czesław Puchalski	P.436095	27.11.2020 (załącznik 39)
6.	Sposób wydłużenia trwałości przechowalniczej mięsa wieprzowego	Mariusz Rudy, Czesław Puchalski, Grzegorz Zaguła, Bogdan Saletnik i in.	P.439650	26.11.2021 (załącznik 40)
7.	Sposób sorpcji metali ciężkich z roztworów wodnych z zastosowaniem synergicznego działania biowęgla i wirującego pola magnetycznego	Grzegorz Zaguła, Bogdan Saletnik, Marcin Bajcar, Czesław Puchalski	P.439821	14.12.2021 (załącznik 41)
8.	Saszetka nawozowa z biowęgłem i sposób wytwarzania nawozu biowęglowego.	Bogdan Saletnik , Marcin Bajcar, Grzegorz Zaguła, Edyta Pyrek–Bajcar, Barbara Drygaś, Andrzej Marczuk	P.442855	16.11.2022 (załącznik 12)
9.	Saszetkowy pochłaniacz etylenu z biomasowym złożem toryfikowanym i zastosowanie saszetkowego pochłaniacza etylenu.	Marcin Bajcar, Bogdan Saletnik , Grzegorz Zaguła, Andrzej Marczuk	P.442937	25.11.2022 (załącznik 13)

7.3. Szkolenia

Mając na uwadze podnoszenie umiejętności analitycznych uczestniczyłem w licznych szkoleniach z zakresu obsługi aparatury badawczej:

- Analizatora aminokwasów firmy SYKAM, Grudzień 2013, Rzeszów (załącznik 42)
- Analizatora tłuszczu TFE – 2000, Grudzień 2013, Rzeszów (załącznik 43)
- Analizator LECO TRUSPEC CHNS, Listopad 2013, Rzeszów (załącznik 44)
- Analizator termogravimetryczny LECO TGA 701, Listopad 2013, Rzeszów (załącznik 44)
- Kalorymetru LECO AC500, Listopad 2013, Rzeszów (załącznik 44)
- Zestaw piecowy do badania wybuchowości – KSEP 20, Listopad 2013, Rzeszów (załącznik 45)
- Spektrometr ICP–OES iCAP 6500 Duo, ICP–MS–iCAP Q firmy Thermo Scientific wraz z systemem ablacji laserowej – NWR 213 ESI, Maj 2015, Rzeszów (załącznik 46)
- Analizatora rtęci AMA 254, Grudzień 2014, Rzeszów (załącznik 47)
- Urządzenia do kontaminacji powierzchniowej – „plazma niskotemperaturowa”, Listopad 2017, Wrocław (załącznik 48)
- Urządzenie do badania turbin wodnych, Luty 2018, Rzeszów (załącznik 49).

7.4. Otrzymane odznaczenia

Postanowieniem nr rej. 362/2021 Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 11 października 2021r., na wniosek Ministra Edukacji i Nauki, za zasługi w działalności na rzecz rozwoju nauki, zostałem odznaczony Brązowym Krzyżem Zasługi (załącznik 50).

Dnia 25 sierpnia 2022r. zostałem odznaczony Medalem Komisji Edukacji Narodowej za szczególne zasługi dla oświaty i wychowania.

7.5. Pozostałe wybrane publikacje naukowe, nie wskazane w rozdziałach 4 i 5

Badania dotyczące zastosowania procesu toryfikacji do przetwarzania biomasy roślinnej oraz metod waloryzacji biopaliw prowadziłem jeszcze przed uzyskaniem stopnia doktora, a następnie kontynuowałem w kolejnych latach. Dotyczyły one głównie oceny

niskotemperaturowej modyfikacji termicznej prowadzonej w atmosferze azotu z wykorzystaniem produktów odpadowych rolniczej produkcji roślinnej oraz stosowania dodatków do pelletów drzewnych w postaci zużytego oleju spożywczego. W ramach tych badań powstały następujące artykuły naukowe:

- Bajcar M., Zaguła G., **Saletnik B.**, Puchalski Cz., Czernicka M., Zapałowska A., Zardzewiały M., Rybka S.: Wpływ procesu toryfikacji na właściwości energetyczne biomasy roślinnej. „Produktywność i zdrowotność środowiska”: Rzeszów: Uniwersytet Rzeszowski, 2015, 89–99. MEiN₍₂₀₁₅₎: 4.
- Bajcar M., Puchalski C., **Saletnik B.**, Zaguła G., Fabisiak A., Malecka K.: Optymalizacja punktu temperaturowego i czasu trwania procesu toryfikacji wybranych produktów odpadowych rolniczej produkcji roślinnej. Rzeszów: Uniwersytet Rzeszowski, 2015, p-ISBN: 978-83-7996-216-7. MEiN₍₂₀₁₅₎: 15.
- Bajcar M., Zaguła G., **Saletnik B.**, Puchalski C.: Influence of Temperature During Torrefaction Process on the Quality of Torrefied Products Obtained from Rapeseed Straw and Common Osier. Teka Commission of Motorization and Energetics in Agriculture 2015, 15, 4, 7–12. MEiN₍₂₀₁₅₎: 8.
- **Saletnik B.**, Bajcar M., Zaguła G., Czernicka M., Puchalski C.: Optimization of Physicochemical Properties of Torrefied Products Obtained by Thermal Processing of Oat Straw. Teka Commission of Motorization and Energetics in Agriculture 2015, 15, 4, 155–160. MEiN₍₂₀₁₅₎: 8.
- **Saletnik B.**, Bajcar M., Zaguła G., Czernicka M., Puchalski C.: Impact of the biomass pyrolysis parameters on the quality of biocarbon obtained from rape straw, rye straw and willow chips. Econtechmod. An International Quarterly Journal 2016, 5, 2, 129–134. MEiN₍₂₀₁₆₎: 12.
- Bajcar M., Zaguła G., **Saletnik B.**, Tarapatsky M., Puchalski C.: Relationship between Torrefaction Parameters and Physicochemical Properties of Torrefied Products Obtained from Selected Plant Biomass. Energies 2018, 11(11), 2919. MEiN₍₂₀₁₈₎: 25, IF₍₂₀₁₈₎: 2.707.

- Bajcar M., **Saletnik B.**, Zaguła G., Puchalski C.: Analysis of the Effect of the Biomass Torrefaction Process on Selected Parameters of Dust Explosivity. *Molecules* 2020, 25, 3525. MEiN₍₂₀₂₀₎: 140, IF₍₂₀₂₀₎: 4.412.
- Saletnik A., **Saletnik B.**, Puchalski C.: Modification of Energy Parameters in Wood Pellets with the Use of Waste Cooking Oil. *Energies* 2021, 14, 6486. MEiN₍₂₀₂₁₎: 140, IF₍₂₀₂₀₎: 3.252.

Badania dotyczące oceny możliwości stosowania biowęgla oraz popiołu z biomasy roślinnej jako dodatku do gleby w uprawie wybranych roślin energetycznych rozpocząłem w trakcie trwania studiów doktoranckich. Uzyskane rezultaty badań laboratoryjnych i doświadczeń polowych zostały wykorzystane do przygotowania rozprawy doktorskiej, a w kolejnym etapie artykułów naukowych. Badania koncentrowały się na optymalizacji kombinacji dawek nawozowych ww. materiałów w kontekście uzyskiwanego plonu roślin (wierzba wiciowa, miskant olbrzymi), parametrów energetycznych oraz wybranych właściwości gleby. Analizy zostały również ukierunkowane na wykorzystanie otrzymanej biomasy roślinnej do produkcji pirolizatów o przeznaczeniu nawozowym:

- **Saletnik B.**, Bajcar M., Zaguła G., Czernicka M., Puchalski C.: Influence of biochar and biomass ash, applied as soil amendment, on germination rate of Virginia mallow seeds (*Sida hermaphrodita* R.). *Econtechmod. An International Quarterly Journal* 2016, 5, 3, 71–76. MEiN₍₂₀₁₆₎: 12.
- **Saletnik B.**, Zaguła G., Bajcar M., Czernicka M., Puchalski C.: Biochar and Biomass Ash as a Soil Ameliorant: The Effect on Selected Soil Properties and Yield of Giant Miscanthus (*Miscanthus x giganteus*). *Energies* 2018, 11(10), 2535. MEiN₍₂₀₁₈₎: 25, IF₍₂₀₁₈₎: 2.707.
- **Saletnik B.**, Puchalski C.: Suitability of Biochar and Biomass Ash in Basket Willow (*Salix viminalis* L.) Cultivation. *Agronomy* 2019, 9, 577. MEiN₍₂₀₁₉₎: 100, IF₍₂₀₁₉₎: 2.603.
- **Saletnik B.**, Zaguła G., Saletnik A., Bajcar M., Puchalski C.: Biochar and Ash Fertilization Alter the Chemical Properties of Basket Willow (*Salix viminalis* L.) and

Giant Miscanthus (*Miscanthus x giganteus*). Agronomy 2020, 10, 660. MEiN₍₂₀₂₀₎: 100, IF₍₂₀₂₀₎: 3.417.

W ramach pracy badawczej realizowałem również zagadnienia dotyczące możliwości stosowania stymulacji magnetycznej. W zestawionych poniżej pracach opublikowane zostały wyniki dotyczące m.in. wpływu pola magnetycznego na trwałość i jakość owoców, wpływu przedsewnej stymulacji magnetycznej na plonowanie i jakość buraków cukrowych, wpływ pulsacyjnego pola magnetycznego na szybkość kiełkowania i profil kationowy kiełków jadalnych, sposobu przedłużenia trwałości przechowalniczej jabłek:

- Zardzewiały M., **Saletnik B.**, Bajcar M., Zaguła G., Czernicka M., Puchalski C.: Effects of mineral fertilization and pre-sowing magnetic stimulation in the yield and quality of sugar beet roots. Econtechmod. An International Quarterly Journal 2016, 5, 3, 51–58. MEiN₍₂₀₁₆₎: 12.
- Zaguła G., Puchalski C., Czernicka M., Bajcar M., **Saletnik B.**: Distributed system for generating slowly varying magnetic Fields. Econtechmod. An International Quarterly Journal 2016, 5, 4, 73–78. MEiN₍₂₀₁₆₎: 12.
- Zaguła G., Puchalski C., Czernicka M., Bajcar M., **Saletnik B.**, Woźny M., Szeregii E.: The magnetic field stimulation system applied on strawberry fruits. Econtechmod. An International Quarterly Journal 2017, 6, 1, 117–122. MEiN₍₂₀₁₇₎: 12.
- Zaguła G., Zardzewiały M., **Saletnik B.**, Bajcar M., Czernicka M., Grabek-Lejko D., Kasprzyk I., Puchalski C.: Effects of fertiliser use and pre-sowing seed stimulation with a magnetic field on the mineral content and yield of three varieties of sugar beet roots. Journal of Elementology 2017, 22(4), 1401–1414. MEiN₍₂₀₁₇₎: 15, IF₍₂₀₁₇₎: 0.684.
- Zaguła G., **Saletnik B.**, Bajcar M., Saletnik A., Puchalski C.: Preliminary Research on the Influence of a Pulsed Magnetic Field on the Cationic Profile of Sunflower, Cress, and Radish Sprouts and on Their Germination Rate. Appl. Sci. 2021, 11, 9678. MEiN₍₂₀₂₁₎: 100, IF₍₂₀₂₁₎: 2.838.

- **Saletnik B.**, Zaguła G., Saletnik A., Bajcar M., Słysz E., Puchalski C.: Effect of Magnetic and Electrical Fields on Yield, Shelf Life and Quality of Fruits. *Appl. Sci.* 2022, 12, 3183. MEiN₍₂₀₂₂₎: 100, IF₍₂₀₂₂₎: 2.700.
- **Saletnik B.**, Zaguła G., Saletnik A., Bajcar M., Słysz E., Puchalski C.: Method for Prolonging the Shelf Life of Apples after Storage. *Appl. Sci.* 2022, 12, 3975. MEiN₍₂₀₂₂₎: 100, IF₍₂₀₂₂₎: 2.700.

Uczestniczyłem również w prowadzeniu badań dotyczących oceny składników mineralnych w wybranych suszonych ziołach oraz wartości odżywczej liści herbaty i wpływu procesu zaparzania wysokogatunkowych herbat czarnych, zielonych i białych pochodzących z różnych rejonów upraw na jakość uzyskiwanych naparów:

- Czernicka M., Zaguła G., Bajcar M., **Saletnik B.**, Puchalski C.: Określenie wartości zdrowotnej suszu i naparów wysokogatunkowych herbat czarnych pochodzących z różnych rejonów upraw. *BROMAT. CHEM. TOKSYKOL. – XLIX*, 2016, 2, 183–193. MEiN₍₂₀₁₆₎: 6.
- Zaguła G., Fabisiak A., Bajcar M., Czernicka M., **Saletnik B.**, Puchalski C.: Mineral components analysis of selected dried herbs. *Econtechmod. An International Quarterly Journal* 2016, 5, 2, 129–134. MEiN₍₂₀₁₆₎: 12.
- Czernicka M., Zaguła G., Bajcar M., **Saletnik B.**, Puchalski C.: Study of nutritional value of dried tea leaves and infusions of black, green and white teas from Chinese plantations. *Rocz Panstw Zakl Hig* 2017, 68(3), 237–245. MEiN₍₂₀₁₇₎: 14.
- Czernicka M., Zaguła G., Bajcar M., **Saletnik B.**, Puchalski C.: Assessment of the nutritional value of high quality fruit infusions based on the content of bioelements and toxic metals. *Journal of Elementology* 2018, 23(3), 1057–1072. MEiN₍₂₀₁₈₎: 15, IF₍₂₀₁₈₎: 0.733.
- Tarapatsky M., Zaguła G., Bajcar M., Puchalski C., **Saletnik B.**: Magnetic field extraction techniques in preparing high quality tea infusions. *Appl. Sci.* 2018, 8(10), 1876. MEiN₍₂₀₁₈₎: 25, IF₍₂₀₁₈₎: 2.217.

Zainteresowanie zastosowaniem metody spektroskopii Ramana oraz rozpoczęcie pracy analitycznej z wykorzystaniem tej techniki analitycznej przyczyniło się do przygotowania i opublikowania dwóch artykułów naukowych. W pracach przedstawiono możliwość zastosowania technik Ramanowskich w rozwoju rolnictwa cyfrowego jak również w badaniach wpływu różnych czynników, takich jak zmiany środowiskowe, stres środowiskowy na procesy biologiczne i ogólny stan roślin. Podkreślono potencjał zastosowania spektroskopii Ramana w monitorowaniu stanu fizjologicznego roślin oraz identyfikacji gatunków i ich odmian:

- Saletnik A., **Saletnik B.**, Puchalski C.: Overview of Popular Techniques of Raman Spectroscopy and Their Potential in the Study of Plant Tissues. *Molecules* 2021, 26, 1537. MEiN₍₂₀₂₁₎: 140, IF₍₂₀₂₁₎: 4.927.
- Saletnik A., **Saletnik B.**, Puchalski C.: Raman Method in Identification of Species and Varieties, Assessment of Plant Maturity and Crop Quality—A Review. *Molecules* 2022, 27, 4454. MEiN₍₂₀₂₂₎: 140, IF₍₂₀₂₂₎: 4.600.

ANALIZA NAUKOMETRYCZNA

W swoim dorobku publikacyjnym posiadam 46 artykułów naukowych, 2 monografie naukowe i 19 rozdziałów w monografiach

Tabela 5. Zestawienie dorobku publikacyjnego według czasopism.

Nazwa czasopisma	Liczba publikacji	Sumaryczna liczba punktów MEiN w roku wydania	Sumaryczny IF za rok wydania
po uzyskaniu stopnia doktora			
Agronomy	2	200	6.02
Applied Sciences	7	610	18.241
Energies	4	330	11.918
Journal of Food Measurement and Characterization	1	40	–
Materials	1	140	3.748
Molecules	6	840	28.205
Polish Journal for Sustainable Development	1	5	–
Processes	1	70	2.847
Rozdział w monografii	6	105	–
przed uzyskaniem stopnia doktora			
Bromatologia i Chemia Toksykologiczna	1	6	–
Econtechmod. An International Quarterly Journal	7	84	–
Environmental Earth Sciences	1	25	1.435
Inżynieria Rolnicza	1	5	–
Journal of Biosciences: Zeitschrift für Naturforschung. Section C.	1	15	0.552
Journal of Elementology	4	60	2.854
Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences	2	14	–
Molecules	1	30	3.098

Monografia	2	30	–
Roczniki Państwowego Zakładu Higieny	1	14	–
Rozdział w monografii	13	52	–
Teka Commission of Motorization and Energetics in Agriculture	4	32	–
Sumaryczny współczynnik IF 78.918 (w tym 70.979 po uzyskaniu stopnia doktora)			
Sumaryczna liczba punktów MEiN 2707 (w tym 2340 po uzyskaniu stopnia doktora)			
Baza Scopus: h-index:8, liczba cytowań: 248			
Baza Web of Science: h-index: 8, liczba cytowań: 235			
Baza Google Scholar: h-index: 11, liczba cytowań: 432			

Tabela 6. Zestawienie aktywności naukowej.

Aktywność naukowa	Przed uzyskaniem stopnia doktora	Po uzyskaniu stopnia doktora	Razem
Oryginalne prace twórcze w czasopismach posiadających współczynnik IF	7	21	28
Oryginalne prace twórcze w czasopismach nieposiadających współczynnika IF	16	2	18
Monografie	2	–	2
Rozdziały w monografiach	13	6	19
Aktywny udział w konferencjach naukowych	34	4	38
Patenty	–	3	3
Zgłoszenia patentowe	–	6	6
Projekty badawcze	2	10	12
Ekspertyzy i raporty	–	5	5

(podpis wnioskodawcy)