

# **Autoreferat**

**dr Magdalena Woźniak**

Katedra Chemii  
Wydział Leśny i Technologii Drewna  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Poznań, 2025

**1. Imię i nazwisko**

Magdalena Woźniak

**2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe**

- 2017     **doktor nauk leśnych** (dyscyplina: drzewnictwo)  
Wydział Technologii Drewna, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
Tytuł rozprawy doktorskiej: *Możliwości zastosowania preparatów propolisowo-silanowych do zabezpieczania drewna sosny Pinus sylvestris L.*
- 2013     **magister** (specjalność: chemia biologiczna)  
Wydział Chemii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu  
Tytuł pracy magisterskiej: *Problematyka oznaczania selenu w suplementach diety obecnych na polskim rynku.*
- 2011     **licencjat** (specjalność: chemia biologiczna)  
Wydział Chemii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu  
Tytuł pracy licencjackiej: *Alkaloidy niezawierające układów heterocyklicznych.*

**Dodatkowe wykształcenie**

- 2015     **studia podyplomowe** w zakresie *Zaawansowane materiały i nanotechnologia w praktyce*, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Chemii, Centrum NanoBioMedyczne, Centrum Integracji Europejskiej.

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

- 01.10.2019 – obecnie**            **Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu**, Wydział Leśny i Technologii Drewna (do 2020 r. Wydział Technologii Drewna), Katedra Chemii, adiunkt
- 01.03.2018 – 30.09.2019**       **Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu**, Wydział Technologii Drewna, Katedra Chemii, asystent
- 01.11.2017 – 28.02.2018**       **Instytut Technologii Drewna** (obecnie Sieć Badawcza Łukasiewicz – Poznański Instytut Technologiczny), Zakład Ochrony Środowiska i Chemii Drewna, chemik

#### 4. Osiągnięcie będące podstawą ubiegania się o stopień doktora habilitowanego

Jako osiągnięcie naukowe, będące podstawą ubiegania się o stopień doktora habilitowanego na podstawie art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.) wskazuję cykl powiązanych tematycznie pięciu publikacji naukowych przedstawiających wyniki badań dotyczących możliwości wykorzystania substancji pochodzenia naturalnego w ochronie drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) poprzez określenie ich wpływu na wybrane właściwości impregnowanego drewna pod tytułem: **Wybrane substancje pochodzenia naturalnego w ochronie drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.)**. Wszystkie artykuły stanowiące osiągnięcie zostały opublikowane w czasopismach naukowych z listy *Journal Citation Reports* (JCR). Sumaryczny wskaźnik wpływu *Impact factor* (IF) zgodny z rokiem opublikowania dla wskazanych publikacji wynosi 15,8, a suma punktów zgodnie z listami Ministerstwa Edukacji i Nauki (MEiN) oraz Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (MNiSW) wynosi 720. Wyniki zrealizowanych badań zostały opublikowane w czasopismach przypisanych do dyscypliny nauki leśne. W jednej publikacji jest jedynym autorem, natomiast w pozostałych współautorskich publikacjach jestem pierwszym i korespondencyjnym autorem, a mój wkład w ich powstanie był wiodący. Oświadczenia współautorów, wskazujące na indywidualny wkład wszystkich autorów w powstanie publikacji stanowią załącznik 5 do niniejszego wniosku.

Wykaz publikacji stanowiących osiągnięcie będące podstawą ubiegania się o stopień doktora habilitowanego:

- 1) **Woźniak M.** 2022. *Antifungal agents in wood protection – A review*. *Molecules* 27(19), 6392. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES27196392>.  
**IF<sub>2022</sub>: 4,6/ MEiN<sub>2022</sub>: 140 pkt**
- 2) **Woźniak M.**, Baranowska M., Waśkiewicz A., Cofta G. 2025. *Activity of *Viscum album* L. extract against wood-rot fungi and its potential application in wood preservation*. *Wood Material Science & Engineering* 1-12. <https://doi.org/10.1080/17480272.2025.2479230>.  
**IF<sub>2024</sub>: 2,1/ MNiSW<sub>2025</sub>: 100 pkt**
- 3) **Woźniak M.**, Gromadzka K., Kwaśniewska-Sip P., Cofta G., Ratajczak I. 2022. *Chitosan-caffeine formulation as an ecological preservative in wood protection*. *Wood Science and Technology* 56: 1851-1867. <https://doi.org/10.1007/s00226-022-01426-6>.  
**IF<sub>2022</sub>: 3,4/ MEiN<sub>2022</sub>: 200 pkt**

- 4) **Woźniak M.**, Majka J., Kwaśniewska-Sip P., Krystofiak T., Lis B., Roszyk E., Cofta G., Ratajczak I. 2025. *Physical and mechanical properties of wood treated with chitosan-caffeine formulations*. European Journal of Wood and Wood Products 83, 62. <https://doi.org/10.1007/s00107-025-02226-y>.

**IF<sub>2024</sub>: 2,5/ MNiSW<sub>2025</sub>: 140 pkt**

- 5) **Woźniak M.**, Majka J., Krystofiak T., Lis B., Roszyk E., Ratajczak I. 2025. *Physico-mechanical and sorption properties of wood treated with cellulose nanofibers*. Materials 18, 2762. <https://doi.org/10.3390/ma18122762>.

**IF<sub>2024</sub>: 3,2/ MNiSW<sub>2025</sub>: 140 pkt**

## **5. Omówienie celu naukowego prac zgłoszonych do postępowania habilitacyjnego oraz uzyskanych wyników**

### **5.1 Wprowadzenie, geneza oraz cele badań**

Drewno jest naturalnym i odnawialnym materiałem znajdującym zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu, przez co odgrywa istotną rolę w gospodarce wielu krajów. Wśród jego zastosowań można wymienić m.in. meblarstwo, budownictwo, papiernictwo, bioenergetykę oraz produkcję materiałów drewnopochodnych (Niemz i in., 2023). Pomimo wielu zalet, którymi charakteryzuje się drewno, jak np. naturalne pochodzenie, biodegradowalność, dobra wytrzymałość mechaniczna czy unikatowe walory estetyczne, jego praktyczne wykorzystanie, zwłaszcza w warunkach zewnętrznych, ograniczone jest jego podatnością na czynniki biotyczne i abiotyczne (Fu i in., 2025; Teacă i in., 2019). Ryzyko biodegradacji drewna w trakcie jego użytkowania wzrasta wraz ze wzrostem wpływu skutków zmian klimatycznych, wskazując na ścisłą zależność czynników biotycznych i abiotycznych na degradację drewna (Hill i in., 2022). Trwałość drewna w trakcie jego eksploatacji zależy od kilku czynników, do których zaliczyć należy przede wszystkim naturalną trwałość danego gatunku drewna, warunki środowiskowe oraz jego zdolność do wchłaniania i zatrzymywania wody, a także zastosowaną metodę ochrony, co potwierdzają modele trwałości drewna przedstawione w danych literaturowych (Brischke i in., 2021; Meyer-Veltrup i in., 2017).

W celu przedłużenia trwałości drewna i jego użytkowania w określonych warunkach środowiskowych (wg EN 335, CEN 2013) stosowane są różne metody jego modyfikacji i impregnacji środkami ochronnymi, których zadaniem jest zabezpieczenie drewna m.in. przed procesami destrukcji wywołanej przez grzyby, bakterie, owady i organizmy morskie oraz negatywnym działaniem czynników atmosferycznych (Khademibami i Bobadilha, 2022). Jak dotąd, opracowano różne metody przedłużania naturalnej trwałości drewna, a część z nich

została skomercjalizowana (Cantera i in., 2022; Spear i in., 2021; Zelinka i in., 2022). Ochrona drewna przed destrukcyjnym działaniem grzybów, bakterii oraz owadów opiera się głównie na jego impregnacji preparatami chemicznymi, wykazującymi działanie biobójcze (Changotra i in., 2024). Aktualnie stosowane preparaty przeznaczone do ochrony drewna regulowane są przez Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 528/2012 w sprawie udostępniania na rynku i stosowania produktów biobójczych. Jednakże, postępująca degradacja środowiska naturalnego, regulacje prawne związane ze zrównoważonym rozwojem oraz łagodzeniem skutków zmian klimatycznych, a także przepisy ograniczające stosowanie tradycyjnych biocydów istotnie wpływają na rynek preparatów ochrony drewna, powodując zintensyfikowane badania nad opracowaniem nowych rozwiązań w ochronie drewna, w tym szczególnie preparatów opartych na substancjach biodegradowalnych w środowisku naturalnym i o małej toksyczności dla organizmów stałocieplnych (Barbero-López i in., 2021). W związku z powyższym, wśród potencjalnych środków ochrony drewna cieszących się coraz większą popularnością znajdują się substancje pochodzenia naturalnego (Singh i Singh, 2012; Teacă i in., 2019).

W przypadku stosowania substancji pochodzenia naturalnego jako potencjalnych preparatów ochrony drewna, wykorzystuje się przede wszystkim ich właściwości biologiczne, w tym głównie aktywność przeciwgrzybiczą. Dane literaturowe wskazują, że zabezpieczenie drewna takimi substancjami pochodzenia naturalnego, jak np. taniny (Tomak i Gonultas, 2018), kofeina (Kwaśniewska-Sip i in., 2018), ekstrakt z *Ginkgo biloba* (Jang i Kang, 2025), ekstrakt z propolisu (Woźniak i in., 2020b), czy olejki eteryczne (Bahmani i Schmidt, 2018) i ich składniki (Zhang i in., 2016) skutkowało wzrostem jego odporności względem grzybów wywołujących rozkład drewna, w porównaniu do drewna niezabezpieczonego. W ostatnim czasie intensywnie rozwijającym się nurtem w badaniach nad poszukiwaniem substancji o aktywności biologicznej jest zastosowanie substancji stanowiących odpad w różnych gałęziach przemysłu, co wpisuje się w założenia gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ). Wśród potencjalnych środków ochrony drewna pozyskanych z bioodpadów, które wykazywały aktywność względem grzybów powodujących jego degradację można zaliczyć m.in. ekstrakty otrzymane z roślinnych odpadów domowych, jak np. pestki owoców, czy ciekłą frakcję otrzymaną w wyniku skraplania hydrotermalnego biomasy pozostałej po produkcji grzybów i pomidorów (Barbero-López, 2021; Barbero-López i in., 2024).

Substancje pochodzenia naturalnego w ochronie drewna rozważane są głównie jako potencjalne biocydy, co związane jest z ich aktywnością biologiczną, jednakże znajdują one

również zastosowanie mające na celu poprawę innych parametrów drewna, jak np. odporności na działanie wody czy promieniowania UV. Do substancji pochodzenia naturalnego, które znajdują zastosowanie w ochronie drewna, jako m.in. środki hydrofobizujące powierzchnię czy stabilizatory chroniące przed promieniowaniem UV, można zaliczyć np. oleje roślinne (tungowy, lniany) czy woski (pszczeli, carnauba, kandelila) (Hasanagić i in., 2023; Janesch i in., 2020). Podczas opracowywania nowych potencjalnych środków ochrony drewna należy również mieć na uwadze, że substancje chemiczne mogą wpływać na parametry drewna inne niż te, z którymi wiązało się ich pierwotne zastosowanie. Stosowanie naturalnych biocydów, jak np. roztwór kofeiny czy ekstrakt z propolisu, które skutecznie zwiększały odporność drewna względem grzybów rozkładających, wpływało również na inne parametry drewna, jak np. zwiększenie zwilżalności jego powierzchni, w przypadku drewna zabezpieczonego kofeiną, czy wzrost wytrzymałości na zginanie oraz zmniejszenie hydrofilowego charakteru drewna zabezpieczonego ekstraktem propolisowym, w porównaniu do drewna kontrolnego (Šimůnková i in., 2021; Woźniak i in., 2020a, 2018).

Pomimo licznych doniesień literaturowych na temat możliwości wykorzystania substancji pochodzenia naturalnego w ochronie drewna, tylko nieliczne rozwiązania udaje się skomercjalizować. Dlatego zasadne wydaje się prowadzenie dalszych badań w kierunku wykorzystania substancji pochodzenia naturalnego w ochronie drewna, skupiając się na substancjach, które nie tylko będą polepszać parametry drewna, ale także będą opierać się na substancjach łatwo dostępnych, odnawialnych czy znajdujących już zastosowanie w innych gałęziach przemysłu. Ponadto, zastosowanie w ochronie drewna substancji, które mogą być pozyskane z bioodpadów wpisuje się w założenia gospodarki cyrkularnej i może wpłynąć na obniżenie kosztów finalnego produktu. Głównym celem naukowym publikacji stanowiących osiągnięcie będące podstawą ubiegania się o stopień doktora habilitowanego było wzbogacenie wiedzy na temat wpływu substancji pochodzenia naturalnego na wybrane właściwości drewna sosny zwyczajnej (*P. sylvestris*) oraz określenie możliwości ich zastosowania w ochronie drewna. W pracach skupiono się na substancjach pochodzenia naturalnego, które docelowo mogą być pozyskiwane z bioodpadów pochodzących z różnych gałęzi przemysłu.

Cele szczegółowe badań przedstawionych w cyklu publikacji dotyczyły następujących problemów badawczych:

1. Kompleksowy przegląd stanu wiedzy dotyczący substancji wykazujących potencjał zastosowania ich jako biocydów w ochronie drewna (publikacja 1).

2. Analiza aktywności przeciwgrzybiczej oraz zawartości związków bioaktywnych w ekstraktach z jemioli, w celu oceny ich zastosowania w ochronie drewna sosny zwyczajnej przed działaniem grzybów rozkładających (publikacja 2).
3. Ocena możliwości zastosowania preparatów chitozanowo-kofeinowych w ochronie drewna sosny zwyczajnej poprzez określenie ich wpływu na wybrane właściwości drewna (publikacja 3 i 4).
4. Ocena wpływu nanowłókien celulozowych (CNF) na parametry drewna sosny zwyczajnej, w celu oceny możliwości ich zastosowania w ochronie drewna (publikacja 5).

## 5.2 Opis wyników badań przedstawionych w poszczególnych publikacjach cyklu

1. **Woźniak M.** 2022. *Antifungal agents in wood protection – A review*. *Molecules* 27(19), 6392. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES27196392>.

Pierwsza z publikacji wchodzących w cykl artykułów naukowych będących podstawą ubiegania się o stopień doktora habilitowanego jest pracą przeglądową prezentującą kompleksowy stan wiedzy (*state-of-the-art*) w zakresie substancji o udowodnionej aktywności biologicznej, które wykazywały potencjał ich zastosowania jako przeciwgrzybicze środki ochrony drewna. Badania nad poszukiwaniem nowych potencjalnych środków przeznaczonych do ochrony drewna są kontynuacją badań realizowanych w trakcie studiów doktoranckich na Wydziale Technologii Drewna Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, których celem było opracowanie preparatów na bazie ekstraktu z propolisu oraz związków krzemoorganicznych, a także określenie wpływu tych preparatów na zmiany strukturalne zabezpieczonego drewna, jego parametry fizyko-mechaniczne oraz odporność względem grzybów rozkładu brunatnego. Przeprowadzenie kompleksowej analizy stanu wiedzy na temat substancji, zarówno pochodzenia naturalnego, jak i tych otrzymanych syntetycznie charakteryzujących się aktywnością przeciwgrzybiczą i wykazujących potencjał ich aplikacji w ochronie drewna miało na celu nie tylko usystematyzowanie aktualnych wyników badań w tym zakresie, ale również wskazanie dalszych kierunków badań dotyczących opracowywania potencjalnych preparatów przeznaczonych do ochrony drewna.

Celem publikacji było przedstawienie aktualnego stanu wiedzy na temat substancji wykazujących potencjał aplikacyjny jako przeciwgrzybicze środki ochrony drewna, ze szczególnym uwzględnieniem substancji pochodzenia naturalnego. W artykule przedstawiono również w zwięzły sposób potencjalne zastosowanie związków syntetycznych w ochronie drewna, co związane było z faktem, że są one często dodawane do substancji pochodzenia

naturalnego, w celu otrzymania bardziej złożonych preparatów ochronnych. W pracy przedstawiono substancje i związki chemiczne, które nie były zatwierdzone jako fungicydy z przeznaczeniem do ochrony drewna. W pierwszej kolejności dokonano kwerendy literatury uwzględniając oryginalne i przeglądowe artykuły naukowe wyszukane na podstawie słów kluczowych ("wood", "wood protection", "natural products", "essential oils", "antifungal activity", "phenolic compounds", "alkaloids", "flavonoids", "terpenes", "polyphenols", "phenols", "silicon compounds", "natural preservatives", "antifungal agents", "herbal drugs", "plant extracts", "monoterpenes", "microbial metabolites", "chitosan", "synthetic derivatives of natural products", "animal extracts") dostępne w następujących bazach danych: Web of Science, Scopus, Science Direct oraz PubMed. Następnie zdefiniowano kryteria włączenia i wyłączenia wyszukanych publikacji naukowych, na podstawie których do opracowania artykułu przeglądowego wybrano te spełniające następujące kryteria:

- a) dotyczyły roztworów i ekstraktów otrzymanych z substancji pochodzenia roślinnego i zwierzęcego, a także ich frakcji oraz wyizolowanych składników, które wykazywały aktywność względem gatunków grzybów zasiedlających drewno;
- b) przedstawiały wyniki aktywności przeciwgrzybiczej pochodnych produktów naturalnych otrzymanych metodami chemicznymi;
- c) opisywały związki syntetyczne o niskiej toksyczności dla środowiska naturalnego wykazujące aktywność przeciwgrzybiczą;
- d) nie dotyczyły substancji powszechnie stosowanych jako środki ochrony drewna oraz substancji, które nie wykazywały aktywności względem gatunków grzybów zasiedlających drewno.

Na podstawie artykułów spełniających powyższe kryteria, pracę przeglądową podzielono na cztery części, spośród których pierwsza dotyczyła substancji pochodzenia roślinnego, druga substancji pochodzenia zwierzęcego, trzecia skupiała się na związkach syntetycznych, a czwarta opisywała złożone preparaty oparte zarówno na substancjach pochodzenia naturalnego, jak i syntetycznego z potencjalnym zastosowaniem w ochronie drewna. Wśród substancji pochodzenia naturalnego szczególnie dużo uwagi w światowej literaturze poświęcono aktywności przeciwgrzybiczej olejków eterycznych i ich składników oraz ich potencjalnego zastosowania w ochronie drewna. Oprócz powszechnie znanych i stosowanych olejków eterycznych, jak np. lawendowy, goździkowy, tymiankowy czy miętowy, które wykazywały aktywność względem gatunków grzybów powodujących rozkład drewna, jak również odpowiadających za jego pleśnienie czy siniznę, także ich składniki, jak

np. karwakrol, aldehyd cynamonowy, eugenol czy tymol charakteryzowały się zdolnością hamowania rozwoju gatunków grzybów zasiedlających drewno. Ekstrakty pozyskane z różnych gatunków roślin stanowią także istotny kierunek badań nad opracowaniem nowych rozwiązań w ochronie drewna. Przykładowo, drewno zabezpieczone ekstraktem z *Viscum album* L. wykazywało wyższą odporność na działanie grzyba rozkładu brunatnego – *Coniophora puteana* w porównaniu do drewna kontrolnego. Analiza danych literaturowych w pracy przeglądowej wykazała, że również alkaloidy (np. kofeina i jej metabolity), flawonoidy (np. galangina, pinocembryna) czy spirulina wykazują potencjał ich zastosowania w przeciwgrzybiczych środkach ochrony drewna. Z kolei substancje naturalne pochodzenia zwierzęcego odgrywają mniejszą rolę w badaniach nad nowymi środkami ochrony drewna w porównaniu do substancji pochodzenia roślinnego. W pracy przeglądowej opisano jednak także właściwości przeciwgrzybicze m.in. chitozanu oraz białek zwierzęcych.

Pomimo licznych przykładów substancji naturalnych wykazujących potencjał ich zastosowania jako przeciwgrzybicze środki ochrony drewna posiadają one istotną wadę, która ogranicza ich zastosowanie, zwłaszcza w przypadku zabezpieczania drewna użytkowanego w warunkach zewnętrznych, którą jest podatność na wymywanie ze struktury impregnowanego drewna pod wpływem wody. Dlatego, w celu przeciwdziałania usuwaniu tych bioaktywnych substancji ze struktury drewna, stosowane są bardziej złożone preparaty ochronne, które poza naturalnym składnikiem o aktywności przeciwgrzybiczej zawierają także różnego rodzaju związki chemiczne i substancje, zarówno pochodzenia naturalnego, jak i syntetycznego. Drugim czynnikiem przyczyniającym się do opracowywania bardziej złożonych formułacji jest zwiększenie działania przeciwgrzybiczego finalnego produktu przeznaczonego do ochrony drewna. W pracy przeglądowej uwzględniono dane literaturowe przedstawiające zastosowanie dwu- i trójskładnikowych preparatów, które wykazywały wpływ na wzrost odporności impregnowanego nimi drewna względem gatunków grzybów powodujących jego rozkład oraz pleśnienie. Wśród preparatów wykazujących potencjał jako przeciwgrzybicze środki ochrony drewna można wymienić m.in. preparaty składające się z terpenów (tymol, karwakrol, eugenol) oraz metylo- $\beta$ -cyklodekstryny, formułacje oparte na chitozanie i aldehydzie cynamonowym oraz preparaty zawierające ekstrakty roślinne z dodatkiem tlenków metali o rozmiarach nanometrycznych.

Najważniejsze wnioski wynikające z artykułu przeglądowego:

- a) Substancje naturalne pochodzenia zarówno roślinnego, jak i zwierzęcego, ze względu na wykazywaną aktywność przeciwgrzybiczą względem gatunków

grzybów zasiedlających drewno, stanowią liczną i cenną bazę substancji, które mogą zostać zastosowane jako potencjalne przeciwgrzybicze środki ochrony drewna.

- b) Czynnikiem limitującym zastosowanie substancji pochodzenia naturalnego w ochronie drewna, zwłaszcza w przypadku jego stosowania w warunkach zewnętrznych, jest ich podatność na wymywanie ze struktury impregnowanego drewna pod wpływem wody.
- c) Opracowywanie złożonych preparatów ochronnych, które oprócz bioaktywnego składnika naturalnego będą zawierać dodatkowe substancje, jak np. związki o charakterze hydrofobowym (związki krzemoorganiczne), substancje błonotwórcze (chitozan) czy nośniki substancji aktywnych (cyklodekstryny) ma na celu ograniczenie wymywania substancji bioaktywnych ze struktury zabezpieczonego drewna oraz zwiększenie przeciwgrzybiczej aktywności finalnego produktu.
- d) Biorąc pod uwagę kwestie związane z ochroną środowiska podczas poszukiwania nowych przeciwgrzybiczych środków ochrony drewna należy szczególną uwagę zwrócić na substancje stanowiące odpad w różnych gałęziach przemysłu, co wpisuje się w założenia gospodarki o obiegu zamkniętym.

2. **Woźniak M.**, Baranowska M., Waśkiewicz A., Cofta G. 2025. *Activity of *Viscum album* L. extract against wood-rot fungi and its potential application in wood preservation.* Wood Material Science & Engineering 1-12. <https://doi.org/10.1080/17480272.2025.2479230>.

Publikacja przedstawia wyniki analizy aktywności przeciwgrzybiczej oraz zawartości związków bioaktywnych w ekstraktach z jemioli, w celu oceny możliwości ich zastosowania w zabezpieczaniu drewna sosny zwyczajnej przed działaniem grzybów rozkładających. Wyniki przedstawione w publikacji są rezultatem badań przeprowadzonych w ramach projektu na finansowanie badań naukowych służących rozwojowi młodych naukowców Wydziału Leśnego i Technologii Drewna Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu pt. „Ocena możliwości zastosowania ekstraktu z jemioli pospolitej (*Viscum album* L.) w ekologicznej ochronie drewna”. Motywacją do podjęcia badań w zakresie możliwości zastosowania ekstraktu z jemioli w ochronie drewna były badania przedstawione w literaturze opisujące szeroką aktywność biologiczną ekstraktów z *V. album*, w tym również ich efektywność w ograniczaniu rozwoju różnych gatunków grzybów (Szurpnicka i in., 2020) oraz wstępne badania tureckich

naukowców wykazujące, że drewno impregnowane metanolowym ekstraktem z jemioli charakteryzowało się wyższą odpornością względem *C. puteana* w porównaniu do drewna kontrolnego (Yildiz i in., 2020). Ponadto jemiola jest istotnym czynnikiem powodującym straty w drzewostanach leśnych (Lech i in., 2020), a jej szybkiemu rozprzestrzenianiu się sprzyja duża dostępność drzew żywicielskich oraz coraz bardziej dające się zauważyć zmiany klimatyczne (Walas i in., 2022). Według danych z 2023 roku, krajowe drzewostany iglaste i liściaste porażone jemiolą zajmowały powierzchnię ponad 133 tys. ha (Instytut Badawczy Leśnictwa, 2024). Jedną z najczęściej stosowanych metod eliminacji jemioli jest ścinanie porażonych drzew, co generuje bioodpady, które w myśl gospodarki o obiegu zamkniętym mogą zostać wykorzystane do otrzymania ekstraktu o potencjalnym zastosowaniu w ochronie drewna.

Celem pracy była ocena aktywności przeciwgrzybiczej oraz stężenia związków fenolowych w ekstraktach z trzech podgatunków jemioli pospolitej (*V. album*) występujących na terenie kraju oraz określenie wpływu impregnacji drewna sosny zwyczajnej (*P. sylvestris*) ekstraktem z jemioli na odporność względem grzybów powodujących rozkład drewna.

W badaniach wykorzystano etanolowe ekstrakty otrzymane z trzech podgatunków jemioli pospolitej (*V. album*), tj. jemioli pospolitej typowej (*V. album* ssp. *album*), jemioli pospolitej rozpięchłej (*V. album* ssp. *austriacum*) oraz jemioli pospolitej jodłowej (*V. album* ssp. *abietis*). W pierwszej kolejności, metodą pożywkowo-agarową oznaczono aktywność ekstraktów z jemioli względem gatunków grzybów powodujących rozkład drewna, tj. *C. puteana*, *Gloeophyllum trabeum*, *Rhodonina placenta*, *Trametes versicolor*, *Serpula lacrymans*, *Neolentinus lepideus*, *Antrodia* sp. i *Pleurotus ostreatus*, oraz określono stężenie związków fenolowych w ekstraktach metodą spektrofotometryczną oraz chromatograficzną. W drugim etapie badań określono wpływ impregnacji drewna sosny zwyczajnej ekstraktem z *V. album* ssp. *austriacum* na jego odporność względem grzybów powodujących brunatny (*C. puteana*) i biały (*T. versicolor*) rozkład drewna. Badania odporności drewna względem grzybów rozkładających przeprowadzono według zmodyfikowanej metody przedstawionej w normie EN 113 (CEN 1996), a modyfikacji podlegał rozmiar próbek drewna oraz czas ich ekspozycji na działanie grzybów testowych.

Wyniki aktywności przeciwgrzybiczej ekstraktów z trzech podgatunków jemioli wykazały, że ekstrakty charakteryzowały się zróżnicowaną aktywnością w zależności od zastosowanego stężenia, podgatunku jemioli oraz grzyba testowego. Wszystkie ekstrakty w stężeniu 100 mg mL<sup>-1</sup> powodowały całkowite zahamowanie wzrostu wszystkich gatunków grzybów testowych, a w stężeniu 25-50 mg mL<sup>-1</sup> ograniczały ich wzrost. Natomiast, niższe

stężenia ekstraktów (0,1-10 mg mL<sup>-1</sup>) nie wykazywały znacznego działania ograniczającego wzrost grzybów testowych, a w niektórych przypadkach nawet stymulowały ich wzrost, szczególnie w przypadku *R. placenta* i *N. lepideus*. Wszystkie ekstrakty z jemioly wykazywały niższą aktywność względem grzybów powodujących biały rozkład drewna (*T. versicolor* – IC<sub>50</sub> = 56,26 mg mL<sup>-1</sup> i *P. ostreatus* – IC<sub>50</sub> = 57,77 mg mL<sup>-1</sup>) niż względem grzybów odpowiadających za jego brunatny rozkład (IC<sub>50</sub> = 14,53-56,26 mg mL<sup>-1</sup>). Najwyższą aktywność hamowania wzrostu grzybnicy przez ekstrakty z jemioly odnotowano dla *R. placenta* (IC<sub>50</sub> = 14,53 mg mL<sup>-1</sup>), a ekstrakt otrzymany z *V. album* ssp. *austriacum* charakteryzował się najniższą średnią wartością IC<sub>50</sub> (41,17 mg mL<sup>-1</sup>) względem wszystkich grzybów testowych.

Ekstrakt otrzymany z *V. album* ssp. *abietis* charakteryzował się najwyższą całkowitą zawartością związków fenolowych (122,57 mg GAE g<sup>-1</sup>), a ekstrakt z *V. album* ssp. *austriacum* najwyższą całkowitą zawartością flawonoidów (35,92 mg QE g<sup>-1</sup>). Analiza profilu fenolowego ekstraktów z jemioly wykazała, że we wszystkich ekstraktach na najwyższych poziomach stężeń oznaczono kwas syringowy (76,92-101,45 μg g<sup>-1</sup> ekstraktu po odparowaniu rozpuszczalnika), katechinę (62,73-83,32 μg g<sup>-1</sup>), kwas synapinowy (50,26-77,22 μg g<sup>-1</sup>) oraz ester fenyloetylowy kwasu kawowego (21,66-55,01 μg g<sup>-1</sup>). Ponadto, we wszystkich ekstraktach potwierdzono występowanie związków o udowodnionym działaniu przeciwgrzybiczym, również względem gatunków grzybów powodujących rozkład drewna, jak np. kwercetyna, kwas ferulowy i wanilinowy.

Na podstawie wyników aktywności przeciwgrzybiczej ekstraktów z trzech podgatunków jemioly oraz ich profilu fenolowego, ekstrakt otrzymany z *V. album* ssp. *austriacum*, który charakteryzował się najwyższą zdolnością ograniczania rozwoju grzybów testowych (IC<sub>50</sub> = 41,17 mg mL<sup>-1</sup>) oraz najwyższym stężeniem oznaczonych związków fenolowych (411,50 μg g<sup>-1</sup>) został zastosowany w badaniach mających na celu określenie odporności drewna zabezpieczonego ekstraktem z jemioly względem grzybów rozkładających. Impregnacja drewna ekstraktem z jemioly w stężeniach wynoszących 5, 10 i 20% spowodowała wzrost jego odporności na działanie grzybów *C. puteana* i *T. versicolor* w porównaniu do drewna kontrolnego, o czym świadczą niższe wartości ubytków masy uzyskane dla drewna zabezpieczonego ekstraktem. Drewno impregnowane ekstraktem z jemioly w różnych stężeniach charakteryzowało się zmniejszonym wpływem destrukcyjnego działania *C. puteana* w zakresie 52-70% w odniesieniu do drewna kontrolnego, a w przypadku działania *T. versicolor*, w zakresie 45-85%. Ponadto, analiza statystyczna (ANOVA post hoc Tukey HSD test) wykazała, że wartości ubytków masy uzyskane dla drewna impregnowanego różnymi

stężeniami ekstraktu nie były statystycznie istotne ( $p > 0,05$ ) w przypadku oceny jego odporności względem *C. puteana*. Natomiast, w przypadku średnich ubytków masy drewna zabezpieczonego ekstraktem z jemioly w wyższych stężeniach (10 i 20%) odnotowano statystycznie niższe wartości ( $p < 0,05$ ) niż dla drewna zabezpieczonego ekstraktem w stężeniu 5% i poddanym działaniu *T. versicolor*. Drewno impregnowane 20% ekstraktem z jemioly przy wchłonięciu wynoszącym  $90,34 \text{ kg m}^{-3}$  poddane działaniu *T. versicolor* wykazywało najniższą średnią wartość ubytku masy wynoszącą  $< 3\%$ , co spełnia wymagania normy EN 113 (CEN 1996) dla środków ochronnych do drewna i klasyfikowało je jako drewno klasy 1 ("bardzo trwałe") według normy EN 350 (CEN 2016). Analiza zmian strukturalnych drewna kontrolnego i impregnowanego ekstraktem z jemioly po działaniu grzybów testowych wykonana metodą spektroskopii w podczerwieni wykazała zmiany w intensywności pasm przypisywanych głównym składnikom ścian komórkowym drewna. Istotne zmiany widoczne były w przypadku drewna kontrolnego, które wskazywały na jego znaczny rozkład spowodowany destrukcyjnym działaniem grzybów testowych. Natomiast, w przypadku drewna zabezpieczonego ekstraktem z jemioly zmiany były mniej widoczne, zwłaszcza w przypadku wyższych stężeń ekstraktu, w porównaniu do drewna kontrolnego, co świadczy o skutecznym działaniu przeciwgrzybiczym ekstraktu z *V. album* ssp. *austriacum*.

Podsumowując, otrzymane wyniki wykazały, że etanolowe ekstrakty z trzech podgatunków jemioly występujących na terenie Polski charakteryzowały się aktywnością względem grzybów wywołujących biały i brunatny rozkład drewna, a ich aktywność była zależna od podgatunku jemioly, stężenia ekstraktu oraz gatunku grzyba testowego. Wszystkie ekstrakty wykazywały wyższą aktywność względem gatunków grzybów powodujących brunatny rozkład drewna niż w stosunku do gatunków grzybów odpowiedzialnych za jego biały rozkład. Wszystkie badane ekstrakty zawierały związki fenolowe o udowodnionych właściwościach biologicznych, w tym również aktywności względem grzybów zasiedlających drewno. Drewno sosny zwyczajnej zabezpieczone ekstraktem z *V. album* ssp. *austriacum* wykazywało wyższą odporność na działanie *C. puteana* i *T. versicolor* w porównaniu do drewna kontrolnego. Najwyższą odpornością charakteryzowało się drewno sosny impregnowane 20% ekstraktem z jemioly względem *T. versicolor*, dla którego ubytek masy wynosił poniżej 3%, czyli wartości akceptowanej dla potencjalnych środków ochrony drewna według normy EN 113 (CEN 1996). Wyniki przedstawione w artykule wskazują na potencjalne zastosowanie jemioly w ochronie drewna, w celu jego zabezpieczenia przed działaniem grzybów rozkładających.

3. **Woźniak M.**, Gromadzka K., Kwaśniewska-Sip P., Cofta G., Ratajczak I. 2022. *Chitosan-caffeine formulation as an ecological preservative in wood protection*. Wood Science and Technology 56: 1851-1867. <https://doi.org/10.1007/s00226-022-01426-6>.

W publikacji przedstawiono wyniki badań odporności drewna zabezpieczonego formulacjami na bazie dwóch substancji pochodzenia naturalnego – chitozanu i kofeiny, względem grzyba rozkładu brunatnego – *C. puteana* oraz wpływu zastosowania chitozanu jako środka ograniczającego wymywanie kofeiny ze struktury impregnowanego drewna. Publikacja jest wynikiem badań zrealizowanych w ramach projektu na finansowanie badań naukowych służących rozwojowi młodych naukowców Wydziału Leśnego i Technologii Drewna Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu pt. „Preparaty propolisowo-chitozanowe oraz kofeinowo-chitozanowe w ekologicznej ochronie drewna”.

Pierwszym ze składników opracowanych preparatów ochronnych do drewna była kofeina należąca do alkaloidów purynowych, która charakteryzuje się właściwościami biologicznymi, dzięki którym znajduje liczne zastosowania, w tym również w ochronie drewna (Faudone i in., 2021). Dane literaturowe wskazują, że drewno impregnowane wodnym roztworem kofeiny charakteryzowało się odpornością względem gatunków grzybów odpowiedzialnych za jego rozkład (*C. puteana*, *R. placenta*, *T. versicolor* i *G. trabeum*) oraz powodujących zjawisko pleśnienia (m.in. *Aspergillus niger*, *Penicillium funiculosum* i *Trichoderma viride*) (Kwaśniewska-Sip i in., 2018; Šimůnková i in., 2021). Jednakże odporność na działanie grzybów drewna zabezpieczonego kofeiną ulegała znacznemu zmniejszeniu w przypadku poddania drewna procedurze przyspieszonego starzenia poprzez wymywanie wodą, co związane jest z faktem wymywania kofeiny ze struktury zabezpieczonego drewna pod wpływem wody (Kwaśniewska-Sip i in., 2018). W związku z tym różne metody mające na celu ograniczenie wymywania kofeiny ze struktury impregnowanego drewna zostały przedstawione w literaturze, jak np. zastosowanie dodatkowej powłoki hydrofobowej naniesionej na powierzchnię zabezpieczonego kofeiną drewna, która jednak okazała się być nieskuteczna w zapobieganiu wymywania kofeiny (Šimůnková i in., 2021). Z kolei nasze wcześniejsze badania wykazały, że dodanie do roztworu kofeiny ekstraktu z propolisu oraz związków krzemorganicznych (metylotrimetoksylanu oraz oktylotrietoksylanu) ograniczało wymywanie kofeiny ze struktury impregnowanego drewna i zwiększało jego odporność względem *C. puteana*, również po przyspieszonych testach starzeniowych – wymywanie wodą (Ratajczak i in., 2018). Biorąc pod uwagę skuteczność kofeiny w zabezpieczaniu drewna przed działaniem gatunków grzybów powodujących jego rozkład oraz pleśnienie, w pracy wchodzącej w cykl artykułów naukowych będących podstawą

ubiegania się o stopień doktora habilitowanego, kontynuowano badania nad wykorzystaniem kofeiny jako potencjalnego bioaktywnego składnika środków ochrony drewna.

Drugim składnikiem opracowanych formułacji, którego zadaniem było ograniczenie wymycia kofeiny ze struktury drewna był chitozan. Jest on otrzymywany poprzez deacetylację chityny – drugiego po celulozie najbardziej rozpowszechnionego polisacharydu, który może być pozyskiwany z pancerzy skorupiaków, grzybów oraz owadów (Chakravarty i Edwards, 2022). Zastosowanie chitozanu w ochronie drewna zostało już wcześniej opisane w literaturze wskazując, że drewno impregnowane chitozaniem wykazywało odporność względem grzybów rozkładających, a jego efektywność była zależna od zastosowanego stężenia oraz parametrów chitozanu (m.in. masa cząsteczkowa czy stopień deacetylacji) (Alfredsen i in., 2004; Oldertrøen i in., 2017). Pomimo, że zarówno kofeina, jak i chitozan zostały opisane w literaturze jako potencjalne środki ochrony drewna, to zastosowanie preparatu opartego na kofeinie oraz chitozanie zostało opisane po raz pierwszy w przedmiotowej publikacji. Dodatkowo, zastosowane w badaniach substancje pochodzenia naturalnego mogą być pozyskiwane z bioodpadów przemysłu rolno-spożywczego. Kofeina może zostać wyekstrahowana z odpadów pozostających po produkcji kawy i herbaty, których znaczące ilości generowane są w przemyśle spożywczym. Dla przykładu, roczna produkcja fusów po kawie wynosi na świecie około 10 milionów ton, co dostarcza łatwo dostępnego i taniego surowca do otrzymania kofeiny (Aljomard i in., 2024; Annal i in., 2024). Z kolei, chitozan obecnie jest głównie produkowany z odpadów przemysłu owoców morza, których roczna produkcja wynosi blisko 8 milionów ton (Topić Popović i in., 2023).

Celem pracy było określenie możliwości ograniczenia wymywania kofeiny przez chitozan ze struktury drewna zabezpieczonego formułacjami chitozanowo-kofeinowymi, a tym samym zwiększenie odporności impregnowanego drewna względem *C. puteana* poddanego procedurze przyspieszonego starzenia poprzez wymywanie wodą.

W badaniach zastosowano drewno sosny zwyczajnej (*P. sylvestris*) zabezpieczone formułacjami na bazie chitozanu i kofeiny, w stężeniu każdego z nich wynoszącym 1% oraz pojedynczymi składnikami tych formułacji. W badaniach wykorzystano chitozan o średniej i wysokiej masie cząsteczkowej. Część próbek drewna (zabezpieczonych oraz kontrolnych) została poddana procedurze wymywania wodą, zgodnie z procedurą przedstawioną w normie EN 84 (CEN 1997). Odporność drewna względem *C. puteana* została określona według procedury przedstawionej w normie EN 113 (CEN 1996), z modyfikacją rozmiaru próbek oraz czasu ich ekspozycji na działanie grzybów. W celu określenia skuteczności zatrzymania

kofeiny w strukturze drewna, zabezpieczone próbki przed i po procedurze przyspieszonego starzenia poddano następującym analizom: określenie zmian w strukturze drewna wykorzystując spektroskopię osłabionego całkowitego odbicia w podczerwieni z transformacją Fouriera oraz analiza stężenia azotu przy wykorzystaniu analizatora elementarnego. Ponadto, określono stężenie kofeiny metodą chromatograficzną w wodzie pozostającej po procedurze wmywania próbek drewna (kofeinę ekstrahowano z próbek wodą zmieniając ją codziennie przez okres 30 dni).

Wyniki odporności drewna względem *C. puteana* wykazały, że drewno zabezpieczone roztworem kofeiny oraz formułacjami chitozanowo-kofeinowymi wykazywało wyższą odporność na działanie grzyba rozkładu brunatnego w porównaniu do drewna kontrolnego oraz drewna impregnowanego roztworami chitozanu. Średnia wartość ubytków masy próbek drewna zabezpieczonego kofeiną wynosiła 0,44%, a formułacjami chitozanowo-kofeinowymi mieściła się w zakresie 0,32-0,50%, natomiast średni ubytek masy próbek drewna niezabezpieczonego wynosił 36,58%. Drewno impregnowane chitozanem nie wykazywało znaczącej odporności na działanie grzyba testowego, co potwierdzają średnie wartości ubytków masy mieszczące się w zakresie 22,44-28,10%. Poddanie zabezpieczonego kofeiną oraz formułacjami chitozanowo-kofeinowymi drewna procedurze wmywania wodą spowodowało zmniejszenie jego odporności na działanie *C. puteana*, czego dowodem były wyższe wartości średnich ubytków masy próbek drewna. Średnia wartość ubytku masy drewna zabezpieczonego kofeiną po testach starzeniowych (EN 84, CEN 1997) wynosiła 20,81%, co wskazuje, że kofeina uległa wymyciu ze struktury impregnowanego drewna. Natomiast, w przypadku drewna impregnowanego formułacjami chitozanowo-kofeinowymi, średnie wartości ubytków masy po procedurze wmywania wynosiły 9,75% oraz 7,94%, co wskazuje, że dodanie chitozanu do roztworu kofeiny w znacznym stopniu ograniczało jej wmywanie ze struktury drewna zabezpieczonego opracowanymi formułacjami, zwłaszcza w przypadku zastosowania chitozanu o wysokiej masie cząsteczkowej. Wzrost odporności drewna zabezpieczonego formułacjami chitozanowo-kofeinowymi względem *C. puteana*, również po testach starzeniowych, został także potwierdzony analizą struktury próbek drewna przy wykorzystaniu spektroskopii w podczerwieni oraz skaningowej mikroskopii elektronowej.

W celu określenia skuteczności zatrzymania kofeiny przez chitozan w strukturze drewna impregnowanego opracowanymi formułacjami oceniono zmiany w jego strukturze przed i po procedurze sztucznego starzenia z wykorzystaniem spektroskopii w podczerwieni. Widma FTIR drewna impregnowanego kofeiną oraz formułacjami chitozanowo-kofeinowymi

zawierały pasma przy 1700, 1650, 1550 oraz 765  $\text{cm}^{-1}$ , które można przypisać drganiom rozciągającym wiązania C=O w grupach acetamidowych kofeiny (I i II-rzędowe amidy) oraz drganiom rozciągającym wiązań N-H i/lub C-N. Intensywność tych charakterystycznych dla cząsteczki kofeiny pasm uległa znaczącemu zmniejszeniu w przypadku widm FTIR drewna zabezpieczonego kofeiną po procedurze wmywania wodą, w porównaniu do widm drewna niepoddanego przyspieszonemu starzeniu, co wskazuję, na to, iż kofeina uległa wymyciu ze struktury drewna. Natomiast, w przypadku widm drewna impregnowanego opracowanymi formułacjami poddanego wmywaniu, intensywność wskazanych pasm uległa tylko nieznacznemu zmniejszeniu w porównaniu do intensywności pasm na widmie FTIR drewna przed starzeniem próbek, co z kolei dowodzi, że chitozan w znacznym stopniu ograniczał wymycie kofeiny ze struktury impregnowanego drewna. Potwierdzeniem skutecznego zatrzymania kofeiny w strukturze drewna impregnowanego opracowanymi formułacjami są również wyniki stężenia azotu w próbkach impregnowanego drewna przed i po procedurze wmywania wodą. Wskazują one, że stopień wymycia kofeiny w przypadku drewna impregnowanego wyłącznie kofeiną wynosił 50%, natomiast w przypadku drewna zabezpieczonego formułacjami chitozanowo-kofeinowymi wynosił 31,9 i 27,0%, odpowiednio dla chitozanu średnio- i wysokocząsteczkowego. Należy, jednakże zaznaczyć, że azot naturalnie występuje w drewnie oraz jest składową cząsteczką chitozanu, dlatego te dość wysokie stopnie wymycia azotu w przypadku drewna impregnowanego formułacjami chitozanowo-kofeinowymi mogą być związane również z jego wymyciem ze struktury drewna. Analiza chromatograficzna stężenia kofeiny w wodzie po 30-dniowym procesie jej ekstrakcji z drewna zabezpieczonego kofeiną oraz opracowanymi formułacjami wykazała, że kofeina w największym stopniu uległa wymyciu ze struktury drewna impregnowanego wyłącznie kofeiną, a w najmniejszym ze struktury drewna zabezpieczonego formułacją składającą się z roztworu kofeiny oraz wysokocząsteczkowego chitozanu.

Wyniki badań przedstawione w publikacji wykazały, że zastosowanie chitozanu, zwłaszcza o wysokiej masie cząsteczkowej, skutecznie ogranicza wymycie kofeiny pod wpływem wody ze struktury drewna impregnowanego formułacjami chitozanowo-kofeinowymi. Drewno impregnowane opracowanymi formułacjami wykazywało również wyższą odporność względem *C. puteana*, także po przyspieszonych testach starzeniowych (wmywanie wodą) w porównaniu do drewna niezabezpieczonego. Składniki opracowanych w ramach publikacji formułacji są substancjami dostępnymi komercyjnie i znajdującymi zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu, a dodatkowo mogą być otrzymywane

z bioodpadów, co wpisuje się w założenia gospodarki cyrkularnej. Biorąc pod uwagę wyniki uzyskane w publikacji oraz fakt, że komponenty opracowanych formułacji mogą być pozyskiwane z bioodpadów, można stwierdzić, że formułacje chitozanowo-kofeinowe mogą być rozpatrywane jako potencjalne preparaty do zabezpieczenia drewna przed działaniem grzybów rozkładających.

4. **Woźniak M.**, Majka J., Kwaśniewska-Sip P., Krystofiak T., Lis B., Roszyk E., Cofta G., Ratajczak I. 2025. *Physical and mechanical properties of wood treated with chitosan-caffeine formulations*. European Journal of Wood and Wood Products 83, 62. <https://doi.org/10.1007/s00107-025-02226-y>.

Tematyka powyższej publikacji stanowi kontynuację badań z artykułu opisanego poprzednio i dotyczy możliwości zastosowania formułacji chitozanowo-kofeinowych w ochronie drewna poprzez ocenę wpływu tych formułacji na jego właściwości. Zastosowanie substancji naturalnych jako potencjalnych środków ochrony drewna dotyczy przede wszystkim jego zabezpieczenia przed działaniem czynników biotycznych, jednakże naturalne biocydy mogą również wykazywać wpływ na inne parametry drewna. W związku z powyższym, celem naukowym publikacji było określenie wpływu formułacji opartych na chitozanie oraz kofeinie na fizyko-mechaniczne parametry drewna, w tym na zwilżalność jego powierzchni, właściwości sorpcyjne i wytrzymałość na zginanie.

W badaniach zastosowano drewno sosny zwyczajnej (*P. sylvestris*) impregnowane formułacjami chitozanowo-kofeinowymi oraz ich komponentami. Następnie określono wpływ impregnacji opracowanymi formułacjami na wybrane właściwości drewna, w tym zwilżalność jego powierzchni poprzez pomiar dynamicznego kąta zwilżania, gdzie cieczą zwilżającą była woda, a pomiary przeprowadzono zgodnie z założeniami normy EN 828 (CEN, 2013), parametry mechaniczne drewna, w tym moduł sprężystości przy zginaniu (MOE) oraz wytrzymałość drewna na zginanie (MOR) wyznaczone zgodnie z założeniami norm PN-63/D-04117 (1963) i PN-77/D-04103 (1977) oraz zmiany w strukturze drewna ocenione przy wykorzystaniu spektroskopii w podczerwieni z transformacją Fouriera.

Uzyskane w ramach publikacji wyniki kąta zwilżania wykazały zróżnicowany wpływ badanych formułacji i ich składników na proces zwilżania powierzchni drewna. W przypadku powierzchni drewna zabezpieczonego roztworem kofeiny, wartość kąta zwilżania mierzona w 5 sekundzie testu wynosiła 29,3 deg i była zbliżona (statystycznie nieistotna, ANOVA post hoc Tukey HSD test,  $p > 0,05$ ) do wartości oznaczonej dla drewna kontrolnego (23,0 deg). Natomiast po 20 sekundach kropla wody całkowicie wynikła w strukturę drewna impregnowanego kofeiną, co wskazuje na charakter hydrofilowy powierzchni drewna

zabezpieczonego kofeiną i może być związane z jej rozpuszczalnością w wodzie oraz faktem, że kofeina nie tworzy wiązań kowalencyjnych z celulozą, a jedynie wykazuje oddziaływania z ligniną (Kwaśniewska-Sip i in., 2021). Najwyższe wartości kąta zwilżania mierzone po 5 sekundach wynoszące 88,5 i 82,1 deg oznaczono dla drewna impregnowanego roztworem chitozanu, odpowiednio o średniej i wysokiej masie cząsteczkowej. Powierzchnia drewna impregnowanego formulacjami chitozanowo-kofeinowymi wykazywała wyższy charakter hydrofilowy w porównaniu do drewna impregnowanego wyłącznie roztworami chitozanu, jednakże znacznie niższy niż w przypadku drewna kontrolnego i drewna impregnowanego roztworem kofeiny. Pomimo zmniejszenia charakteru hydrofilowego drewna impregnowanego chitozanem i formulacjami chitozanowo-kofeinowymi, w porównaniu do drewna kontrolnego, wzrost odporności na działanie wody był widoczny wyłącznie w ograniczonym okresie czasu (100 sekund). Analiza ATR-FTIR poza potwierdzeniem występowania oddziaływań pomiędzy składnikami drewna a komponentami opracowanych formulacji, wykazała również wzrost intensywności pasma przy  $3330\text{ cm}^{-1}$  na widmie drewna impregnowanego kofeiną, w porównaniu do drewna kontrolnego, co wiąże się z drganiami rozciągającymi wiązań wodorowych wewnątrz- i międzycząsteczkowych, i może być przyczyną niskiej odporności drewna zabezpieczonego kofeiną na działanie wody. Natomiast, w przypadku drewna impregnowanego opracowanymi formulacjami na widmach ATR-FTIR obserwowany jest wzrost intensywności pasma przy  $3330\text{ cm}^{-1}$  w porównaniu do drewna impregnowanego chitozanem, który związany jest z nakładaniem się drgań wiązań  $\text{-NH}_2$  oraz  $\text{-OH}$  pochodzących od chitozanu i kofeiny, oraz nieznaczne zmniejszenie intensywności wskazanego pasma w porównaniu do drewna impregnowanego kofeiną, co jest zgodne z wynikami zwilżalności powierzchni drewna.

Impregnacja drewna sosny zwyczajnej opracowanymi formulacjami oraz ich składnikami nie wykazywała wpływu na jego parametry mechaniczne. Wartości modułu sprężystości przy zginaniu (MOE) oraz wytrzymałości drewna na zginanie (MOR) oznaczone dla impregnowanego drewna były nieznacznie wyższe niż wartości wyznaczonych dla drewna kontrolnego, jednak statystycznie nieistotne ( $p > 0,05$ ). Przyczyną nieznacznie wyższych wartości parametrów mechanicznych zabezpieczonego drewna w porównaniu do drewna kontrolnego może być niższa wartość (statystycznie istotna,  $p < 0,05$ ) wilgotności próbek impregnowanych w porównaniu do wilgotności drewna kontrolnego.

Podsumowując, powierzchnia drewna impregnowanego formulacjami chitozanowo-kofeinowymi charakteryzowała się wyższym charakterem hydrofobowym w porównaniu do

powierzchni drewna kontrolnego i zabezpieczonego kofeiną, co potwierdziły wyższe wartości kąta zwilżania wyznaczone dla drewna poddanego impregnacji opracowanymi formułacjami. Jednakże wzrost odporności na działanie wody był jedynie krótkoterminowy (< 100 sekund). Zastosowanie formułacji chitozanowo-kofeinowych do impregnacji drewna nie wykazywało wpływu na jego parametry mechaniczne. Otrzymane wyniki dotyczące wpływu formułacji chitozanowo-kofeinowych na parametry drewna wskazują, że opracowane preparaty mogą stanowić nowe potencjalne rozwiązanie w naturalnej ochronie drewna.

5. **Woźniak M.**, Majka J., Krystofiak T., Lis B., Roszyk E., Ratajczak I. 2025. *Physico-mechanical and sorption properties of wood treated with cellulose nanofibers*. *Materials* 18, 2762. <https://doi.org/10.3390/ma18122762>.

W publikacji przedstawiono wyniki badań dotyczące wpływu impregnacji drewna celulozą o rozmiarach nanometrycznych na jego fizyko-mechaniczne oraz strukturalne właściwości. Nanotechnologia jako interdyscyplinarna nauka o materiałach znajduje zastosowanie w wielu różnych dziedzinach nauki, w tym również w dziedzinie technologii drewna i materiałów drewnopochodnych (Bi i in., 2021). Dane literaturowe wskazują, że zastosowanie nieorganicznych nanocząstek wykazuje pozytywny wpływ na parametry drewna takie jak np. wzrost odporności na działanie grzybów i bakterii czy polepszenie właściwości mechanicznych i termicznych (Xu i in., 2020). Jednakże badania toksykologiczne wskazują, że nieorganiczne materiały o rozmiarach nanometrycznych mogą być bardziej toksyczne, niż te pochodzenia organicznego, jak np. nanoceluloza, która jest materiałem o licznych zastosowaniach w różnych gałęziach przemysłu. Nanoceluloza może być pozyskiwana z bioodpadów, co wpisuje się w założenia gospodarki cyrkularnej i przy zastosowaniu ekologicznych metod, co jest istotne z punktu widzenia ochrony środowiska naturalnego. Najpopularniejszym rodzajem nanocelulozy dostępnym komercyjnie są nanowłókna celulozowe (CNF), które stanowią ponad połowę światowego rynku celulozy o rozmiarach nanometrycznych (Markets i Markets., 2024). Dotychczasowe badania wykazały, że nanoceluloza może wpływać na poprawę właściwości zarówno drewna, jak i materiałów drewnopochodnych (Bi i in., 2021). Jednakże badania dotyczące wpływu nanowłókien celulozowych na parametry drewna zostały przeprowadzone w niewielkim zakresie, wykazując wyłącznie jej wpływ na polepszenie zwilżalności powierzchni drewna i zwiększoną odporność na promieniowanie UV (Joshi i Chauhan, 2024).

W związku z powyższym, celem naukowym publikacji było określenie wpływu impregnacji drewna sosny zwyczajnej (*P. sylvestris*) wodnym roztworem nanowłókien

celulozowych o różnych stężeniach (0,5%, 1%, 2%) na zwilżalność jego powierzchni, zmianę barwy oraz parametry mechaniczne, a także na jego strukturę i morfologię powierzchni. Powyższa publikacja była pierwszym kompleksowym raportem przedstawiającym wpływ nanowłókien celulozowych na wybrane właściwości impregnowanego drewna.

Analiza strukturalna drewna poddanego działaniu roztworu nanocelulozy w stężeniach 1-2% wykazała wzrost intensywności pasm widocznych na widmach FTIR charakterystycznych dla celulozy ( $1381\text{ cm}^{-1}$ ,  $1152\text{ cm}^{-1}$ ) oraz spadek intensywności pasm przypisywanych grupom występującym w ligninie i hemicelulozach ( $1729\text{ cm}^{-1}$ ,  $1263\text{ cm}^{-1}$ ,  $1506\text{ cm}^{-1}$ ), w porównaniu do intensywności tych pasm obserwowanych na widmach FTIR dla drewna kontrolnego i impregnowanego 0,5% CNF. Zdjęcia wykonane skaningową mikroskopią elektronową (SEM) wykazały uformowanie sieci nanowłókien celulozowych na powierzchni drewna, szczególnie dobrze widocznej w przypadku drewna impregnowanego 2% CNF, gdzie nanowłókna tworzyły homogeniczny i dobrze przylegający do powierzchni drewna film. Wyniki pomiaru kąta zwilżania wykazały, że impregnacja drewna nanocelulozą wpłynęła na obniżenie wartości kąta zwilżania z  $98,3\text{ deg}$  (drewno kontrolne) do  $24,3\text{ deg}$  (drewno impregnowane 0,5% CNF). Wzrost właściwości hydrofilowych drewna impregnowanego nanowłóknami celulozowymi związany jest z hydrofilową naturą nanocelulozy wynikającą z obecności licznych grup hydroksylowych przyłączonych do jej łańcucha, przez co może tworzyć liczne wiązania wodorowe z cząsteczkami wody. Zmiany w liczbie i sile wiązań wodorowych dla drewna impregnowanego w porównaniu do drewna kontrolnego były również widoczne na widmach FTIR, gdzie zaobserwowano spadek intensywności pasma przy  $3335\text{ cm}^{-1}$  dla drewna impregnowanego, a intensywność tych zmian była zależna od zastosowanego stężenia CNF.

Badania barwy drewna wykonane w systemie CIELab, w którym barwę opisują trzy składowe  $L^*$ ,  $a^*$  oraz  $b^*$  wykazały, że wartości parametru  $L^*$  wyznaczone dla drewna impregnowanego oraz kontrolnego były statystycznie nieistotne (ANOVA post hoc Tukey HSD test,  $p > 0,05$ ), zarówno przed jak i po działaniu promieniowania UV+IR (przy takim samym czasie ekspozycji na promieniowanie). Z kolei, wartości chromatycznych składowych barwy  $a^*$  i  $b^*$  były statystycznie niższe ( $p < 0,05$ ) dla drewna impregnowanego niż dla drewna kontrolnego. Ekspozycja drewna na działanie promieniowania UV+IR spowodowała zmiany w wartościach wszystkich składowych barwy (poza wartościami  $a^*$  wyznaczonymi dla drewna impregnowanego 0,5% CNF), a charakter tych zmian był taki sam, zarówno dla drewna impregnowanego, jak i kontrolnego. Ekspozycja drewna na działanie UV+IR spowodowała

zmniejszenie wartości składowej  $L^*$  powodując ściemnienie powierzchni drewna. Poddanie drewna przyspieszonemu starzeniu spowodowało również zmniejszenie wartości chromatycznej składowej  $a^*$  oraz wzrost wartości chromatycznej składowej  $b^*$ . Wartości całkowitej różnicy barwy  $\Delta E^*$  wyznaczone dla drewna impregnowanego nanowłóknami celulozowymi były znacznie mniejsze niż w przypadku drewna kontrolnego, co potwierdziła analiza statystyczna. Najmniejszą wartością  $\Delta E^*$  charakteryzowały się próbki drewna impregnowane nanocelulozą w stężeniu 0,5% (1,9), natomiast najwyższą wartość wyznaczono dla drewna kontrolnego (2,9). Jednakże, jak wykazała analiza statystyczna, wartości  $\Delta E^*$  wyznaczone dla drewna impregnowanego były statystycznie nieistotne ( $p > 0,05$ ) w przypadku stosowania różnych stężeń CNF. Impregnacja drewna nanocelulozą nie miała wpływu na parametry mechaniczne drewna (moduł sprężystości przy zginaniu drewna oraz wytrzymałości drewna na zginanie), co potwierdziła analiza statystyczna.

Podsumowując, drewno sosny zwyczajnej impregnowane nanowłóknami celulozowymi charakteryzowało się wyższą zwilżalnością powierzchni drewna oraz zwiększoną odpornością na działanie promieniowania UV oraz IR, w porównaniu do drewna kontrolnego. Ponadto, impregnacja drewna CNF wpłynęła na jego barwę (niższe wartości chromatycznych składowych barwy  $a^*$  i  $b^*$ ), w niewielkim stopniu wpłynęła na właściwości sorpcyjne drewna i nie miała wpływu na jego parametry mechaniczne. Biorąc pod uwagę uzyskane wyniki oraz fakt, że nanoceluloza tworzy stabilny wodny roztwór koloidalny, a także na możliwość jej pozyskiwana z materiałów odpadowych, może być ona brana pod uwagę jako naturalny składnik potencjalnych powłok i impregnatów do drewna.

### 5.3 Podsumowanie i wnioski

Wyniki przedstawione w publikacjach cyklu będącego podstawą ubiegania się o stopień doktora habilitowanego przyczyniają się do zwiększenia wiedzy na temat możliwości zastosowania substancji pochodzenia naturalnego w ochronie drewna sosny zwyczajnej (*P. sylvestris*) przed działaniem czynników biotycznych i abiotycznych. Uzyskane wyniki badań potwierdzają przydatność produktów pochodzenia naturalnego w ochronie drewna oraz wskazują na ich potencjał aplikacyjny.

Najważniejsze wnioski, będące konsekwencją zrealizowanych badań przedstawionych w publikacjach, wykazanych jako osiągnięcie habilitacyjne:

1. Ekstrakty z trzech podgatunków jemioli pospolitej (*V. album*), tj. jemioli pospolitej typowej (*V. album ssp. album*), jemioli pospolitej rozpięchłej

(*V. album* ssp. *austriacum*) oraz jemioly pospolitej jodłowej (*V. album* ssp. *abietis*) wykazywały aktywność względem grzybów rozkładających drewno oraz były źródłem związków bioaktywnych. Drewno sosny zwyczajnej zabezpieczone ekstraktem z *V. album* ssp. *austriacum* wykazywało wyższą odporność na działanie *C. puteana* i *T. versicolor* w porównaniu do drewna kontrolnego (publikacja 2).

2. Drewno sosny zwyczajnej impregnowane formułacjami na bazie chitozanu i kofeiny charakteryzowało się wyższą odpornością na działanie *C. puteana*, w porównaniu do drewna kontrolnego, również po przyspieszonych testach starzeniowych (wmywanie wodą wg EN 84), co związane było z ograniczeniem wymywania kofeiny ze struktury drewna przez chitozan. Impregnacja drewna formułacjami chitozanowo-kofeinowymi zwiększała jego charakter hydrofobowy oraz nie wykazywała wpływu na jego parametry mechaniczne (publikacja 3 i 4).
3. Impregnacja drewna sosny zwyczajnej nanowłóknami celulozowymi powodowała formowanie homogenicznego i dobrze przylegającego do powierzchni drewna filmu, który zwiększał zwilżalność powierzchni zabezpieczonego drewna. Impregnacja CNF spowodowała również wzrost odporności zabezpieczonego drewna na działanie promieniowania UV+IR oraz nie wykazywała wpływu na parametry mechaniczne drewna (publikacja 5).
4. Substancje pochodzenia naturalnego, tj. ekstrakt z jemioly pospolitej, kofeina, chitozan oraz nanowłókna celulozowe mogą stanowić składniki preparatów przeznaczonych do ochrony drewna zabezpieczających go przed działaniem czynników biotycznych i abiotycznych. A fakt, że mogą być pozyskiwane z bioodpadów wpisuje się w założenia gospodarki cyrkularnej (publikacje 1-5).
5. Substancje pochodzenia naturalnego zarówno roślinnego, jak i zwierzęcego, stanowią liczną i cenną bazę substancji o potencjale aplikacyjnym w ochronie drewna (publikacje 1-5).

## Literatura

- Alfredsen, G., Eikenes, M., Militz, H., Solheim, H., 2004. Screening of chitosan against wood-deteriorating fungi. *Scand. J. For. Res.* 19, 4–13.
- Aljomard, H., Inayat, A., Jamil, F., Khalil, A.K.A., Ghenai, C., Kalfat, R., 2024. Parametric study and optimization for the co-pyrolysis of plastic waste and spent coffee ground for biochar production using response surface methodology. *Chem. Africa* 7, 2749–2765.
- Annal, U.N., R, V., Natarajan, A., Rajadurai, V., Kumar, P.S.M., Li, Y.Y., 2024. Electrolytic biodiesel production from spent coffee grounds: Optimization through response surface methodology and artificial neural network. *J. Taiwan Inst. Chem. Eng.* 165, 105697.
- Bahmani, M., Schmidt, O., 2018. Plant essential oils for environment-friendly protection of wood objects against fungi. *Maderas Cienc. y Tecnol.* 20, 325–332.
- Barbero-López, A., 2021. Antifungal activity of several vegetable origin household waste extracts against wood-decaying fungi in vitro. *Waste and Biomass Valorization* 12, 1237–1241.
- Barbero-López, A., Akkanen, J., Lappalainen, R., Peräniemi, S., Haapala, A., 2021. Bio-based wood preservatives: Their efficiency, leaching and ecotoxicity compared to a commercial wood preservative. *Sci. Total Environ.* 753, 142013.
- Barbero-López, A., López-Gómez, Y.M., Carrasco, J., Jokinen, N., Lappalainen, R., Akkanen, J., Mola-Yudego, B., Haapala, A., 2024. Characterization and antifungal properties against wood decaying fungi of hydrothermal liquefaction liquids from spent mushroom substrate and tomato residues. *Biomass and Bioenergy* 181, 107035.
- Bi, W., Li, H., Hui, D., Gaff, M., Lorenzo, R., Corbi, I., Corbi, O., Ashraf, M., 2021. Effects of chemical modification and nanotechnology on wood properties. *Nanotechnol. Rev.* 10, 978–1008.
- Brischke, C., Alfredsen, G., Humar, M., Conti, E., Cookson, L., Emmerich, L., Flæte, P.O., Fortino, S., Francis, L., Hundhausen, U., Irbe, I., Jacobs, K., Klamer, M., Kržišnik, D., Lesar, B., Melcher, E., Meyer-Veltrup, L., Morrell, J.J., Norton, J., Palanti, S., Presley, G., Reinprecht, L., Singh, T., Stirling, R., Venäläinen, M., Westin, M., Wong, A.H.H., Suttie, E., 2021. Modelling the material resistance of wood - Part 2: Validation and optimization of the Meyer-Veltrup model. *Forests* 12, 576.
- Cantera, L., Alonso, R., Lupo, S., Bettucci, L., Amilivia, A., Martínez, J., Dieste, A., 2022. Decay resistance of thermally modified *Eucalyptus grandis* wood against wild strains of *Trametes versicolor* and *Pycnoporus sanguineus*. *Wood Mater. Sci. Eng.* 17, 478–487.
- Chakravarty, J., Edwards, T.A., 2022. Innovation from waste with biomass-derived chitin and chitosan as green and sustainable polymer: A review. *Energy Nexus* 8, 100149.
- Changotra, R., Rajput, H., Liu, B., Murray, G., He, Q., 2024. Occurrence, fate, and potential impacts of wood preservatives in the environment: Challenges and environmentally friendly solutions. *Chemosphere* 352, 141291.
- EN 84 Wood Preservatives - Accelerated ageing of treated wood prior to biological testing - Leaching procedure, 1997. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- EN 113 Wood preservatives. Test method for determining the protective effectiveness against wood destroying Basidiomycetes. Determination of the toxic values, 1996. European Committee for Standardization: Bruxelles, Belgium.
- EN 355 Durability of wood and wood-based products - Use classes: definitions, application to solid wood and wood-based products, 2013. European Committee for Standardization: Bruxelles, Belgium.
- EN 828 Adhesives – Wettability – Determination by measurement of contact angle and surface, 2000. European Committee for Standardization: Brussels, Belgium.
- Faudone, G., Arifi, S., Merk, D., 2021. The medicinal chemistry of caffeine. *J. Med. Chem.* 64, 7156–7178.
- Fu, Z., Lu, Y., Wu, G., Bai, L., Barker-Rothschild, D., Lyu, J., Liu, S., Rojas, O.J., 2025. Wood elasticity and compressible wood-based materials: Functional design and applications. *Prog. Mater. Sci.* 147, 101354.
- Hasanagić, R., Fathi, L., Sefidruh, M., Bahmani, M., 2023. Natural alternatives to chemical wood preservatives: A review of recent research, in: 14<sup>th</sup> International Scientific Conference on Manufacturing Engineering - RIM 2023. Sarajevo, pp. 615–625.
- Hill, C., Kymäläinen, M., Rautkari, L., 2022. Review of the use of solid wood as an external cladding material in the built environment. *J. Mater. Sci.* 57, 9031–9076.
- Instytut Badawczy Leśnictwa, 2024. Krótkoterminowa prognoza występowania ważniejszych szkodników i chorób infekcyjnych drzew lesnych w Polsce w 2024 roku. *Analizy i Raporty* Nr 37.
- Janesch, J., Arminger, B., Gindl-Altmatter, W., Hansmann, C., 2020. Superhydrophobic coatings on wood made of plant oil and natural wax. *Prog. Org. Coatings* 148, 105891.
- Jang, E.-S., Kang, C.-W., 2025. Evaluation of the utilization of *Ginkgo biloba* leaf (GBL) extract as an eco-friendly wood preservative. *BioResources* 20, 155–163.
- Joshi, G., Chauhan, S.S., 2024. Cellulose nanofibers-based UV resistant and hydrophobic wood coatings. *Surfaces*

- and Interfaces 54, 105259.
- Khademibami, L., Bobadilha, G.S., 2022. Recent developments studies on wood protection research in academia: A review. *Front. For. Glob. Chang.* 5, 793177.
- Kwaśniewska-Sip, P., Cofta, G., Nowak, P.B., 2018. Resistance of fungal growth on Scots pine treated with caffeine. *Int. Biodeterior. Biodegrad.* 132, 178–184.
- Kwaśniewska-Sip, P., Woźniak, M., Jankowski, W., Ratajczak, I., Cofta, G., 2021. Chemical changes of wood treated with caffeine. *Materials* 14, 497.
- Lech, P., Zółciak, A., Hildebrand, R., 2020. Occurrence of European mistletoe (*Viscum album* L.) on forest trees in Poland and its dynamics of spread in the period 2008–2018. *Forests* 11, 83.
- Markets and Markets., 2024. Nanocellulose market size, share & trends analysis report by type (cellulose nanofibers, bacterial cellulose, crystalline nanocellulose), by application, by region, and segment forecasts, 2023 - 2030. Northbrook, IL, USA.
- Meyer-Veltrup, L., Brischke, C., Alfredsen, G., Humar, M., Flæte, P.O., Isaksson, T., Breid, P.L., Westin, M., Jermer, J., 2017. The combined effect of wetting ability and durability on outdoor performance of wood: development and verification of a new prediction approach. *Wood Sci. Technol.* 51, 615–637.
- Niemz, P., Teischinger, A., Sandberg, D. (Eds.), 2023. *Springer Handbook of Wood Science and Technology*. Springer Handbooks.
- Oldertrøen, K., H-Kittikun, A., Aam, B.B., Larnøy, E., 2017. Resistance of rubberwood (*Hevea brasiliensis*) treated with chitosan or silane against surface molds. *Eur. J. Wood Wood Prod.* 75, 101–112.
- PN-63/D-04117. Physical and mechanical properties of wood. Determination of the elasticity coefficient for static bending, 1963. Polish Committee for Standardization, Warsaw, Poland.
- PN-77/D-04103. Wood. Determination of static bending strength, 1977. Polish Committee for Standardization, Warsaw, Poland.
- Ratajczak, I., Woźniak, M., Kwaśniewska-Sip, P., Szentner, K., Cofta, G., Mazela, B., 2018. Chemical characterization of wood treated with a formulation based on propolis, caffeine and organosilanes. *Eur. J. Wood Wood Prod.* 76, 775–781.
- Šimůnková, K., Reinprecht, L., Nábělková, J., Hýsek, Š., Kindl, J., Borůvka, V., Lišková, T., Šobotník, J., Pánek, M., 2021. Caffeine – Perspective natural biocide for wood protection against decaying fungi and termites. *J. Clean. Prod.* 304, 127110.
- Singh, T., Singh, A.P., 2012. A review on natural products as wood protectant. *Wood Sci. Technol.* 46, 851–870.
- Spear, M.J., Curling, S.F., Dimitriou, A., Ormondroyd, G.A., 2021. Review of functional treatments for modified wood. *coatings* 11, 327.
- Szurpnicka, A., Kowalczyk, A., Szerk, A., 2020. Biological activity of mistletoe: *in vitro* and *in vivo* studies and mechanisms of action. *Arch. Pharm. Res.* 43, 593–629.
- Teacă, C.A., Roșu, D., Mustață, F., Rusu, T., Roșu, L., Roșca, I., Varganici, C.D., 2019. Natural bio-based products for wood coating and protection against degradation: A review. *BioResources* 14, 4873–4901.
- Tomak, E.D., Gonultas, O., 2018. The wood preservative potentials of valonia, chestnut, tara and sulphited oak tannins. *J. Wood Chem. Technol.* 38, 183–197.
- Topić Popović, N., Lorencin, V., Strunjak-Perović, I., Čož-Rakovac, R., 2023. Shell waste management and utilization: Mitigating organic pollution and enhancing sustainability. *Appl. Sci.* 13, 623.
- Walas, Ł., Kędziora, W., Ksepko, M., Rabska, M., Tomaszewski, D., Thomas, P.A., Wójcik, R., Iszkuło, G., 2022. The future of *Viscum album* L. in Europe will be shaped by temperature and host availability. *Sci. Rep.* 12, 1–12.
- Woźniak, M., Kwaśniewska-Sip, P., Krueger, M., Roszyk, E., Ratajczak, I., 2020a. Chemical, biological and mechanical characterization of wood treated with propolis extract and silicon compounds. *Forests* 11, 907.
- Woźniak, M., Kwaśniewska-Sip, P., Waśkiewicz, A., Cofta, G., Ratajczak, I., 2020b. The possibility of propolis extract application in wood protection. *Forests* 11, 465.
- Woźniak, M., Ratajczak, I., Lis, B., Krystofiak, T., 2018. Hydrophobic properties of wood treated with propolis-silane formulations. *Wood Res.* 63, 517–524.
- Xu, E., Zhang, Y., Lin, L., 2020. Improvement of mechanical, hydrophobicity and thermal properties of chinese fir wood by impregnation of nano silica sol. *Polymers* 12, 1632.
- Yildiz, Ü.C., Kilic, C., Gürgen, A., Yildiz, S., Yildiz, Ü.C., Kilic, C., Gürgen, A., Yildiz, S., 2020. Possibility of using lichen and mistletoe extracts as potential natural wood preservative. *Maderas. Cienc. y Tecnol.* 22, 179–188.
- Zelinka, S.L., Altgen, M., Emmerich, L., Guigo, N., Keplinger, T., Kymäläinen, M., Thybring, E.E., Thygesen, L.G., 2022. Review of wood modification and wood functionalization technologies. *Forests* 13, 1004.
- Zhang, Z., Yang, T., Mi, N., Wang, Y., Li, G., Wang, L., Xie, Y., 2016. Antifungal activity of monoterpenes against wood white-rot fungi. *Int. Biodeterior. Biodegrad.* 106, 157–160.

**6. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych, inne niż te wskazane jako podstawa ubiegania się o stopień doktora habilitowanego, ze szczególnym uwzględnieniem istotnej aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednej uczelni lub instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej**

Moje zainteresowania naukowe dotyczą głównie dwóch wątków badawczych wynikających z wykształcenia chemicznego zdobytego na Wydziale Chemii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu oraz ukończenia studiów doktoranckich na Wydziale Technologii Drewna Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu w dyscyplinie nauk leśnych. Połączenie moich zainteresowań naukowych związanych z chemią produktów naturalnych oraz tematyki ochrony drewna zapoczątkowało nurt badawczy, dotyczący wykorzystania substancji pochodzenia naturalnego w ochronie drewna, który realizuję do dziś. Jednakże z czasem moje zainteresowania dotyczące składu chemicznego i aktywności biologicznej produktów naturalnych przyczyniły się do zapoczątkowania nowych kierunków badawczych realizowanych we współpracy z innymi ośrodkami naukowymi. Ponadto moje wykształcenie chemiczne oraz zdobyta wiedza z zakresu analityki chemicznej stała się przyczyną realizacji kilku dodatkowych wątków badawczych, których rezultatem są publikacje naukowe z krajowymi oraz zagranicznymi jednostkami naukowymi.

Moje zainteresowanie analityką chemiczną podczas studiów magisterskich na **Wydziale Chemii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu** były przyczyną realizacji pracy magisterskiej w Zakładzie Chemii Analitycznej pod kierunkiem prof. dr hab. Przemysława Niedzielskiego. Celem mojej pracy magisterskiej pt. „*Problematyka oznaczania selenu w suplementach diety obecnych na polskim rynku*” było oznaczenie formy występowania oraz zawartości selenu w suplementach diety dostępnych na polskim rynku oraz próba oceny ich przydatności w procesie uzupełniania niedoborów tego pierwiastka. W oznaczeniach selenu wykorzystałam wysokosprawną chromatografię cieczową z detekcją absorpcyjnej spektrometrii atomowej z generowaniem wodorków (HPLC-HG-AAS). Uzyskane w ramach pracy magisterskiej wyniki zostały zaprezentowane w formie posteru na XXII Poznańskim Konserwatorium Analitycznym (załącznik 4, pkt II.3.8) oraz opisane w publikacji naukowej w czasopiśmie *Food Chemistry* (załącznik 4, pkt II.2.2).

Podczas studiów doktoranckich byłam wykonawcą w projekcie badawczym pt. „*Superior bio-friendly systems for enhanced wood durability*” finansowanym z Funduszy Norweskich (Norway Grants) w ramach programu Polsko-Norweskiej Współpracy Badawczej realizowanej przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Projekt był realizowany we współpracy z Wydziałem Chemii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu oraz

Norwegian Forest and Landscape Institute (załącznik 4, pkt II.5.1). W dniach 8-11.03.2016 r. miałam okazję uczestniczyć w spotkaniu wykonawców projektu, które miało miejsce w **Norwegian Institute of Bioeconomy Research**, gdzie podczas wystąpienia pt. „*Chemical analysis within Durawood project*” przedstawiłam wyniki analiz chemicznych uzyskanych w ramach projektu. Wyniki powstałe podczas realizacji projektu zostały zaprezentowane w postaci wystąpień konferencyjnych (załącznik 4, pkt II.3.1-4, 9-14) oraz publikacji naukowych (załącznik 4, pkt II.2.1, 5-7, 22), których byłam współautorką.

W roku 2015 rozpoczęłam studia podyplomowe w zakresie „*Zaawansowane materiały i nanotechnologia w praktyce*”, które były realizowane przez Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Chemii, Centrum NanoBioMedyczne oraz Centrum Integracji Europejskiej w ramach projektu: „Zintegrowany program rozwoju Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu: Zaawansowane technologie dla rozwoju wysoko wykwalifikowanych kadr dla gospodarki”. W ramach zajęć, które odbywały się w **Centrum NanoBioMedycznym w Poznaniu** miałam możliwość wykonywania badań na własnym materiale badawczym, co zapoczątkowało współpracę z pracownikami Centrum, a dokładnie z dr Grzegorzem Nowaczykiem oraz dr Jackiem Jencykiem, a rezultatem tej współpracy są publikacje naukowe z zakresu formulacji przeznaczonych do impregnacji drewna (załącznik 4, pkt II.2.9, 28).

Po ukończeniu studiów doktoranckich rozpoczęłam pracę w **Instyтуcie Technologii Drewna** (obecnie Sieć Badawcza Łukasiewicz – Poznański Instytut Technologiczny) w Zakładzie Ochrony Środowiska i Chemii Drewna, gdzie uczestniczyłam w badaniach statutowych Zakładu oraz brałam udział w badaniach zleconych przez podmioty zewnętrzne, głównie wykonując analizy składu chemicznego drewna oraz stężenia pentachlorofenolu w materiale drzewnym.

Obecnie moja aktywność naukowa dotyczy kilku obszarów badawczych związanych przede wszystkim z tematyką produktów naturalnych oraz ich praktycznego zastosowania, a także ochroną i modyfikacją drewna i materiałów drewnopochodnych.

### 6.1 Skład chemiczny i aktywność biologiczna produktów naturalnych

Zapoczątkowane podczas realizacji pracy doktorskiej badania dotyczące składu chemicznego oraz aktywności biologicznej ekstraktu z propolisu są przeze mnie kontynuowane i aktualnie dotyczą nie tylko propolisu, ale również innych produktów pochodzenia naturalnego. Temat aktywności biologicznej propolisu krajowego i oceny wpływu na tę aktywność zanieczyszczeń, takich jak metale ciężkie oraz wielopierścieniowe węglowodory

aromatyczne (WWA) był przeze mnie realizowany w ramach projektu MINIATURA 3 (załącznik 4, pkt II.5.2).

W związku z tematyką badawczą realizowaną w ramach pracy doktorskiej nawiązałam współpracę z prof. dr hab. Bogdanem Kędrzą oraz mgr Elżbietą Hołderną-Kędrzą z **Instytutu Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Poznaniu**, pod których kierunkiem zdobyłam wiedzę na temat aktywności biologicznej ekstraktów z propolisu. W ramach pracy doktorskiej, w Instytucie Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich, wykonałam badania aktywności przeciwgrzybiczej ekstraktów z propolisu. Nawiązana współpraca, która z czasem dotyczyła już nie tylko aktywności przeciwdrobnoustrojowej produktów pszczelich, ale również innych produktów roślinnych przyczyniła się do powstania publikacji naukowych (załącznik 4, pkt II.2.5, 8, 74, 75, 78, 84, 88, 89) oraz wystąpień konferencyjnych (załącznik 4, pkt II.3.15, 29).

Rozpoczętą podczas realizacji pracy doktorskiej tematykę badawczą, dotyczącą aktywności biologicznej ekstraktów z propolisu, kontynuowałam również po uzyskaniu stopnia doktora. W celu oceny aktywności przeciwutleniającej oraz cytoochronnej względem erytrocytów ludzkich w warunkach stresu oksydacyjnego *in vitro* ekstraktów z propolisu oraz pozostałych produktów pszczelich nawiązałam współpracę z prof. UAM dr hab. Lucyną Mrówczyńską z **Zakładu Biologii Komórki Wydziału Biologii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu**. Podczas stażu naukowego w Zakładzie Biologii Komórki (załącznik 4, pkt II.7.1) miałam możliwość wykonywania badań aktywności przeciwutleniającej ekstraktów z propolisu, a otrzymane wyniki przyczyniły się do powstania publikacji naukowych (załącznik 4, pkt II.2.23, 24). Aktualnie współpraca z prof. Lucyną Mrówczyńską związana jest z oceną aktywności przeciwutleniających, nie tylko produktów pszczelich, ale również innych produktów naturalnych, czego rezultatem są liczne publikacje naukowe (załącznik 4, pkt II.2.27, 51, 56, 58, 60, 66, 67, 78-80, 84, 87) oraz wystąpienia konferencyjne (załącznik 4, pkt II.3 21, 29). Dzięki nawiązaniu współpracy z prof. UAM dr hab. Justyną Broniarczyk z **Zakładu Wirusologii Molekularnej Wydziału Biologii UAM** możliwe stało się określenie aktywności przeciwwirusowej (HPV – wirus brodawczaka ludzkiego) ekstraktów propolisowych, a uzyskane w ramach współpracy wyniki zostały przedstawione w postaci publikacji naukowej (załącznik 4, pkt II.2.51). Z kolei, współpraca nawiązana z prof. UPP dr hab. Anną Sip z **Katedry Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności Wydziału Nauk o Żywności i Żywieniu Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu** związana jest z oceną aktywności przeciwbakteryjnej oraz przeciwgrzybiczej produktów naturalnych, a wyniki wspólnych badań zostały opublikowane w postaci publikacji naukowych (załącznik 4, pkt

II.2.36, 51, 56, 58, 60, 65, 66, 67, 70, 79, 80, 87, 92, 93) oraz przedstawione na konferencjach naukowych (załącznik 4, pkt II.3.27, 30, 32).

Badania dotyczące produktów naturalnych, które prowadzę nie są związane wyłącznie z ich aktywnością biologiczną, ale również składem chemicznym, zarówno pod kątem zawartości związków bioaktywnych, jak również różnego rodzaju zanieczyszczeń, takich jak metale ciężkie czy wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA). W celu analizy składu chemicznego badanych produktów naturalnych kontynuuję współpracę z dr Michałem Kruegerem z **Wydziału Archeologii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu**, którą nawiązałam podczas realizacji rozprawy doktorskiej. Nawiązana współpraca umożliwiła mi oznaczenie stężenia krzemu w próbkach drewna impregnowanego opracowanymi w ramach doktoratu preparatami propolisowo-silanowymi za pomocą spektrometru fluorescencji rentgenowskiej (XRF), a także składu pierwiastkowego materiału roślinnego, czego rezultatem są publikacje naukowe (załącznik 4, pkt II.2.12, 30, 88).

## 6.2 Otrzymywanie i charakterystyka celulozy o rozmiarach nanometrycznych

Drugi nurt badawczy, który realizuję dotyczy otrzymywania i charakterystyki celulozy o rozmiarach nanometrycznych. Temat związany z pozyskiwaniem nanocelulozy przy zastosowaniu cieczy jonowych oraz enzymów związany był z realizacją pracy doktorskiej przez dr inż. Martę Bloch, w której pełniłam rolę promotora pomocniczego. W badaniach wykazano, że zastosowanie cieczy jonowych (EmimCl, AmimCl, EmimOAc oraz PmimCl) prowadzi do otrzymania materiału o mniejszym rozmiarze cząstek, w porównaniu do materiału wyjściowego – celulozy mikrokrystalicznej, a także, że szybkorosnące i nieinwazyjne gatunki traw z rodzaju *Miscanthus* oraz *Sorghum* mogą być cennym źródłem celulozy wykorzystywanej do produkcji nanocelulozy o różnych parametrach w zależności od rodzaju zastosowanej cieczy jonowej, jak również rodzaju i gatunku materiału roślinnego, z którego wyizolowano celulozę. Badania w zakresie charakterystyki celulozy nanometrycznej były prowadzone przy współpracy z prof. UPP dr hab. Krzysztofem Dwieckim z **Katedry Biochemii i Analizy Żywności Wydziału Nauk o Żywności i Żywieniu UPP**, prof. PP dr hab. Sławomirem Borysiakiem z **Instytutu Technologii i Inżynierii Chemicznej Wydziału Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej**, dr Barbarą Peplińską z **Centrum NanoBioMedycznego UAM** oraz prof. dr hab. Magdaleną Zborowską i dr Moniką Bartkowiak z **Katedry Chemicznej Technologii Drewna Wydziału Leśnego i Technologii Drewna UPP**, a rezultatem tej współpracy są publikacje naukowe (załącznik 4, pkt II.2.26, 37, 47, 62, 85, 86).

### 6.3 Modyfikacja drewna stosowanego jako napełniacz w kompozytach polimerowo-drzewnych (WPC)

Kolejny kierunek badań, który realizuję związany jest ze współpracą z prof. PP dr hab. Sławomirem Borysiakiem z **Instytutu Technologii i Inżynierii Chemicznej Wydziału Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej** i dotyczy modyfikacji drewna stosowanego jako napełniacz w kompozytach polimerowo-drzewnych (WPC). Dotychczasowe badania związane były z zastosowaniem ekstraktu z propolisu oraz formułacji składających się z ekstraktu propolisowego oraz związków krzemoorganicznych do impregnacji drewna sosny zwyczajnej (*P. sylvestris*) stosowanego jako napełniacz w matrycach polipropylenowych, a wyniki uzyskanych badań zostały opublikowane w formie artykułów naukowych (załącznik 4, pkt II.2.40, 46). Aktualnie prowadzimy badania nad zastosowaniem modyfikowanego drewna czeremchy amerykańskiej (*Prunus serotina* Ehrh.), która zaliczana jest do gatunków inwazyjnych w europejskich lasach, jako napełniacz WPC. Uzyskane dotąd wyniki badań wykazały, że drewno czeremchy amerykańskiej poddane działaniu roztworu kofeiny miało istotny wpływ m.in. na strukturę nadcząsteczkową matrycy polimerowej, a także zapewniało odporność kompozytów na działanie grzybów i bakterii przy jednoczesnym zachowaniu dobrych parametrów mechanicznych i odporności termicznej kompozytów. Dodatkowo badania wykonane w **Faculty of Wood Sciences and Technology, Technical University in Zvolen** (Iveta Čabalová, PhD oraz Tatiana Bubeníková, PhD) wykazały, że zastosowanie drewna czeremchy jako napełniacza matrycy polimerowej spowodowało zahamowanie uwalniania lotnych związków organicznych z kompozytu, co zostało przedstawione w formie publikacji naukowej w *Journal of Wood Chemistry and Technology* (załącznik 4, pkt II.2.54). Tematyka wykorzystania modyfikowanego drewna czeremchy amerykańskiej jako napełniacz w kompozytach została zaprezentowana na krajowych konferencjach naukowych (załącznik 4, pkt II.3.27, 28, 31). Ponadto drewno czeremchy amerykańskiej poddane działaniu roztworu kofeiny zostało zastosowane jako napełniacz w kompozytach na bazie polilaktydu, a otrzymane produkty charakteryzowały się m.in. odpornością na działanie wybranych szczepów grzybów (załącznik 4, pkt II.2.63).

### 6.4 Filmy i powłoki na bazie chitozanu

Kierunek badawczy dotyczący filmów na bazie chitozanu z zastosowaniem jako opakowania do żywności związany jest z realizacją pracy doktorskiej mgr Karoliny Stefanowskiej, w której pełnię rolę promotora pomocniczego. W badaniach stosowana jest matryca chitozanowa do której wprowadzane są różne dodatki, jak np. substancje bioaktywne

(ekstrakt z propolisu, kofeina oraz składniki olejków eterycznych) w celu nadania finalnym produktom aktywności biologicznej oraz nanoceluloza, w celu poprawy właściwości mechanicznych i barierowych otrzymanych filmów. Badania z zakresu oceny parametrów mechanicznych i barierowych filmów prowadzone są przy współpracy z prof. UEP dr hab. Renatą Dobrucką z **Katedry Jakości Produktów Przemysłowych i Opakowań Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu**, a wyniki wspólnych badań zostały opublikowane w formie publikacji naukowych (załącznik 4, pkt II.2.36, 56, 60, 65, 66). Badania dotyczące wpływu nanocelulozy i ekstraktu z propolisu na parametry filmów na bazie chitozanu opublikowane w *Industrial Crops and Products* (załącznik 4, pkt II.2.65) powstały przy współpracy z naukowcami z **Sustainable Packaging Institute SPI z Albstadt-Sigmaringen University**. W badaniach dotyczących filmów i powłok chitozanowych zajmujemy się również poszukiwaniem alternatywnych do powszechnie stosowanego kwasu octowego naturalnych rozpuszczalników chitozanu, skupiając się m.in. na zastosowaniu roztworów kombuchy oraz octów owocowych, a wyniki badań zostały przedstawione w publikacjach naukowych (załącznik 4, pkt II.2.58, 67, 70). W wyniku nawiązania współpracy z dr hab. Różą Biegańską–Marecik z **Katedry Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego Wydziału Nauk o Żywności i Żywieniu UPP** opracowane powłoki na bazie chitozanu i kombuchy zostały zastosowane do zabezpieczenia czerwonych papryk, a uzyskane wyniki zostały przedstawione w postaci publikacji naukowej (załącznik 4, pkt II.2.70).

Badania dotyczące filmów na bazie chitozanu z dodatkiem substancji bioaktywnych przyczyniły się do przygotowania dwóch zgłoszeń patentowych (załącznik 4, pkt III.3.1, 2). Aktualnie tematyka materiałów kompozytowych na bazie chitozanu jest przeze mnie kontynuowana w ramach pilotażowego grantu dotyczącego innowacyjnych badań naukowych i prac rozwojowych o charakterze aplikacyjnym (*Junior Grant*) finansowanego w ramach PREIDUB pt. „*Biodegradowalne polisacharydowe materiały kompozytowe z dodatkiem ekstraktów roślinnych o zwiększonej odporności biologicznej z przeznaczeniem do pakowania żywności*” (załącznik 4, pkt II.11.9), który realizowany jest przy współpracy z prof. UEP dr hab. Renatą Dobrucką z **Katedry Jakości Produktów Przemysłowych i Opakowań UEP**, prof. UPP dr hab. Anną Sip z **Katedry Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności Wydziału Nauk o Żywności i Żywieniu UPP** oraz dr hab. Marleną Baranowską z **Katedry Hodowli Lasu Wydziału Leśnego i Technologii Drewna UPP**.

## 6.5 Pozostała aktywność naukowa

W 2022 roku odbyłam staż naukowy w **Institute of Forestry and Rural Engineering of Estonian University of Life** pod kierunkiem dr Katri Ots, a na jego realizację otrzymałam finansowanie w ramach projektu pt.: „Najlepsi z natury! *Zintegrowany Program Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu na rzecz Innowacyjnej Wielkopolski*”, współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój (załącznik 4, pkt II.7.2). Podczas realizacji stażu zapoznałam się z tematyką badawczą Instytutu, która zapoczątkowała badania nad produktami ubocznymi przemysłu leśnego realizowanymi przeze mnie aktualnie.

Aktywność naukowa, którą realizuję jest również związana z moim wykształceniem chemicznym oraz znajomością technik analitycznych, którymi dysponuje Katedra Chemii UPP. W związku z tym nawiązałam współpracę z kilkoma ośrodkami naukowymi, a ich rezultatem są publikacje naukowe, których jestem współautorką. Współpraca z dr Michałem Rybakiem oraz prof. UAM dr hab. Tomaszem Joniakiem z **Zakładu Ochrony Wód Wydziału Biologii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu** związana jest wykonywaniem analiz chemicznych, głównie analizy pierwiastkowej, w badaniach dotyczących odpowiedzi roślin morskich na zabiegi rekultywacyjne, a rezultatem współpracy są publikacje naukowe (załącznik 4, pkt II.2.25, 32, 59, 73) oraz wystąpienia konferencyjne (załącznik 4, pkt II.3.25). Analizę składu elementarnego (CHNSO) wykonywałam w ramach współpracy z prof. dr hab. Jackiem Przybyłem oraz dr Dawidem Wojcieszakiem z **Katedry Inżynierii Biosystemów Wydziału Inżynierii Środowiska i Inżynierii Mechanicznej UPP** (załącznik 4, pkt II.2.31, 38) oraz z prof. dr hab. Zofią Szweykowską-Kulińską z **Zakładu Ekspresji Genów Wydziału Biologii UAM** (załącznik 4, pkt II.2.48). Analizę składu pierwiastkowego wykonywałam w ramach współpracy z dr Krzysztofem Pleskotem z **Instytutu Geologii Wydziału Nauk Geograficznych i Geologicznych UAM** (załącznik 4, pkt II.2.33). Ponadto, dostępne w Katedrze Chemii techniki analityczne wykorzystuję podczas współpracy z dr Patrycją Kwaśniewską-Sip z **Sieci Badawczej Łukasiewicz – Poznański Instytut Technologiczny** (załącznik 4, pkt II.2.22, 41) oraz dr Jakubem Kawalerczykiem z **Katedry Mechanicznej Technologii Drewna Wydziału Leśnego i Technologii Drewna UPP** dotyczącej modyfikacji żywic klejowych do tworzyw drzewnych, a rezultatem współpracy są publikacje naukowe (załącznik 4, pkt II.2.35, 57, 61, 64, 68, 69).

Za działalność naukową zostałam wyróżniona uzyskując stypendium dla wybitnych młodych naukowców oraz nagrody i wyróżnienia JM Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.

Nagrody i wyróżnienia za działalność naukową:

1. Nagroda indywidualna II stopnia za oryginalne i twórcze osiągnięcia naukowe przyznana przez Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu (2021)
2. Nagroda z tytułu wyróżniających osiągnięć naukowych przyznana przez Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu (2022)
3. Stypendium Ministra Edukacji i Nauki dla wybitnych młodych naukowców – edycja 18 (2023)
4. Nagroda indywidualna II stopnia za wyróżniające osiągnięcia naukowe udokumentowane publikacjami przyznana przez Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu (2023)
5. Nagroda za znaczące osiągnięcia naukowe przyznana przez Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu (2024)
6. Nagroda indywidualna II stopnia za wyróżniające osiągnięcia naukowe udokumentowane publikacjami przyznana przez Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu (2024).

**7. Omówienie osiągnięć dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę**

Od 2013 roku, kiedy rozpoczęłam studia doktoranckie na Wydziale Leśnym i Technologii Drewna prowadziłam zajęcia dydaktyczne w Katedrze Chemii. W latach 2013–2017 prowadziłam zajęcia z przedmiotu *chemia ogólna* dla studentów I roku studiów I stopnia kierunków Inżynieria i Gospodarka Wodna oraz Inżynieria Środowiska realizowanych na Wydziale Inżynierii Środowiska i Inżynierii Mechanicznej oraz przedmiotu *chemia* dla studentów I roku jednolitych studiów magisterskich na kierunku Weterynaria realizowanych na Wydziale Medycyny Weterynaryjnej i Nauk o Zwierzętach. Od roku 2018 roku, kiedy rozpoczęłam pracę w Katedrze Chemii w grupie pracowników badawczo-dydaktycznych, kolejno jako asystent, a następnie adiunkt, realizuję pensum dydaktyczne prowadząc głównie zajęcia laboratoryjne z podstaw chemii. Do chwili obecnej prowadziłam zajęcia dla studentów I roku, I stopnia studiów stacjonarnych i niestacjonarnych oraz jednolitych studiów magisterskich na następujących kierunkach: Technologia Żywności i Żywnienia Człowieka oraz

Jakość i Bezpieczeństwo Żywności (Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, przedmioty: chemia organiczna; chemia ogólna), Inżynieria i Gospodarka Wodna, Inżynieria Środowiska, Inżynieria Ochrony Klimatu oraz Geotechnologie, Hydrotechnika, Transport Wodny (Wydział Inżynierii Środowiska i Inżynierii Mechanicznej, przedmiot: chemia ogólna), Leśnictwo (Wydział Leśny i Technologii Drewna, przedmiot: chemia), Weterynaria i Biologia (Wydział Medycyny Weterynaryjnej i Nauk o Zwierzętach, przedmioty: chemia; chemia organiczna), Biotechnologia (Wydział Rolnictwa, Ogrodnictwa i Biotechnologii, przedmiot: chemia fizyczna i analiza instrumentalna).

Od roku akademickiego 2019/2020 prowadziłam zajęcia w języku angielskim w ramach Szkoły Doktorskiej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu dla doktorantów z dyscypliny nauki leśne pt. *„Possibilities of using instrumental analysis in wood technology and forestry”*, natomiast od roku akademickiego 2022/2023 prowadzę zajęcia pt. *„Studies on selected properties of forest products using instrumental analysis”*. Ponadto, w ramach projektu *„Zintegrowany Program Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu na rzecz Innowacyjnej Wielkopolski”* prowadziłam zajęcia w Szkole Doktorskiej dla doktorantów realizujących prace doktorskie w różnych dyscyplinach naukowych prowadząc tutorial indywidualny pt. *„Indication of the possibility of examining the elemental composition of samples of material of natural origin”* oraz kurs metod badawczych pt. *„Possibilities of using infrared spectroscopy, absorption atomic spectrometry and elemental analysis in the study of natural materials”*. Od roku 2016 prowadzę również kursy z chemii mające na celu powtórzenie wiedzy z chemii zdobytej w szkole średniej dla studentów pierwszego roku wszystkich kierunków realizowanych na Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu.

W trakcie mojego zatrudnienia w Katedrze Chemii pełniłam rolę promotora pomocniczego w zakończonym przewodzie doktorskim dr inż. Marty Bloch, a obrona pracy doktorskiej pt. *„Wykorzystanie cieczy jonowych i enzymów do otrzymywania celulozy o rozmiarach nanometrycznych”* odbyła się 28.10.2022 roku na Wydziale Leśnym i Technologii Drewna Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu (promotor pracy – prof. dr hab. Izabela Ratajczak). Aktualnie pełnię rolę promotora pomocniczego w przewodzie doktorskim mgr Karoliny Stefanowskiej, która realizuje pracę doktorską pt. *„Biodegradowalne polisacharydowe materiały kompozytowe z napelniaczem lignocelulozowym oraz dodatkiem produktów naturalnych”* w ramach Szkoły Doktorskiej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu w dyscyplinie nauki leśne (promotorzy pracy – prof. dr hab. Izabela Ratajczak oraz prof. UEP, dr hab. Renata Dobrucka). Ponadto, byłam promotorem pracy magisterskiej mgr

Mai Modrzejewskiej pt. *„Porównanie zawartości związków fenolowych i aktywności biologicznej ekstraktów z propolisu pochodzącego z różnych obszarów geograficznych”*, której obrona miała miejsce 24.06.2025 roku na Wydziale Rolnictwa, Ogrodnictwa i Biotechnologii UPP.

W ramach popularyzacji nauki uczestniczę w projektach realizowanych na Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu prowadząc zajęcia dla uczniów szkół podstawowych oraz średnich w formie **Europejskiej Nocy Naukowców, Festiwalu Nauki i Sztuki** oraz **lekcji akademickich**. Ponadto, prowadziłam zajęcia w ramach **Uniwersytetu Młodych Przyrodników** realizując warsztaty pt. *„Słodkie drewno”* (projekt *„Tego nie wiesz o drewnie. Pozaszkolne zajęcia edukacyjne w ramach Uniwersytetu Młodych Przyrodników”*, który był finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach osi priorytetowej „Szkolnictwo wyższe dla gospodarki i rozwoju” Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój. Aktualnie prowadzę warsztaty *„Kwaśne czy zasadowe – odczyn badanych substancji”* (projekt *„Popularyzacja nauki poprzez cykl zajęć realizowanych w ramach Uniwersytetu Młodych Przyrodników”*, finansowany w ramach programu „Społeczna odpowiedzialność nauki II”). Uczestniczyłam również w organizacji międzynarodowej konferencji naukowej – **4<sup>th</sup> International Scientific Conference WOOD-SCIENCE-ECONOMY Sustainable forestry and forests – Opportunities and constraints under climate change**, która miała miejsce 14-16.09.2022 r. w Poznaniu.

Od początku mojego zatrudnienia na Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu uczestniczę w kursach i szkoleniach podnosząc swoje kompetencje dydaktyczne. Uczestnicząc w projektach pt. *„Najlepsi z natury! Zintegrowany Program Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu na rzecz Innowacyjnej Wielkopolski”* (POWR. 03.05.00-00-Z228/17-00) oraz *„Wysoka jakość kształcenia atutem młodej kadry dydaktycznej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu”* (POWR.03.04.00-00-D025/17-00) współfinansowanych ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój miałam możliwość uczestniczenia m.in. w następujących szkoleniach: Podstawy statystyki – statystyka dla nie statystyków, Analiza wielowymiarowa, Graficzne formy notowania, prezentowania i przekazywania informacji oraz tworzenie przekazu pisemnego, Blended learning: Tworzenie treści do materiałów dydaktycznych w formule e-learning, Kurs innowacyjnych kompetencji dydaktycznych, Tworzenie i komponowanie infografik i slajdów, Wystąpienia publiczne, retoryka, erystyka, prowadzenie dyskusji i debat, nowoczesna dydaktyka.

## 8. Podsumowanie dotychczasowej działalności naukowej

W dotychczasowej pracy naukowej opublikowałam **60 artykułów** w czasopismach naukowych indeksowanych przez *Journal Citation Report*, z których 2 artykuły zostały opublikowane przed uzyskaniem stopnia doktora. Sumaryczny *Impact factor* prac zgodnie z rokiem ich opublikowania wynosi **222,972** (w tym 4,967 przed i 218,005 po uzyskaniu stopnia doktora). Jestem współautorką również 29 publikacji opublikowanych w czasopismach znajdujących się na listach czasopism punktowanych Ministerstwa Edukacji i Nauki (MEiN) oraz Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (MNiSW) nieujętych w JCR oraz 9 artykułów będących rozdziałami w monografiach oraz recenzowanymi materiałami konferencyjnymi. Suma punktów zgodnie z listami MEiN oraz MNiSW dla wszystkich publikacji wynosi **7751**, w tym dla artykułów w czasopismach ujętych w JCR suma punktów wynosi **7265** pkt (55 pkt przed i 7210 pkt po obronie doktoratu) i artykułów nieujętych w JCR **486** pkt (112 pkt przed i 374 pkt po uzyskaniu stopnia doktora). **Indeks Hirscha** według baz Scopus oraz Web of Science wynosi **18**. Sumaryczna liczba cytowań zgodnie z bazą Scopus wynosi **900** (**780** bez autocytowań) oraz według Web of Science **809** (**692** bez autocytowań). Jestem również współautorką dwóch **zgłoszeń patentowych**. W Tabeli 1 przedstawiłam dotychczasowy dorobek publikacyjny (na dzień 20.08.2025). Wyniki realizowanych przeze mnie badań były prezentowane jako autor lub współautor na 10 zagranicznych i 22 krajowych konferencjach naukowych.

Badania naukowe, których wyniki zostały dotychczas opublikowane zrealizowałam we współpracy z krajowymi ośrodkami naukowymi (**Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich w Poznaniu, Politechnika Poznańska, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu**) oraz zagranicznymi (**Norwegian Institute of Bioeconomy Research, Technical University in Zvolen, Albstadt-Sigmaringen University**). Odbyłam dwa staże naukowe: krajowy w **Zakładzie Biologii Komórki Wydziału Biologii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu** oraz zagraniczny w **Institute of Forestry and Rural Engineering of Estonian University of Life**. Byłam wykonawcą w projekcie naukowym finansowanym z Funduszy Norweskich (**Norway Grants**) w ramach programu Polsko-Norweskiej Współpracy Badawczej realizowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, który był realizowany we współpracy z Uniwersytetem im. Adama Mickiewicza w Poznaniu (Wydział Chemii) oraz Norwegian Forest and Landscape Institute oraz kierownikiem (osobą realizującą działanie badawcze) w projekcie **MINIATURA 3**. Wykonałam **150 recenzji artykułów** w czasopismach naukowych oraz **projektu naukowego**

dla National Institute of Chemistry ze Słowenii. Byłam **promotorem pomocniczym** w zakończonym przewodzie doktorskim **dr inż. Marty Bloch**, a aktualnie pełnię rolę promotora pomocniczego w przewodzie doktorskim **mgr Karoliny Stefanowskiej** (IV rok Szkoły Doktorskiej UPP w dyscyplinie nauki leśne). Za działalność naukową w 2023 roku otrzymałam **Stypendium Ministra Edukacji i Nauki dla wybitnych młodych naukowców**.

**Tabela 1.** Zestawienie dotychczasowego dorobku publikacyjnego prezentujące liczbę publikacji, punktów MNiSW/MEiN oraz *Impact factor* z podziałem na okres przed i po uzyskaniu stopnia doktora

	Przed uzyskaniem stopnia doktora			Po uzyskaniu stopnia doktora			Razem		
	<i>N</i>	<i>IF</i>	<i>punkty</i>	<i>N</i>	<i>IF</i>	<i>punkty</i>	<i>N</i>	<i>IF</i>	<i>punkty</i>
Publikacje naukowe w czasopismach z JCR	2	4,967	55	58	218,005	7210	60	222,972	7265
Publikacje naukowe recenzowane spoza bazy JCR	12	-	106	16	-	374	28	-	480
Publikacje popularno-naukowe, rozdziały w monografiach oraz recenzowane materiały konferencyjne	6	-	6	4	-	-	10	-	6
<b>SUMA</b>	<b>20</b>	<b>4,967</b>	<b>167</b>	<b>78</b>	<b>218,005</b>	<b>6864</b>	<b>98</b>	<b>222,972</b>	<b>7751</b>

Magdalena Woźniak