

## **ZAŁĄCZNIK 3**

Autoreferat

dr inż. Danuta Matykiewicz

# Autoreferat

**Politechnika Poznańska**

Wydział Inżynierii Mechanicznej

Instytut Technologii Materiałów

Zakład Tworzyw Sztucznych

Poznań, 2021

## Spis treści

1. Imię i nazwisko.....	2
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe.....	2
3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.....	2
4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy.....	3
4.1. Spis prac stanowiących jednotematyczny cykl artykułów naukowych.....	3
4.2. Omówienie osiągnięcia naukowego oraz osiągniętych celów prac badawczych.....	5
5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.....	23
6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.....	23
6.1. Osiągnięcia dydaktyczne.....	23
6.2. Osiągnięcia organizacyjne.....	25
6.3. Popularyzacja nauki.....	26
7. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych.....	26
7.1. Tematyka pozostałych prac naukowo-badawczych.....	26
7.2. Przebieg pracy naukowej.....	27
7.3. Wskaźniki bibliograficzne.....	31
7.4. Patenty i zgłoszenia patentowe.....	32
7.5. Nagrody i wyróżnienia za realizowane prace naukowe i badawczo-rozwojowe.....	32
7.6. Konferencje naukowe.....	33
7.7. Realizacja projektów badawczych.....	37
7.8. Działalność recenzencka.....	38
7.9. Staże w ośrodkach naukowych oraz przedsiębiorstwach.....	39
7.10. Współpraca z przemysłem.....	40

### 1. Imię i nazwisko.

**Danuta Matykiewicz**

Nazwisko rodowe: Chmielewska

### 2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe.

27.11.2015

#### **Doktor nauk technicznych**

Politechnika Poznańska, Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania

Dziedzina: nauki techniczne

Dyscyplina: inżynieria materiałowa

Tytuł rozprawy doktorskiej: *Struktura i właściwości żywic epoksydowych modyfikowanych metalosilseskwioksanami,*

promotor: prof. dr hab. inż. Tomasz Sterzyński,

recenzenci: prof. dr hab. inż. Marian Zaborski,

prof. dr hab. inż. Marian Żenkiewicz.

15.07.2010

#### **Magister inżynier**

Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej

Kierunek: Technologia Chemiczna

Specjalizacja: Biotechnologia przemysłowa

*Badania właściwości poli(chlorku winylu) modyfikowanego nanocząsteczkami,*

promotor: dr hab. Kazimierz Piszczek

### 3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.

01.10.2016- obecnie

Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej

Stanowisko: **Adiunkt**

01.10.2013-30.09.2016

Politechnika Poznańska, Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania

Stanowisko: **Asystent**

#### 4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy.

Osiągnięcie naukowe wynikające z **art. 219 ust. 1 pkt. 2** ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668) stanowi cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych pt. „*Właściwości hybrydowych kompozytów epoksydowych wzmacnianych napelniaczami włóknistymi i proszkowymi jako materiałów konstrukcyjnych*”, w tym 10 publikacji w czasopismach posiadającym IF i znajdującym się w bazie JCR oraz 1 rozdział w monografii.

##### 4.1. Spis prac stanowiących jednotematyczny cykl artykułów naukowych

Jednotematyczny cykl 11 publikacji (w porządku chronologicznym ukazywania się prac).

*Artykuły opublikowane w czasopismach posiadających IF i znajdujących się w bazie JCR (część A wykazu czasopism naukowych wg listy MNiSW).*

**A.1. D. Matykiewicz**, B. Przybyszewski, R. Stanik, A. Czulak, *Modification of glass reinforced epoxy composites by ammonium polyphosphate (APP) and melamine polyphosphate (PNA) during the resin powder molding process*, Composites Part B: Engineering, 108, 224-231, **2017**. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesb.2016.10.003>.

(IF: 4,92; 45 pkt MNiSW, mój udział w pracy: 70%), autor korespondencyjny.

**A.2. D. Matykiewicz**, K. Lewandowski, B. Dudziec, *Evaluation of thermomechanical properties of epoxy–basalt fibre composites modified with zeolite and silsesquioxane*, Composite Interfaces 24:5, 489-498, **2017**. <https://doi.org/10.1080/09276440.2016.1235905>.

(IF: 1,048; 25 pkt MNiSW, mój udział w pracy: 80%), autor korespondencyjny.

**A.3. D. Matykiewicz**, M. Barczewski, D. Knapski, K. Skórczewska, *Hybrid effects of basalt fibers and basalt powder on thermomechanical properties of epoxy composites*, Composites Part B: Engineering, 125, 157-164, **2017**. <http://doi.org/10.1016/j.compositesb.2017.05.060>.

(IF: 4,92; 45 pkt MNiSW, mój udział w pracy: 55%), autor korespondencyjny.

**A.4. D. Matykiewicz**, M. Barczewski, S. Michałowski, *Basalt powder as an eco-friendly filler for epoxy composites: Thermal and thermo-mechanical properties assessment*, Composites Part B: Engineering, 164, 272-279, **2019**.

<http://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.11.073>.

(IF: 4,92; 45 pkt MNiSW, mój udział w pracy: 50%), autor korespondencyjny.

**A.5. D. Matykiewicz**, M. Barczewski, *On the impact of flax fibers as an internal layer on the properties of basalt-epoxy composites modified with silanized basalt powder*, Composites Communications, 20, 100360, **2020**. <https://doi.org/10.1016/j.coco.2020.100360>.

(**IF: 4,915**; 70 pkt MNiSW, mój udział w pracy: 90%), *autor korespondencyjny*.

**A.6. D. Matykiewicz**, *Hybrid Epoxy Composites with Both Powder and Fiber Filler: A Review of Mechanical and Thermomechanical Properties*, Materials, 13(8), 1802, **2020**. <https://doi.org/10.3390/ma13081802>.

(**IF: 3,057**; 140 pkt MNiSW, mój udział w pracy: 100%), *autor korespondencyjny*.

**A.7. D. Matykiewicz**, *Biochar as an Effective Filler of Carbon Fiber Reinforced Bio-Epoxy Composites*, Processes, 8(6), 724, **2020**. <https://doi.org/10.3390/pr8060724>.

(**IF: 2,753**; 70 pkt MNiSW, mój udział w pracy: 100%), *autor korespondencyjny*.

**A.8. D. Matykiewicz**, K. Sałasińska, M. Barczewski, *The Effect of Poly(Vinyl Chloride) Powder Addition on the Thermomechanical Properties of Epoxy Composites Reinforced with Basalt Fiber*, Materials, 13(16), 3611, **2020**. <https://doi.org/10.3390/ma13163611>.

(**IF: 3,057**; 140 pkt MNiSW, mój udział w pracy: 70%), *autor korespondencyjny*.

**A.9** M. Barczewski, **D. Matykiewicz**, M. Szostak, *The effect of two-step surface treatment by hydrogen peroxide and silanization of flax/cotton fabrics on epoxy-based laminates thermomechanical properties and structure*, Journal of Materials Research and Technology, 9(6), 13813-13824, **2020**. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.09.120>.

(**IF: 5,289**; 100 pkt MNiSW, mój udział w pracy: 60%).

**A.10. D. Matykiewicz**, O. Mysiukiewicz, *Epoxy composites reinforced with natural fillers such as flax fiber and linseed cakes*, Polimery 65, 11-12, 828-832, **2020**. [dx.doi.org/10.14314/polimery.2020.11.11](https://doi.org/10.14314/polimery.2020.11.11).

(**IF: 1,097**; 40 pkt MNiSW, mój udział w pracy: 80%), *autor korespondencyjny*.

### ***Rozdział w monografii naukowej***

**M.1. D. Matykiewicz**, M. Bogusławski, *Hybrid Epoxy Composites Reinforced with Flax Fiber and Basalt Fiber* w: B. Gapiński, M. Szostak, V. Ivanov, *Advances in Manufacturing II. MANUFACTURING 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, v 4, 639-650, Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-16943-5\\_55](https://doi.org/10.1007/978-3-030-16943-5_55).

(20 pkt MNiSW, mój udział w pracy: 80%), *autor korespondencyjny*.

Objaśnienia symboli w numeracji powyższych prac:

A - artykuł opublikowany w czasopiśmie posiadającym IF i znajdującym się w bazie JCR (część A wykazu czasopism naukowych wg listy MNiSW)

M - rozdział w monografii naukowej

Sumaryczny Impact Factor artykułów ujętych w jednotematycznym cyklu publikacji: **35,976**.

Sumaryczna liczba punktów MNiSW artykułów ujętych w jednotematycznym cyklu publikacji: **740**.

Wartość Impact Factor (IF) i punktacja Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (pkt MNiSW) zostały podane zgodnie z rokiem ukazania się artykułów, natomiast dla publikacji z lat 2018-2019 podano IF za rok 2017 oraz liczbę punktów MNiSW ujętych w ujednoliconym wykazie czasopism z 26 stycznia 2017 roku za rok 2016. Oświadczenia wszystkich współautorów publikacji potwierdzające ich indywidualny wkład w powstanie dorobku stanowiącego osiągnięcie i wymienionych w punkcie 4.1., zamieszczone zostały w zał. 5.

## **4.2. Omówienie osiągnięcia naukowego oraz osiągniętych celów prac badawczych**

### **Wprowadzenie**

Powszechnie stosowanymi materiałami konstrukcyjnymi w zależności od stawianych im wymagań są metale, ceramika i tworzywa sztuczne. Kompozyty wzmocnione włóknami stały się bardzo powszechne w ostatnich latach i szeroko zastąpiły popularne materiały metaliczne oraz polimerowe w wielu gałęziach przemysłu. Są stosowane jako elementy konstrukcyjne w samolotach, samochodach, łodziach i jako materiały wykończeniowe w budownictwie. Intensyfikacja działań ekologicznych wpływa na zwiększenie wykorzystania do ich produkcji włókien naturalnych, wytworzonych z roślin takich jak juta, len, konopie, jak również włókien mineralnych cechujących się zmniejszonym oddziaływaniem środowiskowym, w tym bazaltowych. Przykładowo włókna lnu cechują się niską gęstością i dużą wytrzymałością oraz wykazują dobre właściwości termoizolacyjne. Natomiast włókna bazaltowe uzyskiwane podczas topienia skały wulkanicznej charakteryzują się wysoką stabilnością termiczną, odpornością chemiczną i znaczną wytrzymałością mechaniczną, a duża średnica włókien (10-20  $\mu\text{m}$ ) pozwala na ich bezpieczne przetwarzanie przy zmniejszonym ryzyku przenikania do organizmu drogami oddechowymi. Te zalety sprawiają, że włókna naturalne stanowią konkurencję dla tańszych i powszechnie

stosowanych włókien szklanych. Żywice epoksydowe, ze względu na prostotę przetwarzania i wysoką kompatybilność z różnymi typami napełniaczy z powodzeniem stosowane są jako osnowa polimerowa w materiałach kompozytowych. Właściwości utwardzonej żywicy epoksydowej zależą od struktury chemicznej utwardzacza, warunków procesu utwardzania oraz wpływu i reaktywności modyfikatorów. Dlatego dobór odpowiedniego napełniacza w celu uzyskania kompozytu o wymaganej odporności chemicznej i cieplnej oraz korzystnych właściwościach mechanicznych jest nadal aktualnym przedmiotem wielu badań naukowych.

Hybrydowe kompozyty polimerowe zawierają napełniacze lub/i modyfikatory, o różnej strukturze, kształcie i funkcjonalności, dzięki którym charakteryzują się wyjątkowymi właściwościami użytkowymi, technologicznymi oraz przetwórczymi. Projektowanie materiału kompozytowego wymaga zatem wyboru odpowiedniej technologii wytwarzania, metody obróbki mechanicznej uwzględniającej potencjalne ograniczenia wynikające z odporności termicznej i trwałości wszystkich składników kompozycji oraz ich zdolności do łączenia się ze sobą. Modyfikacja osnowy epoksydowej prowadzi głównie do poprawy jej właściwości termicznych oraz przyczepności do warstw włókien wzmacniających w postaci tkanin. Wśród powszechnie stosowanych modyfikatorów należy wymienić nanorurki węglowe, grafen, nanoglinki, krzemionkę i naturalne napełniacze. Ponadto modyfikacji poddaje się tkaniny włókniste występujące między innymi w formie jednokierunkowej, wielokierunkowej, dwuosiowej o splocie płóciennym, diagonalnym i satynowym. Do powszechnie stosowanych metod wytwarzania kompozytów warstwowych należą technologia laminowania ręcznego, technologia formowania z użyciem infuzji żywicy wspomagana próżniowo oraz technologie prasowania na gorąco lub na zimno.

Ze względu na mnogość czynników mających wpływ na końcowe właściwości gotowego wyrobu kompozytowego poznanie zależności technologicznych oraz interakcji mogących występować pomiędzy wszystkimi składnikami jest istotne w kontekście poszerzenia wiedzy z zakresu inżynierii mechanicznej, obejmującej **projektowanie i wytwarzanie nowych materiałów konstrukcyjnych**.

Wielu naukowców opisuje właściwości epoksydowych warstwowych kompozytów hybrydowych zawierających różne typy wzmocnienia włóknistego, w formie tkanin o odmiennych właściwościach jak i strukturze, a także modeluje właściwości gotowego laminatu poprzez dobór ilości poszczególnych warstw i ich ukierunkowania. Innym sposobem uzyskania pożądanych właściwości materiału kompozytowego jest przeprowadzenie celowej modyfikacji osnowy epoksydowej poprzez wprowadzenie do niej reaktywnych bądź niereaktywnych nano- lub mikrometrycznych dodatków. Ponadto zmieniając parametry



procesu wytwarzania kompozytów takich jak czas, temperatura utwardzania żywicy oraz parametry technologiczne, w tym ciśnienie docisku podczas prasowania, ciśnienie podczas procesu infuzji, czy czas oddziaływania podciśnienia w czasie odprowadzania nadmiaru żywicy i powietrza w technikach próżniowych, możliwe staje się kontrolowanie procesu produkcyjnego w celu uzyskania wyrobów o zdefiniowanych właściwościach i strukturze.

Połączenie ze sobą jednoczesnej modyfikacji osnowy epoksydowej, poprzez wprowadzenie modyfikatorów do ciekłego monomeru, a następnie łączenie jej z napełniaczem włóknistym stwarza możliwość rozszerzenia zakresu zastosowania warstwowych kompozytów poprzez nadanie im dodatkowych właściwości niemożliwych do uzyskania przy użyciu konwencjonalnych metod wytwarzania. Dlatego też istotnym jest analiza dostępnych modyfikatorów oraz napełniaczy, które zastosowane w określony sposób pozwolą nadać kompozytom nowe cechy funkcjonalne, jak i użytkowe oraz nie będą znacząco wpływać na utrudnienia procesu technologicznego. Dobór odpowiedniej metody przygotowania i mieszania dodatków o wymiarach mikro lub nanometrycznych z żywicą epoksydową stanowi nadal wyzwanie dla naukowców i wymaga w każdym przypadku przeprowadzenia wnikliwej analizy całego procesu technologicznego, w celu doboru optymalnych parametrów wytwarzania kompozytów warstwowych o określonej zawartości napełniacza włóknistego.

## **Cel naukowy**

Wzrost zastosowania kompozytów polimerowych jako lekkich materiałów konstrukcyjnych o wysokiej wytrzymałości w przemyśle motoryzacyjnym, lotniczym, morskim i budowlanym wpływa na intensyfikację badań stosowanych i przemysłowych w zakresie poszukiwania nowych rozwiązań materiałowych i technologicznych związanych z wytwarzaniem tych materiałów.

Żywica epoksydowa ze względu na dobre właściwości przetwórcze oraz kompatybilność z różnymi typami napełniaczy proszkowych i włóknistych często stanowi osnowę polimerową odpowiedzialną za nadanie kształtu oraz przenoszenie obciążeń mechanicznych pomiędzy wszystkimi materiałami stanowiącymi kompozyt. Może ona występować w formie proszku, pasty lub cieczy, które w wyniku procesu utwardzania stają się twardym i nietopliwym tworzywem, a jego właściwości w dużej mierze zależą od typu zastosowanego utwardzacza, parametrów prowadzenia procesu oraz zastosowanej technologii przetwarzania. Utwardzone tworzywo epoksydowe charakteryzuje się wysoką odpornością na czynniki atmosferyczne i chemiczne. Jednocześnie materiał ten cechuje się wysoką

kruchością, co stwarza konieczność łączenia go z różnymi napełniaczami w formie włókien, tkanin lub mat, w efekcie umożliwiając uzyskanie materiałów konstrukcyjnych o dużej sztywności i wytrzymałości. Na finalne właściwości kompozytu składają się właściwości poszczególnych jego składników, które w wyniku odpowiedniego ich połączenia i ułożenia tworzą materiały o specyficznych cechach. Kompozyty hybrydowe to klasa materiałów, które dzięki zastosowaniu w technologii ich wytwarzania więcej niż jednego typu wzmocnienia (włóknistego lub proszkowego) charakteryzują się unikalnymi właściwościami użytkowymi.

Możliwość kształtowania cech użytkowych i funkcjonalnych żywicy epoksydowej poprzez jednoczesne wprowadzanie do niej różnego typu napełniaczy, była podstawą do podjęcia prac naukowych przedstawionych w niniejszym autoreferacie.

**Celem naukowym przeprowadzonych badań było poszerzenie wiedzy dotyczącej technologii wytwarzania i właściwości nowych hybrydowych kompozytów epoksydowych wzmocnianych napełniaczami proszkowymi, jak i włóknistymi oraz wytypowanie spośród nich materiałów o najkorzystniejszych właściwościach użytkowych.**

Przeprowadzone badania obejmowały ocenę właściwości epoksydowych kompozytów warstwowych wzmocnianych różnego typu włóknami w formie tkanin. W pracach użyto głównie mineralne włókna bazaltowe, następnie włókna lniane oraz włókna szklane i węglowe. Analizowano możliwości zastosowania napełniaczy proszkowych takich jak pył bazaltowy, zeolit, środki zmniejszające palność, biowęgiel, poli(chlorek winylu) i makuchy lniane do modyfikacji żywicy epoksydowej, która następnie została wykorzystana w procesie laminowania. Dla wprowadzanych do osnowy polimerowej dodatków wytypowano ich optymalną zawartość w odniesieniu do zmian właściwości termomechanicznych, mechanicznych i termicznych a zarazem uwzględniając również ich wpływ na wybraną technikę przetwórczą.

Przedstawione przeze mnie w autoreferacie wyniki prac doświadczalnych, można podzielić na dwa działania badawcze **D.1** i **D.2** obejmujące technologie wytwarzania i oceny właściwości hybrydowych kompozytów epoksydowych wzmocnianych włóknami pochodzenia naturalnego takimi jak włókna bazaltowe i lniane (**D.1**), jak również włóknami syntetycznymi takimi jak włókna szklane i węglowe (**D.2**). Do grupy modyfikatorów proszkowych zastosowanych do wytworzenia kompozytów w ramach działania **D.1** można zaliczyć napełniacze mineralne takie jak pył bazaltowy i zeolit, napełniacz naturalny w postaci makuchów lnianych i napełniacz syntetyczny w formie poli(chlorku winylu). Ponadto oceniono jak zawartości zarówno włókien bazaltowych i włókien lnianych wpływają

na właściwości kompozytów epoksydowych. Przeanalizowano również wpływ modyfikacji powierzchniowej włókien naturalnych na właściwości laminatów epoksydowych. W ramach działania **D.2** wykonano dwa rodzaje hybrydowych kompozytów epoksydowych: wzmacnianych tkaniną szklaną i modyfikowanych środkami zmniejszającymi palność na bazie polifosforanów oraz wzmacnianych tkaniną węglową i modyfikowanych biowęglem. Podsumowaniem prowadzonych prac badawczo-naukowych jest artykuł przeglądowy, w którym zebrano cenne informacje na temat właściwości mechanicznych, i termomechanicznych hybrydowych kompozytów epoksydowych wytworzonych przy jednoczesnym użyciu napełniaczy proszkowych i włóknistych.

### **Szczegółowe omówienie prowadzonych badań i osiągniętych rezultatów**

Pierwsza część prac nad materiałami kompozytowymi w ramach działania **D.1** objęła modyfikacje żywicy epoksydowej przy użyciu napełniaczy proszkowych pochodzenia mineralnego, stosując dedykowany schemat mieszania wytworzyłam serię kompozytów modyfikowanych pyłem bazaltowym (PB) w stężeniu od 10 do 40 % mas. i oceniłam ich właściwości termomechaniczne [A4]. W pracy jako technologię wytwarzania kompozytu zastosowano mieszanie szybkoobrotowe żywicy z napełniaczem mineralnym w układzie narzędziowym sprzężonym z systemem do odgazowywania kompozycji. Tak uzyskaną kompozycję łączono z utwardzaczem i zastosowano do odlewania kształtek w specjalnie zaprojektowanej warstwowej formie teflonowej, którą później po 24 h poddano procesowi wygrzewania w temperaturze 80°C w celu dotwardzenia wytworzonych kompozytów. Nowością zaproponowaną przeze mnie w przedstawionej pracy było zastosowanie niskokosztowego napełniacza bazaltowego o drobnym ziarnie, zawierającego fazy twarde takie jak diopsyd i augit do poprawy właściwości użytkowych żywicy epoksydowej. Właściwości termiczne kompozytów określono stosując technikę termogravimetrii (TGA), która umożliwiła również ocenę degradacji materiału epoksydowego zgodnie z metodyką Kissingera i Ozawy. Pył bazaltowy charakteryzuje się wysoką stabilnością termiczną, co przełożyło się na poprawę tej właściwości materiałów kompozytowych wytworzonych z jego udziałem. Zaobserwowano, że materiały zawierające największe stężenie pyłu bazaltowego (40% mas.) wykazywały najwyższą stabilność termiczną. Również, co należy podkreślić obecność tego napełniacza znacznie obniżyła prędkość degradacji termicznej żywicy epoksydowej. Potwierdziły to wyniki doświadczalne przeanalizowane metodą Kissingera i Ozawy, gdzie wartość energii aktywacji procesu degradacji ( $E_a$ ) wzrosła wraz z zawartością

napelnicza mineralnego w osnowie epoksydowej. Odpornosc ogniowa oceniono metoda UL-94, a probki modyfikowane pylem bazaltowym sklasyfikowano jako samogasnace. Przy uzyciu mikrokalorymetru potwierdzono natomiast znaczne obnizenie sie calkowitej energii wydzielanego ciepla w procesie spalania (THR). Ocena struktury kompozytow metoda elektronowej mikroskopii skaningowej potwierdzila rownomierne rozproszenie czastek napelnicza w osnowie epoksydowej, a obliczony wzrost stopnia gestosci usieciowania ( $V_e$ ) dla modyfikowanych materialow umozliwil w posredni sposob zweryfikowanie poprawnej adhezji pomiedzy osnowa polimerowa i napelniczem. Ponadto, dodatek PB do zywicy epoksydowej poprawil jej twardosc oraz sztywnosc, co przelezilo sie na wzrost wartosci modulu zachowawczego  $G'$ , wyznaczonego podczas analizy DMTA (z 1.17 GPa do 1.80 GPa). Istotnym ze wzgledow technologicznych i uzytkowych jest poszukiwanie dodatkow do zywicy epoksydowej, ktore korzystnie poprawia jej odpornosc termiczna i wlasciwosci mechaniczne, bez pogorszenia wlasciwosci przetworczych umozliwiajacych zastosowanie jej jako osnowy w materialach kompozytowych. Dlatego tez, uzyskane w pracy wyniki stania z znaczący wkład w rozwój dyscypliny, jaką jest inzynieria mechaniczna.

Korzystne efekty uzyskane po wprowadzeniu pyłu bazaltowego do osnowy epoksydowej byly podstawa do wytworzenia kompozytow wzmacnianych tkanina bazaltowa [A3]. Kompozyty polimerowe wzmacniane czastkami o roznyym ksztalcie, strukturze i wlasciwosciach mozna sklasyfikowac jako materialy hybrydowe o specyficznych wlasciwosciach. Jednym z kluczowych zagadnien opisywanych przeze mnie w ramach jednotematycznego osiagniecia naukowego bylo wytworzenie serii hybrydowych kompozytow epoksydowych wzmacnianych zarowno napelniczami w formie proszkowej jak i wloknistej. Celem prowadzonych prac w ramach dzialania D.1 byla ocena wplywu dodatku pyłu bazaltowego o sredniej wielkosc czastek 10  $\mu\text{m}$  w stezeniach 2,5; 5; 10 % mas. na wlasciwosci termomechaniczne epoksydowych kompozytow warstwowych wzmacnianych wloknem bazaltowym. Jednoczesne zastosowanie dwuch materialow bazaltowych w roznej formie nie bylo dotychczas przedstawiane w literaturze, dlatego efekty tej pracy stania istotny wkład w rozszerzenie wiedzy na temat materialow hybrydowych. W ramach pracy wykonalam szesciowarstwowe laminaty, analizujac ich struktura oraz interakcje pomiedzy wszystkimi skladowymi kompozytu. Stosujac wczesniej opracowany i opisany w artykule [A4] schemat mieszania do zywicy epoksydowej wprowadzono PB, nastepnie polaczono z utwardzaczem i tak wytworzona kompozycje zastosowano do przesykania kolejno ulozonych warstw wzmocnienia technika laminowania ręczonego, przy uzyciu plaskich teflonowych form. Zastosowana technologia wytwarzania umozliwia dokladne przesykanie

kolejno układanych warstw przy użyciu specjalnych wałków pozwalających usunąć nadmiar powietrza z laminatu i uzyskać jednorodną strukturę, pozbawioną wad strukturalnych takich jak pustki oraz pory. Jest to szczególnie istotne w przypadku wytwarzania nowych materiałów o niesklasyfikowanych wcześniej właściwościach. Analiza mikroskopowa potwierdziła równomierne rozproszenie napełniacza proszkowego do ilości 5 % mas. w kompozycie oraz odpowiednie połączenie włókien z osnową. Uzyskanie efektu wzmocnienia międzyfazowego pomiędzy zastosowaną tkaniną bazaltową a osnową polimerową było niezbędne do skutecznego przenoszenia naprężenia między żywicą a włóknem. Najkorzystniejsze właściwości mechaniczne (wzrost wytrzymałości na rozciąganie o 10 MPa) i termomechaniczne (wzrost wartości modułu zachowawczego  $G'$  z 2.96 GPa do 3.40 GPa) uzyskano dla materiałów o najmniejszej zawartości modyfikatora proszkowego (2,5 % mas.). Dodatek pyłu bazaltowego wpłynął na poprawę sztywności kompozytów, założono że obecność cząstek PB w osnowie epoksydowej, może blokować ruch łańcuchów polimerowych w podwyższonej temperaturze, co potwierdza wzrost wartości modułu zachowawczego  $G'$  kompozytów w stosunku do próbki referencyjnej. Ponadto zastosowana analiza kruchości zgodnie z metodyką zaproponowaną przez Brostowa potwierdziła, że wprowadzenie niewielkiej ilości dodatku proszkowego nie wpływa negatywnie na kruchość badanych materiałów. Innym korzystnym efektem wprowadzenia pyłu bazaltowego do osnowy epoksydowej była poprawa stabilności termicznej kompozytów zarówno w atmosferze azotu, jak i powietrza oraz opóźnienie szybkości ich degradacji termicznej. Dla kompozytu o zawartości 2,5 % mas. pyłu bazaltowego odnotowano wzrost stabilności termicznej w atmosferze powietrza aż o ok. 40°C. Może to być znacząca zaleta, w przypadku zastosowania modyfikowanych materiałów warstwowych jako elementów konstrukcyjnych. Należy podkreślić, że uzyskane w ramach pracy wyniki umożliwiły wytypowanie hybrydowego kompozytu epoksydowego wzmocnianego mineralnym napełniaczem bazaltowym w formie zarówno proszku jak i włókien o najkorzystniejszych właściwościach.

W kolejnych badaniach prowadzonych w celu poprawy kompatybilności pyłu bazaltowego z osnową polimerową zastosowałam proces silanizacji PB i tak uzyskany modyfikator w ilości 2,5; 5 i 10 % mas. użyłam do wytworzenia kompozytów epoksydowych wzmocnianych tkaniną bazaltową i lnianą [A5]. Podczas silanizacji, grupy etoksylove ze środka sprzęgającego, hydrolizują w wodzie, tworząc silanol, który może reagować z grupą -OH obecną na powierzchni pyłu bazaltowego, co potwierdziła analiza spektrofotometryczna FTIR. Modyfikowany pył bazaltowy łączono z żywicą przy użyciu mieszadła szybkoobrotowego, a następnie tak uzyskaną kompozycję odgazowywano, łączono

z utwardzaczem oraz ponownie odgazowywano. Podczas projektowania układu warstw kompozytu w odniesieniu do właściwości włókien, jako wewnętrzną warstwę zastosowano lekkie włókna lniane (2 warstwy), charakteryzujące się dobrymi właściwościami izolacyjnymi. Natomiast jako warstwę zewnętrzną użyto sztywne włókna bazaltowe, o wysokiej odporności termicznej i wytrzymałości na rozciąganie. Wszystkie zastosowane materiały przed procesem wytwarzania poddano suszeniu w celu usunięcia pozostałości wilgoci. Sześciowarstwowe kompozyty wytworzono technologią laminowania ręcznego na płaskich teflonowych formach. Co istotne, zastosowanie jako rdzenia włókien lnianych nie wpłynęło negatywnie na właściwości mechaniczne kompozytów takie jak wytrzymałość na rozciąganie (~200 MPa) w porównaniu do wytrzymałości kompozytów wykonanych tylko z włókna bazaltowego i modyfikowanych PB (~200 MPa), opisanych w pracy [A3]. Odpowiednia adhezja pomiędzy napełniaczami proszkowymi i włóknistymi a kruchą osnową epoksydową ma kluczowe znaczenie dla uzyskania najkorzystniejszych właściwości kompozytów, dlatego też metodą mikroskopii SEM oceniono połączenie wszystkich składników kompozytu. Dla badanych kompozytów zaobserwowano pokrycie włókien bazaltowych pyłem bazaltowym, co potwierdza korzystny efekt zastosowania procesu silanizacji. Wartość wytrzymałości na zginanie modyfikowanych kompozytów również uległa poprawie lub była zbliżona do próbki odniesienia. Ponadto w przypadku kompozytów z wysoką zawartością silanizowanego proszku bazaltowego (10% mas.), nastąpił znaczny wzrost modułu zachowawczego  $G'$  (z 3.62 GPa do 4.5 GPa), co świadczy o dużej sztywności tego materiału w porównaniu do próbki odniesienia. Mimo wprowadzenia dużej ilości napełniacza proszkowego do osnowy epoksydowej wyznaczona temperatura zeszklenia wszystkich badanych materiałów była na podobnym poziomie. Ponadto w pracy potwierdzono, że połączenie naturalnego włókna roślinnego i włókna mineralnego jest alternatywą dla włókien syntetycznych, stosowanych w kompozytach polimerowych mogącą przynieść wiele korzyści środowiskowych i ekonomicznych. Również udowodniono, że proces modyfikacji powierzchniowej napełniacza proszkowego przyczynia się do poprawy połączenia wszystkich składników w kompozycie przekładając się na korzystniejsze właściwości mechaniczne i termomechaniczne badanych materiałów konstrukcyjnych.

Kolejnym typem hybrydowego kompozytu opracowanego przeze mnie w ramach prezentowanego osiągnięcia naukowego i działania **D.1** jest kompozyt epoksydowy wzmocniany tkaniną bazaltową i modyfikowany zeolitem oraz bis(heptafenyloaluminosilsekwioxanem) –(AlPOSS) [A2]. Metodą laminowania ręcznego wykonano dziesięciowarstwowe kompozyty wzmocniane tkaniną bazaltową. Zastosowana

technologia wytwarzania obejmowała mieszanie mechaniczne przy użyciu szybkoobrotowego mieszadła oraz komory próżniowej. Proces mieszania prowadzono dwuetapowo, wprowadzając w pierwszym etapie silseskwioxan, a następnie zeolit. Tak wytworzoną kompozycję łączono z utwardzaczem i zastosowano do przesycania kolejnych warstw tkaniny wzmacniającej. Wielościennie oligomeryczne silseskwioxany są związkami hybrydowymi zbudowanymi z krzemowo- tlenowej klatki, do której przyłączane są reaktywne lub niereaktywne grupy funkcyjne. Nowatorskim rozwiązaniem przedstawionym w pracy było zastosowanie nanometrycznego związku AIPOSS jako promotora adhezji w połączeniu z mikrometrycznym napełniaczem mineralnym do modyfikacji osnowy epoksydowej w hybrydowych kompozytach. W ramach prac badawczych wytworzono dziesięciowarstwowe kompozyty wzmacniane tkaniną bazaltową, modyfikowane krzemooorganicznym związkiem (AIPOSS) w ilości 1% mas. oraz zmienną ilością napełniacza mineralnego - zeolitu (5; 10; 15 % mas.). Metodą mikroskopową potwierdzono odpowiednie rozproszenie napełniaczy w osnowie epoksydowej. Nie zaobserwowano wpływu dodatku zeolitu na wytrzymałość przy rozciąganiu badanych materiałów. Należy jednak podkreślić, że wprowadzenie do osnowy epoksydowej zeolitu przyczyniło się do wzrostu udarności kompozytów (z 138 kJ/m<sup>2</sup> do 188 kJ/m<sup>2</sup>), wynikającej ze zwiększonej adhezji na granicy włókno/polimer. Natomiast dodatek do żywicy modyfikatora AIPOSS z reaktywnymi grupami glinowymi, może działać jako aktywny promotor adhezji pomiędzy osnową polimerową a włóknem. Ponadto na podstawie wyników uzyskanych z analizy termomechanicznej (DMTA) potwierdzono wyższą odporność na zmiany temperatury w zakresie powyżej temperatury zeszklenia dla modyfikowanych kompozytów w porównaniu do próbki referencyjnej. Natomiast metodą termogravimetryczną wykazano korzystny efekt obecności dużej zawartości mineralnego napełniacza (10% mas.) na stabilność termiczną materiałów epoksydowych. Z uzyskanych wyników można wnioskować, że dodatek porowatego napełniacza- zeolitu działa jako wzmocnienie osnowy epoksydowej, poprawiając sztywność oraz stabilność termiczną kompozytów, co jest istotne ze względów użytkowych i aplikacyjnych tych materiałów.

Wpływ typu oraz ilości zastosowanego wzmocnienia w formie tkaniny lnianej jak i bazaltowej na właściwości mechaniczne i termomechaniczne hybrydowych kompozytów epoksydowych opisałam w pracy [M1]. Włókno lniane wykazuje korzystne właściwości izolacyjne oraz charakteryzuje się wysokim stosunkiem wytrzymałości do masy. Natomiast włókno bazaltowe o wysokiej wytrzymałości mechanicznej, stabilności termicznej i chemicznej w ostatnich latach zyskuje na popularności jako materiał wzmacniający dla

tworzyw sztucznych. Kompozyty wytworzono metodą worka próżniowego w celu usunięcia nadmiaru żywicy i redukcji ilości pęcherzy powietrza, powstających podczas procesu laminowania. Wybrana technologia wytwarzania zapewnia uzyskanie kompozytu o jednorodnej strukturze i odpowiednim połączeniu kolejnych warstw wzmacniających. Stosując tkaniny o splocie płóciennym i zbliżonej gramaturze wykonano kompozyty sześciowarstwowe zawierające odpowiednio: włókna bazaltowe, włókna lniane oraz w układzie mieszanym w formie: naprzemiennie ułożonych warstw lnu i warstwy bazaltu, a także dwóch warstw lnu ułożonych wewnątrz i czterech warstw bazaltu na zewnątrz oraz dwóch warstw bazaltu ułożonych wewnątrz i czterech warstw lnu na zewnątrz. Zaprojektowanie próbek badawczych wytworzonych tą techniką umożliwiło pełną weryfikację wpływu zastosowanego napelnacza włóknistego na właściwości mechaniczne i termomechaniczne epoksydowych kompozytów warstwowych. W przypadku kompozytów hybrydowych z włóknem bazaltowym i lnianym wartość wytrzymałości na rozciąganie wzrosła proporcjonalnie ze zwiększaniem ilości warstw bazaltu. Należy podkreślić, że dodatek dwóch warstw sztywnych włókien bazaltowych do kompozytu wzmocnionego włóknem lnianym zwiększa jego wytrzymałość o około 50% (z 72 MPa do 149 MPa). Podobny trend zaobserwowano dla wartości modułu sprężystości badanych materiałów. Dodatek włókna lnianego doprowadził do obniżenia wartości udarności hybrydowych kompozytów epoksydowych. Wynika to z faktu, że włókna bazaltowe są sztywniejsze niż włókno lniane, a także wykazują wyższą odporność na pękanie. Potwierdziły to również wyniki analizy DMTA, gdzie we wszystkich przypadkach dodatek włókna bazaltowego poprawiał wartość modułu zachowawczego badanych kompozytów. Z kolei wartości współczynnika tłumienia  $\tan\delta$  były najwyższe dla kompozytów o większej zawartości włókien lnianych, które lepiej tłumią drgania niż włókna mineralne. Podsumowując: w pracy pokazano sposób projektowania hybrydowych kompozytów warstwowych o zdefiniowanych cechach użytkowych, poprzez dobór zawartości napelnaczy włóknistych o różnej budowie chemicznej i właściwościach.

Celem kolejnej pracy [A9] była ocena wpływu zastosowania podwójnej modyfikacji powierzchniowej tkaniny lniano-bawełnianej na właściwości kompozytów epoksydowych. Włókna poddano obróbce przy użyciu nadtlenu wodoru (utlenianiu) oraz 3-aminopropylotrietoksylicjanu (silaniczacji). Jednoczesne zastosowanie tych dwóch metod modyfikacji nie było dotychczas opisywane w odniesieniu do warstwowych kompozytów epoksydowych wzmacnianych tkaniną lniano-bawełnianą. Udoskonalenie technologii wytwarzania laminatów poprzez przeprowadzenie modyfikacji powierzchniowej napelnacza



włóknistego stanowi korzystne rozwiązanie przetwórcze, prowadzące do poprawy właściwości gotowego wyrobu. Obróbka nadtlaniem wodoru zmienia strukturę włókien i zmniejsza zawartość pektyn i zanieczyszczeń. Z kolei proces silanizacji tworzy na powierzchni włókien warstwę, która może ograniczać ruchliwość segmentów włókien i zmniejszać ich hydrofilowość. Dlatego też, połączenie tych dwóch metod obróbki włókien lniano-bawełnianych pozwoliło na uzyskanie kompozytów epoksydowych o korzystnych właściwościach termomechanicznych. W ramach pracy wykonano trzywarstwowe kompozyty wzmacniane tkaniną poddaną procesowi utleniania, silanizacji, kombinacji tych dwóch procesów oraz bez obróbki. Dla wszystkich kompozytów zawierających modyfikowane włókna odnotowano wzrost wytrzymałości na zginanie, co wynika z większej adhezji na granicy faz polimer-napełniacz. Bardziej rozbudowana powierzchnia włókien bez zanieczyszczeń zwykle skutkuje również lepszym przesyleniem powierzchni napełniacza przez żywicę, co prowadzi do poprawy przyczepności fizycznej w obszarze międzyfazowym. Udarność wszystkich badanych kompozytów była zbliżona. Odnotowano jednak zmiany wartości maksymalnej siły ( $F_{max}$ ) zarejestrowanej podczas analizy. Dla kompozytów zbrojonych włóknem, które poddano dwustopniowej obróbce powierzchniowej, wartość  $F_{max}$  była najwyższa. Również dla kompozytów wzmacnianych napełniaczem włóknistym poddanych podwójnej modyfikacji zaobserwowano zarówno poprawę wytrzymałości na rozciąganie, jak i na zginanie. Należy podkreślić, że dla tych materiałów odnotowano najwyższą wartość temperatury zeszklenia i kruchości. Uzyskane wyniki potwierdzają, że opisana w artykule dwuetapowa metoda modyfikacji tkanin lniano-bawełnianych, obejmująca obróbkę nadtlaniem wodoru i aminosilanem, jest skutecznym sposobem na poprawę właściwości warstwowych kompozytów epoksydowych.

Jednym z napełniaczy naturalnych z grupy materiałów lnianych zastosowanych w moich badaniach były odpady z przemysłu rolno-spożywczego w postaci rozdrobnionych i wysuszonych makuchów lnianych (ML) o średnim rozmiarze cząstek 800  $\mu\text{m}$  [A10]. Zostały one zastosowane jako modyfikator żywicy epoksydowej (w ilości 2,5; 5; 10% mas.) w kompozytach wzmacnianych tkaniną lnianą. W ramach pracy techniką laminowania ręcznego, poprzedzonego specyficzną metodą mieszania zmodyfikowanej kompozycji wytworzono ośmiowarstwowe laminaty i oceniono ich właściwości mechaniczne i termomechaniczne. Dodatek zmielonego makuchu lnianego spowodował wzrost wartości modułu zachowawczego (z 1.8 GPa do 2.0 GPa) dla próbek o niskiej zawartości ML (2,5% mas.). Co istotne, temperatura zeszklenia wszystkich badanych materiałów była na zbliżonym poziomie. Wprowadzenie ML do osnowy epoksydowej obniżyło udarność kompozytów przy

jednoczesnym zwiększeniu ich sztywności i nie wpłynęło na ich stabilność termiczną, twardość i gęstość. Podsumowując można stwierdzić, że kompozyty te mogą być stosowane jako przyjazne dla środowiska, stabilne termicznie materiały o dużej sztywności. Ponadto przeprowadzone badania wykazały, że odpadowy napełniacz naturalny w postaci makuchów lnianych może być z powodzeniem zastosowany przy produkcji laminatów, obniżając ich cenę, a zarazem zwiększając zawartość składników otrzymywanych ze źródeł odnawialnych.

W pracy [A8] opisałam wpływ dodatku poli(chloru winylu) (PVC) jako napełniacza proszkowego na właściwości dziesięciowarstwowych kompozytów epoksydowych wzmocnionych tkaniną bazaltową. Stosując technologię szybkiego mieszania mechanicznego w komorze próżniowej, do ciekłej żywicy wprowadzono PVC, a następnie całość kompozycji łączono z utwardzaczem. Metodą laminowania ręcznego wykonano materiały o zawartości 2,5; 5; 10% mas. PVC o średnim rozmiarze cząstek 250  $\mu\text{m}$ . Niemodyfikowane napełniacze mineralne najczęściej oddziałują fizycznie z osnową polimerową, podczas gdy PVC ze względu na obecny atom chloru (Cl) może reagować z nieusieciowanymi monomerami epoksydowymi. Podobnie jak w wyżej przedstawionych pracach wprowadzenie napełniacza do osnowy epoksydowej korzystnie wpłynęło na właściwości termomechaniczne takie jak moduł zachowawczy  $G'$  (wzrost z 2.87 GPa do 3.26 GPa) oraz wytrzymałość na zginanie (wzrost z 250 MPa do 275 MPa) materiałów hybrydowych. Efekt ten może wynikać z faktu, że dodatek proszku PVC poprawił sztywność i twardość badanych materiałów, umożliwiając uzyskanie kompozytu o określonej funkcjonalności. Ponadto wartości  $G'$  kompozytów w zakresie temperatury powyżej przemiany szklistej, były wyższe niż dla próbki odniesienia, co potwierdza wyższą odporność hybrydowych materiałów na zmiany temperatury podczas ich użytkowania. Dodatkowo dla kompozytów określono wytrzymałość na ścinanie międzywarstwowe (ILSS) i maksymalną siłę zarejestrowaną podczas testu, które również w przypadku modyfikowanych kompozytów były wyższe w porównaniu do próbek referencyjnych. Wyniki te potwierdzają odpowiednie połączenie pomiędzy wszystkimi składnikami kompozytu, mogące być rezultatem reakcji pomiędzy PVC a żywicą, atom Cl może atakować pierścień oksiranowy i wiązać się chemicznie z monomerem epoksydowym. Ponadto wyniki analizy TGA potwierdziły, że dodatek PVC do osnowy epoksydowej opóźnił jej degradację, podnosząc maksymalną temperaturę tego procesu (DTG) średnio o 20°C. W pracy pokazano jeden ze sposobów zagospodarowania PVC i jego recyklatów jako niskokosztowych napełniaczy w kompozycjach polimerowych. Takie zastosowanie tego tworzywa nie było dotychczas raportowane w literaturze, co stanowi o nowości przeprowadzonych prac badawczych.

W ramach działania badawczego **D.2** wykonałam dwa typy kompozytów wzmocnianych włóknem syntetycznym. Pierwszym z nich są kompozyty epoksydowo-szklane modyfikowane środkami obniżającymi palność takimi jak: polifosforan amonu (APP) oraz polifosforan melaminy (PNA) [A1]. Do wytworzenia warstwowych kompozytów epoksydowych o zawartości 50% mas. włókien zastosowano tkaninę szklaną oraz żywicę w formie proszku utwardzaną w podwyższonej temperaturze. Modyfikatory wraz z osnową mieszano w wysokoobrotowym mikserze, a kompozyty wytworzono przy użyciu wydajnego procesu prasowania proszkowej żywicy, co znacznie skróciło czas operacji technologicznych. Zastosowanie technologii szybkiego prasowania w połączeniu z jednoczesną modyfikacją polimeru w produkcji hybrydowych kompozytów warstwowych stanowi również aspekt nowości w prowadzonych badaniach. Każdorazowo do osnowy epoksydowej wprowadzono 5, 10 i 20 % mas. środka obniżającego palność. Metodą ultrasonograficzną potwierdzono jednorodną strukturę wytworzonych materiałów, co jest bardzo istotne ze względu na uzyskanie najwyższej wydajności wprowadzanych środków modyfikujących. Analiza termogravimetryczna dowiodła powstawanie znacznej ilości masy resztkowej pochodzącej od zwęglonego popiołu, tworzącego warstwę ochronną na powierzchni próbek oraz obniżenie prędkości degradacji materiału w próbkach modyfikowanych APP i PNA. Wyniki testu poziomego palenia UL-94 wykazały, że wprowadzenie modyfikatorów zmniejszyło szybkość spalania kompozytów, w porównaniu do laminatu niemodyfikowanego. Ponadto próbka o zawartości 20% mas. PNA wykazała właściwości samogasnące. Należy również podkreślić, że wprowadzenie środków zmniejszających palność pozwoliło zwiększyć wartość indeksu tlenowego z 26 dla próbki referencyjnej do średnio 30 dla próbek modyfikowanych, a najwyższą wydajnością wykazał się polifosforan melaminy, który wprowadzony do żywicy epoksydowej pozwolił na osiągnięcie wartości LOI na poziomie 32. Co istotne ze względów aplikacyjnych wprowadzenie do osnowy epoksydowej środków obniżających palność nie pogorszyło wytrzymałości na rozciąganie, a w niektórych przypadkach zaobserwowano jej wzrost. Podsumowując, dzięki modyfikacjom opisanym w tym artykule kompozyty na bazie żywic epoksydowych mogą być stosowane w branżach o zastrzonych wymogach pożarowych takich jak kolejnictwo czy motoryzacja. Zmodyfikowany materiał osnowy kompozytów w połączeniu z szybkim i bardzo wydajnym procesem prasowania sproszkowanej żywicy stanowi odpowiedź na zapotrzebowanie rynku na lekkie materiały kompozytowe i podkreśla użyteczny charakter prowadzonych badań.

Drugim opracowanym przeze mnie w ramach działania **D.2** typem materiału [A7] był kompozyt epoksydowy wzmocniany włóknem węglowym i modyfikowany biowęglem.

Biowęgiel (BC) to stabilna chemicznie porowata substancja stała otrzymywana w wyniku termicznego rozkładu biomasy, która najczęściej została wykorzystana już przez człowieka i stanowi odpad. Dlatego też, zdefiniowanie nowych ścieżek zagospodarowania BC wpływa korzystnie na poprawę procesu zagospodarowania odpadów pokonsumpcyjnych i poprodukcyjnych. Do wytworzenia sześciowarstwowych kompozytów zastosowano biożywicę epoksydową (37 % zawartości stanowią składniki pochodzenia biologicznego), tkaninę węglową oraz biowęgiel wyprodukowany z biomasy wierzby. Wprowadzenie do żywicy dodatkowej ilości bionapełniacza nie tylko modyfikuje jej właściwości, ale redukuje również jej cenę. Morfologia i właściwości biowęgla są ściśle związane z procesem jego otrzymywania, co daje możliwość doboru cech tego napełniacza do określonych zastosowań. W pracy do osnowy epoksydowej stosując szybkoobrotowe mieszadło wprowadzono 2,5; 5 i 10 % mas. rozdrobnionego BC o średnim rozmiarze cząstek 4-8  $\mu\text{m}$ . Dla zmodyfikowanych kompozytów odnotowano poprawę właściwości termomechanicznych takich jak wzrost wartości modułu zachowawczego  $G'$  (z 2.15 do 2.99 GPa) oraz mechanicznych takich jak wytrzymałość na zginanie (z 275 MPa do 323 MPa) i udarność (z 55.3 kJ/m<sup>2</sup> do 72.7 kJ/m<sup>2</sup>), przy zachowaniu niezmienionej wartości temperatury zeszklenia. Jest to zgodne z doniesieniami literaturowymi opisującymi, że mechaniczne zblokowanie biowęgla w łańcuchach polimeru może przyczyniać się do poprawy właściwości kompozytów. Co istotne, stabilność termiczna kompozytów wzrastała wraz ze wzrostem zawartości biowęgla w osnowie epoksydowej. Ponadto wartości energii degradacji  $E_a$  wyznaczone zgodnie z modelem Kissingera również wzrosły a w przypadku próbki o najwyższej zawartości BC, odnotowano zmianę tej wartości z 136 kJ/mol do 151 kJ/mol. Spośród badanych materiałów najkorzystniejsze właściwości odnotowano dla próbek o największej zawartości BC wynoszącej 10 % mas. Podsumowując: biowęgiel może być z powodzeniem stosowany jako niedrogi napełniacz w kompozytach epoksydowych, co podkreśla użyteczny charakter prowadzonych prac naukowo-badawczych, a jednocześnie stanowi odpowiedź na rosnące zainteresowanie przemysłu na kompozytowe materiały przyjazne środowisku naturalnemu.

Podsumowaniem prowadzonych przeze mnie prac badawczych jest artykuł [A6], w którym przedstawiłam przegląd dotyczący właściwości mechanicznych i termomechanicznych hybrydowych kompozytów epoksydowych z napełniaczami zarówno proszkowymi jak i włóknistymi. W publikacji omówiono właściwości kompozytów epoksydowych wzmacnianych włóknem szklanym, węglowym i bazaltowym oraz zmodyfikowanych różnego typu napełniaczami proszkowymi. Laminaty to określony typ

kompozytu, w którym poszczególne warstwy połączone są ze sobą przy użyciu chemo- lub termoutwardzalnej żywicy polimerowej. Połączone warstwy wzmacniające, tworzące strukturę kompozytową wykazują korzystniejsze właściwości mechaniczne w kierunku wzdłużnym, ale znacznie gorsze w kierunku poprzecznym. Podczas projektowania laminatów jednym z czynników ograniczających może być nieodpowiednia wytrzymałość między warstwami. Modyfikacja osnowy epoksydowej pozwala nadać materiałom określone cechy funkcjonalne oraz w większości przypadków poprawia adhezję pomiędzy składnikami w kompozycie. Ponadto niewłaściwe metody ręcznego laminowania, infuzji lub worka próżniowego często powodują powstanie wad konstrukcyjnych materiału, które zmniejszają jego wytrzymałość mechaniczną i udarność.

W grupie kompozytów wzmacnianych włóknem szklanym jako modyfikatory żywicy epoksydowej często stosuje się krzemionkę, nanorurki węglowe, montmorylonit, grafen, azotek boru, tlenek grafenu, mikrokryształy celulozy i napełniacze naturalne takie jak proszek bambusowy, cząstki łupin kokosa i nasion tamaryndowca. Wprowadzając nanomateriały węglowe do osnowy epoksydowej, najwyższą wydajność dla kompozytów hybrydowych uzyskano stosując stężenia modyfikatorów w zakresie 0,1- 0,5 % mas. uzyskując poprawę właściwości mechanicznych. Wraz ze wzrostem rozmiaru cząstek modyfikatora jego udział procentowy w osnowie epoksydowej wzrasta, a w celu poprawy żądanych właściwości należy stosować stężenia w zakresie 1-5% mas. Dla grupy materiałów epoksydowo-szklanych wyraźną poprawę wytrzymałości na rozciąganie i zginanie kompozytów uzyskano po wprowadzeniu montmorylonitu (MMT) do żywicy epoksydowej jak również mikrokryształów celulozy.

Ze względu na swoją wysoką wytrzymałość, sztywność oraz zdolność do przewodzenia prądu włókna węglowe nadal są powszechnie stosowane jako wzmocnienie kompozytów epoksydowych. Zastosowanie modyfikatorów proszkowych w hybrydowych kompozytach epoksydowo-węglowych nie powinno pogarszać ich pierwotnych właściwości. Podobnie jak w przypadku kompozytów epoksydowo-szklanych stężenie wprowadzonych modyfikatorów było ściśle związane z ich rozmiarem i strukturą. Dodatek do osnowy epoksydowej 1% mas. modyfikatorów takich jak nanorurki węglowe, nanopłytki grafenu czy tlenek grafenu zapewnił poprawę właściwości mechanicznych kompozytów wzmacnianych włóknem węglowym. Również dodatek MMT i nanokrzemionki w tych hybrydowych kompozytach wpłynął korzystnie na właściwości mechaniczne laminatów.

Ostatnim rodzajem scharakteryzowanych w pracy materiałów są kompozyty epoksydowe wzmacniane włóknem bazaltowym, które z powodzeniem zastępują włókna

węglowe i są bardziej przyjazne dla środowiska naturalnego. Podobnie jak w przypadku kompozytów epoksydowo-szklanych i epoksydowo-węglowym, poprawę właściwości mechanicznych hybrydowych materiałów epoksydowo-bazaltowych uzyskano wprowadzając do osnowy polimerowej nanorurki węglowe, nanopłytki grafenu i tlenek grafenu w ilości do 1% mas. oraz nanorurki haloizytowe w ilości do 2 % mas. W przypadku zastosowania płatków grafitu stężenie modyfikatora wyniosło nawet 40 % mas. Korzystne efekty odnotowano również dodając do żywicy epoksydowej dodatki mineralne takie jak: zeolit, pył bazaltowy, turmalin i MMT w połączeniu z dwutlenkiem tytanu.

Podsumowując można stwierdzić, że stosowanie jednoczesnej modyfikacji osnowy epoksydowej przy użyciu napełniaczy proszkowych i włókien wzmacniających uzyskuje się poprawę właściwości końcowych wyrobów kompozytowych takich jak: wytrzymałość na rozciąganie i zginanie, udarność, odporność na pękanie, odporność na uderzenia oraz właściwości tribologiczne. Należy podkreślić, że dla wszystkich analizowanych typów kompozytów hybrydowych nanomodyfikatory na bazie węgla były dodatkiem proszkowym, który znacząco poprawił przyczepność włókna do osnowy, co przełożyło się na uzyskanie efektu wzmocnienia i poprawy właściwości termicznych i mechanicznych.

## **Podsumowanie**

W odniesieniu do aktualnego stanu wiedzy oraz techniki przedstawione przeze mnie oryginalne wyniki prac naukowo-badawczych w zakresie wytwarzania i oceny właściwości hybrydowych kompozytów epoksydowych wzmacnianych napełniaczami proszkowymi, jak i włóknistymi noszą aspekty nowości i mogą być istotnym źródłem informacji zarówno teoretycznych jak i praktycznych.

Do najważniejszych osiągnięć oraz aspektów nowości naukowej, które mają istotne znaczenie dla dyscypliny inżynieria mechaniczna, zawartych w jednotematycznym cyklu publikacji *„Właściwości hybrydowych kompozytów epoksydowych wzmacnianych napełniaczami włóknistymi i proszkowymi jako materiałów konstrukcyjnych”* można zaliczyć:

- Opracowanie technologii wytwarzania kompozytów hybrydowych o korzystnych właściwościach użytkowych, mechanicznych i termomechanicznych poprzez dobór odpowiednich technik przetwórczych, uwzględniających jednoczesną modyfikację żywicy epoksydowej napełniaczami proszkowymi jak i włóknistymi [A1, A2, A3, A5, A6, A7, A8, A10].

- Wykazanie, że połączenie technologii mieszania mechanicznego przy użyciu wysokich sił ścinających oraz metody laminowania ręcznego umożliwia wytworzenie kompozytów warstwowych o jednorodnej strukturze rozproszenia napelnacza proszkowego w osnowie epoksydowej [A2, A3, A5, A7, A10 ].
- Opisanie wpływu dodatku pyłu bazaltowego jako wydajnego modyfikatora żywicy epoksydowej i jej kompozytów pozwalającego na uzyskanie materiałów o podwyższonej termostabilności oraz korzystnych właściwościach mechanicznych i termomechanicznych [A3, A4, A5].
- Wykazanie, że dodatek zeolitu działa jako wzmocnienie osnowy epoksydowej, poprawiając sztywność i stabilność termiczną kompozytów wzmacnianych tkaniną bazaltową, a jednoczesne zastosowanie nanometrycznego aluminosileskwioksanu prowadzi do poprawy adhezji pomiędzy włóknami nieorganicznymi a polimerem stanowiącym osnowę [A2].
- Porównanie wpływu poszczególnych typów włókien wzmacniających takich jak tkanina bazaltowa i lniana na właściwości termomechaniczne i mechaniczne kompozytów epoksydowych [A5, M1].
- Ocenę efektywności zastosowania podwójnej modyfikacji powierzchniowej tkaniny lniano-bawełnianej zastosowanej jako wzmocnienie w kompozycie epoksydowym [A9].
- Określenie możliwości zastosowania makuchów lnianych jako niskokosztowego napelnacza kompozytów epoksydowo-lnianych prowadzącego do poprawy sztywności tych materiałów [A10].
- Opisanie wpływu dodatku sproszkowanego poli(chlorku winylu) na właściwości termiczne, termomechaniczne i mechaniczne kompozytów epoksydowych wzmacnianych tkaniną bazaltową [A8].
- Wykazanie, że technologia szybkiego prasowania w połączeniu z przeprowadzoną modyfikacją osnowy epoksydowej poprzez wprowadzenie do niej środków obniżających

palność pozwala na poprawę wydajności procesu wytwarzania kompozytów epoksydowo-szklanych o podwyższonej ognioodporności i wytrzymałości mechanicznej [A1].

- Określenie możliwości zastosowania biowęgla jako napełniacza żywicy epoksydowej pozwalającego uzyskać kompozyty epoksydowo-węglowe o podwyższonej stabilności termicznej oraz korzystnych właściwościach mechanicznych i termomechanicznych [A7].

- Opisanie wpływu jednoczesnego stosowania podwójnej modyfikacji żywicy epoksydowej poprzez wprowadzenie do niej napełniaczy proszkowych i włóknistych na właściwości jej kompozytów warstwowych [A6].

Zaprezentowane wyniki prac badawczych przedstawione w jednotematycznym cyklu publikacji zatytułowanym „*Właściwości hybrydowych kompozytów epoksydowych wzmocnianych napełniaczami włóknistymi i proszkowymi jako materiałów konstrukcyjnych*”, stanowią istotny wkład w rozwój inżynierii mechanicznej. Artykuły o międzynarodowym zasięgu opublikowane w czasopiśmie indeksowanym na liście Journal Citation Reports (JCR), stanowią rozszerzenie wiedzy dotyczącej technologii wytwarzania i właściwości hybrydowych kompozytów epoksydowych wzmocnianych napełniaczami proszkowymi, jak i włóknistymi różnego typu oraz opisują nową metodykę podwójnej modyfikacji osnowy polimerowej w kompozytach warstwowych, prowadzącą do poprawy ich właściwości użytkowych.

Aspekty innowacyjne zawarte w przedstawionych pracach są rezultatem nowatorskiego podejścia do problemu związanego z projektowaniem inżynierskich materiałów konstrukcyjnych o określonych cechach uzależnionych od zakresu ich zastosowań. Nowością w przedstawionych pracach jest przeprowadzenie jednoczesnej modyfikacji żywicy epoksydowej poprzez wprowadzenie do niej napełniaczy proszkowych i połączenie z włóknami wzmocniającymi, co pozwoliło wytworzyć hybrydowe kompozyty warstwowe o specyficznych właściwościach, trudnych do uzyskania w stosowanych dotychczas konwencjonalnych procesach wytwarzania. Rezultaty prowadzonych prac naukowych są podstawą patentu P.425946 oraz zgłoszenia patentowego P.427460, co może świadczyć o ich użytkowym charakterze.

Ponadto, podczas przeprowadzania prac badawczych i przygotowywania powyższych publikacji współpracowałam z interdyscyplinarnym zespołem naukowców z innych jednostek badawczych (wymienionych w pkt 5 Autoreferatu). Nawiązana współpraca będzie podstawą



do realizacji przyszłych wspólnych projektów naukowych. Wśród współautorów publikacji tworzących jednotematyczny cykl publikacji znajduje się dwóch studentów z kierunku Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, którzy wzięli aktywny udział w pracach naukowo-badawczych realizowanych w Zakładzie Tworzyw Sztucznych Politechniki Poznańskiej. Prowadzone prace spełniły również funkcję edukacyjną, umożliwiając studentom pogłębienie wiedzy na temat technologii kształtowania materiałów kompozytowych, co wpisuje się w zakres tematyczny zagadnień opisujących dyscyplinę inżynierii mechanicznej.

## **5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.**

Interdyscyplinarny charakter realizowanych przeze mnie prac badawczych, w dotychczasowym przebiegu kariery naukowej pozwolił mi nawiązać współpracę potwierdzoną opublikowanymi artykułami naukowymi, z pracownikami zatrudnionymi w następujących, zewnętrznych instytucjach naukowych:

1. Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy im. J. J. Śniadeckich (Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej), efekty współpracy: 11 publikacji.
2. Uniwersytet im. Adama Mickiewicza (Wydział Chemii), efekty współpracy: 3 publikacje.
3. Wielkopolskie Centrum Zaawansowanych Technologii, efekty współpracy: 1 publikacja.
4. Centralny Instytut Ochrony Pracy, Państwowy Instytut Badawczy (Zakład Zagrożeń Chemicznych, Biologicznych i Pyłowych), efekty współpracy: 2 publikacje.
5. Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki (Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej), efekty współpracy: 1 publikacja.
6. Technische Universität Dresden, Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik, Dresden, Niemcy, efekty współpracy: 1 publikacja.
7. Mu'tah University w Jordanii, Department of Physics, efekty współpracy: 2 publikacje.

## **6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.**

### **6.1. Osiągnięcia dydaktyczne**

1. Przeprowadzenie *Szkolenia Przetwórców Tworzyw Sztucznych* dla pracowników Grupy Azoty S.A., 2016, udział habilitanta: wykładowca prowadzący szkolenie laboratoryjne.

2. Realizacja procesu dydaktycznego w ramach studiów podyplomowych Przetwórstwo Tworzyw Sztucznych i Gumy, w Zakładzie Tworzyw Sztucznych, Instytutu Technologii Materiałów na Wydziale Budowy Maszyn i Zarządzania (Wydziale Inżynierii Mechanicznej) Politechniki Poznańskiej w roku 2019 r., przeprowadzenie wykładu pt. *Przetwarzanie wyrobów biodegradowalnych*.
3. Realizacja procesu dydaktycznego realizowanego na Wydziale Budowy Maszyn i Zarządzania (Wydziale Inżynierii Mechanicznej) i Wydziale Inżynierii Zarządzania Politechniki Poznańskiej w okresie od 2011 r., pełna lista prowadzonych przeze mnie przedmiotów została przedstawiona poniżej.

**Wykłady:**

- *Inżynieria wytwarzania I: Przetwórstwo tworzyw sztucznych*, kierunek: Mechanika i Budowa Maszyn, I stopień (studia stacjonarne i niestacjonarne)
- *Procesy i techniki produkcyjne: Przetwórstwo tworzyw sztucznych*, kierunek: Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, I stopień (niestacjonarne).
- *Logistyka globalna*, kierunek: Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, II stopień (niestacjonarne).

**Ćwiczenia laboratoryjne:**

- *Inżynieria wytwarzania I: Przetwórstwo tworzyw sztucznych*, kierunek: Mechanika i Budowa Maszyn, I stopień (studia stacjonarne i niestacjonarne).
- *Inżynieria wytwarzania I: Przetwórstwo tworzyw sztucznych*, kierunek: Mechatronika, I stopień (studia stacjonarne).
- *Procesy i techniki produkcyjne: Przetwórstwo tworzyw sztucznych*, kierunek: Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, I stopień (studia stacjonarne i niestacjonarne).
- *Zastosowanie materiałów konstrukcyjnych*, Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, I stopień (studia stacjonarne).
- *Technologia wytwarzania*, kierunek: Logistyka, I stopień (studia stacjonarne).
- *Technologia Maszyn*, kierunek: Logistyka, I stopień (studia stacjonarne).
- *Recykling*, kierunek: Mechanika i Budowa Maszyn, I stopień (studia stacjonarne).

### **Ćwiczenia:**

- *Sterowanie procesami wytwarzania, Zarządzanie i Inżynieria Produkcji*, II stopień (studia stacjonarne).

### **Opieka naukowa nad studentami**

1. Promotorstwo prac dyplomowych magisterskich, od 2016 r., Politechnika Poznańska, Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania, 9 wypromowanych studentów magisterskich.
2. Promotorstwo prac dyplomowych inżynierskich, od 2016 r., Politechnika Poznańska, Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania, 2 wypromowanych studentów inżynierskich.

### **Opieka naukowa nad doktorantami w charakterze promotora pomocniczego**

1. Promotor pomocniczy doktoratu wdrożeniowego mgr inż. Damiana Dziadowca, pt. *Opracowanie receptury oraz technologii produkcji folii polipropylenowej typu CAST o wymaganych właściwościach mechanicznych*, realizowanego w ramach Szkoły Doktorskiej Politechniki Poznańskiej pod kierunkiem dr hab. inż. Marka Szostaka, od 22.12.2020 r.

## **6.2. Osiągnięcia organizacyjne**

1. Pełnienie roli obserwatora Okręgowej Komisji Egzaminacyjnej podczas pisemnego egzaminu maturalnego w roku 2019 z matematyki.
2. Pełnienie roli sekretarza podczas publicznej obrony rozprawy doktorskiej mgr inż. Moniki Dobrzyńskiej-Mizera w roku 2017 na Wydziale Budowy Maszyn i Zarządzania Politechniki Poznańskiej.
3. Pełnienie roli sekretarza podczas publicznej obrony rozprawy doktorskiej mgr inż. Katarzyny Skórczewskiej w roku 2016 na Wydziale Budowy Maszyn i Zarządzania Politechniki Poznańskiej.
4. Udział w komitetach organizacyjnych i naukowych konferencji krajowych i międzynarodowych:
  - 4th International Conference on Biopolymers & Polymer Chemistry, ICBPC 2019, Las Vegas, 11-12.07. 2019, pełniona funkcja: członek komitetu honorowego.
  - 3rd International Conference on Biopolymers & Polymer Chemistry, ICBPC 2018, Praga 22-23.10.2018, pełniona funkcja: członek komitetu organizacyjnego, przewodniczący sesji.
  - The 24th Annual Forum on Advanced Materials POLYCHAR 2016, Poznań 9-13.05.2016, pełniona funkcja: członek komitetu organizacyjnego.

- XII Konferencja Naukowo-Techniczna „Kierunki Modyfikacji i Zastosowań Tworzyw Polimerowych, Rydzyna 13-15.05.2013, pełniona funkcja: członek komitetu organizacyjnego.
- 9 Kongres Naukowy Societas Humboldtiana Polonorum, Poznań 4-7.07.2013, pełniona funkcja: członek komitetu organizacyjnego.

### 6.3. Popularyzacja nauki

1. Udział w konkursie "Eureka! DGP – odkrywamy polskie wynalazki"- 7 edycja, w wyniku którego opublikowano w Dzienniku Gazety Prawnej artykuł pt. "*Z pyłu powstałeś pyłem Cię wzbogacę*" promujący zgłoszenie patentowe dotyczące modyfikacji polilaktydu pyłem bazaltowym.

## 7. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

### 7.1. Tematyka pozostałych prac naukowo-badawczych

W ramach swojej działalności naukowej w latach 2011-2020 oprócz omówionych w pkt. 4 Autoreferatu zagadnień związanych z tematyką hybrydowych kompozytów epoksydowych, przeprowadziłam również prace doświadczalne w zakresie następujących obszarów badawczych:

#### - **Modyfikacji polimerów przy użyciu silseskwioksanów (POSS) jako hybrydowych krzemoorganicznych nanonapełniaczy**

Moje prace badawcze dotyczyły oceny możliwości zastosowania silseskwioksanów jako środków utwardzających i modyfikujących żywice epoksydowe oraz polimery termoplastyczne. Badania przeprowadzono w ramach projektu „*Silseskwioksany jako nanonapełniacze i modyfikatory w kompozytach polimerowych*” UDA-POIG.01.03.01-30-173/09-01 oraz obronionej w 2015 roku rozprawy doktorskiej *Struktura i właściwości żywic epoksydowych modyfikowanych metalosilseskwioksanami*. 8 publikacji (4 JCR) i jeden patent przed uzyskaniem stopnia doktora oraz jeden patent po uzyskaniu stopnia doktora.

#### - **Zastosowanie napełniaczy ligninowych i zeolitów do modyfikacji żywic fenolowych stosowanych do produkcji materiałów ściernych**

Prace badawcze związane z określeniem możliwości zastosowania napełniaczy na bazie ligniny i zeolitów do wytwarzania materiałów ściernych na podstawie żywic fenolowych, stosowanych do produkcji narzędzi. 1 publikacja JCR przed uzyskaniem stopnia doktora, 3 publikacje JCR po uzyskaniu stopnia doktora.

### **- Zastosowanie materiałów mineralnych i odpadów jako wypełniaczy w kompozytach polimerowych**

Prace badawcze związane z określeniem możliwości zastosowania wypełniaczy mineralnych (baryt, węgiel wapnia) oraz odpadów (BMC, PVC, łupiny kasztanowca, łuski słonecznika, pył bazaltowy) w kompozytach polimerowych na osnowie żywic epoksydowych i polimerów termoplastycznych. 8 publikacji (7 JCR) po uzyskaniu stopnia doktora, 3 publikacje (2 JCR) przed uzyskaniem stopnia doktora.

### **- Modyfikacja polilaktydu (PLA) jako osnowy w kompozytach polimerowych**

Prace badawcze związane z moim udziałem w projekcie Lider VIII *“Opracowanie technologii wytwarzania hybrydowych kompozytów biodegradowalnych dla branży motoryzacyjnej”* LIDER/25/0148/L8/16/NCBR/2017. 4 publikacje (JCR) po uzyskaniu stopnia doktora.

## **7.2. Przebieg pracy naukowej**

Jestem absolwentką Wydziału Technologii i Inżynierii Chemicznej Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy im. J. J. Śniadeckich. W 2010 r. ukończyłam studia na kierunku Technologia Chemiczna o specjalności Biotechnologia Przemysłowa. W tym samym roku rozpoczęłam studia doktoranckie na Wydziale Budowy Maszyn i Zarządzania Politechniki Poznańskiej. W 2013 roku zostałam zatrudniona na stanowisku asystenta w Instytucie Technologii Materiałów Politechniki Poznańskiej.

W latach 2010-2013 ramach udziału w projekcie europejskim *„Silseskwioxany jako wypełniacze i modyfikatory w kompozytach polimerowych”* nr UDA-POIG.01.03.01-30-173/09 nawiązałam współpracę z innymi ośrodkami naukowymi w Polsce i jestem współautorką patentu PL 217788 B1 oraz PL 222763 B1. Na przełomie 2011 i 2012 zrealizowałam miesięczny staż w Laboratorium Badawczo-Rozwojowym firmy NOVOL Sp. z o.o., w ramach udziału w projekcie *„Wielkopolski Inżynier w Europejskiej Przestrzeni Badawczej”* nr POKL.08.02.01-30 021/10-00.

W latach 2012-2013 otrzymałam dofinansowanie prac badawczych w ramach *„Wsparcia stypendialnego dla doktorantów na kierunkach uznanych za strategiczne z punktu widzenia rozwoju Wielkopolski”* w ramach projektu Wojewódzkiego Urzędu Pracy w Poznaniu w ramach Poddziałania 8.2.2 Regionalnej Strategii Innowacji oraz w latach 2013-2014 w ramach projektu *„Krok w przyszłość-stypendia dla doktorantów V edycja”* realizowanego przez Urząd Marszałkowski Województwa Kujawsko-Pomorskiego i współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego. W trakcie realizacji studiów doktoranckich uzyskałam również Stypendium Ministra Nauki

i Szkolnictwa Wyższego dla studentów i doktorantów za wybitne osiągnięcia na rok akademicki 2014/2015.

W roku 2015 w ramach udziału w projekcie „*Inżynier Przyszłości. Wzmocnienie potencjału dydaktycznego Politechniki Poznańskiej*”, nr POKL.04.03.00-00-259/12, zrealizowałam staże naukowe w Zakładzie Technologii Polimerów Wydziału Technologii i Inżynierii Chemicznej Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy oraz w Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik, Technische Universität Dresden. Rezultatem stażu w Dreźnie było nawiązanie współpracy naukowej, której wynikiem jest wspólny artykuł naukowy w czasopiśmie *Composites Part B: Engineering*, wyszczególniony jako pozycja A1 w punkcie 4.1, Autoreferatu. W tym samym roku uczestniczyłam również w dwutygodniowym szkoleniu w Wageningen University and Research Centre w Holandii z programu „*TransFormation.doc*” realizowanego w ramach projektu systemowego Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pt. „*Wsparcie systemu zarządzania badaniami naukowymi i ich wynikami*”. Otrzymałam również Zespołową Nagrodę Rektora Politechniki Poznańskiej za osiągnięcia naukowe w roku 2015/2016.

27 listopada 2015 r. uzyskałam stopień doktora na Wydziale Budowy Maszyn i Zarządzania Politechniki Poznańskiej w dyscyplinie inżynieria materiałowa, za pracę pt. „*Struktura i właściwości żywic epoksydowych modyfikowanych metalosilsekwioksanami*”, której promotorem był prof. dr hab. inż. Tomasz Sterzyński, a recenzentami prof. dr hab. inż. Marian Zaborski i prof. dr hab. inż. Marian Żenkiewicz.

W 2016 r. zrealizowałam 2-tygodniowy staż przemysłowy w przedsiębiorstwie Azurr Technology s. r. o. w Republice Czeskiej obejmujący współudział w pracach B+R realizowanych w celu doskonalenia aparatury pomiarowej DYNISCO.

W 2016 r. zostałam zatrudniona na stanowisku adiunkta w Instytucie Technologii Materiałów Politechniki Poznańskiej, stanowisko to obejmuję do chwili obecnej. W roku 2017 otrzymałam Zespołową Nagrodę Rektora Politechniki Poznańskiej za osiągnięcia organizacyjne w roku akademickim 2016/2017.

W 2018 odbyłam dwutygodniowy staż zagraniczny w Bratysławie w ramach programu CEEPUS na University of Technology in Bratislava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Manufacturing Systems, w ramach którego przeprowadziłam cykl wykładów z zakresu przetwórstwa tworzyw sztucznych i materiałów kompozytowych.

W 2019 zrealizowałam 2-tygodniowy staż zagraniczny w Sofii w ramach programu CEEPUS na University of Chemical Technology and Metallurgy, Department of Applied Mechanics, prezentując cykl wykładów i szkoleń z zakresu przetwórstwa tworzyw sztucznych

i materiałów kompozytowych. W tym samym roku uczestniczyłam również w programie Erasmus+ dla nauczycieli akademickich wygłaszając cykl wykładów z zakresu przetwórstwa tworzyw sztucznych i materiałów kompozytowych dla studentów Technical University of Liberec, Department of Material Science, Republika Czeska. Otrzymałam również Zespołową Nagrodę Rektora Politechniki Poznańskiej za osiągnięcia naukowe w roku akademickim 2018/2019 i 2019/2020.

Podczas swojej pracy naukowej brałam udział jako wykonawca w czterech projektach naukowych i badawczo-rozwojowych finansowanych ze środków NCBiR oraz funduszy europejskich w ramach programów POIG, POIR. Ponadto uczestniczyłam w 5 projektach, w tym dwukrotnie jako kierownik, realizowanych w ramach badań naukowych lub prac rozwojowych finansowanych z dotacji celowej MNiSW, służącej rozwojowi młodych naukowców oraz uczestników studiów doktoranckich. Lista projektów przedstawiona została w pkt 7.7 Autoreferatu.

W ramach zrealizowanych prac projektowych wraz z zespołem opracowałam chronione Znakami Towarowymi Unii Europejskiej technologie bioXpul<sup>TM</sup> (wytwarzanie biodegradowalnych kompozytów polimerowych o zwiększonej stabilności termomechanicznej nagrodzone Srebrnym Laurem Innowacyjności 2020) oraz obecnie wdrażaną metodę bezwykopowej regeneracji rurociągów Coverlan<sup>TM</sup>.

Wyniki moich prac badawczych, zaprezentowane zostały na ponad trzydziestu konferencjach krajowych i międzynarodowych odbywających się w Polsce, Niemczech, Portugalii, Łotwie, Japonii, Republice Czeskiej oraz Słowacji. Szczegółowe zestawienie wygłoszonych referatów oraz prezentacji posterowych przedstawiono w punkcie 7.6 Autoreferatu.

Doświadczenie oraz wiedza z zakresu analizy właściwości i przetwarzania materiałów polimerowych pozwoliła mi podjąć współpracę z wieloma przedsiębiorstwami zarówno z Wielkopolski, jak i innych województw. Zrealizowane prace badawcze, dotyczyły w głównej mierze badań materiałowych i jakościowych materiałów polimerowych oraz ich kompozytów, w tym: wykonywania analiz spektroskopowych (FTIR), analiz mikroskopowych, analiz termicznych metodami różnicowej kalorymetrii skaningowej (DSC) i termogravimetrii (TGA) oraz termomechanicznych (DMTA). Ponadto przygotowywałam raporty na temat stanu techniki i opracowywałam procedury odbioru jakościowego gotowych wyrobów kompozytowych stanowiących podstawę do przygotowania materiałów szkoleniowych w przedsiębiorstwie produkcyjnym. Prace wykonywane były m.in. dla przedsiębiorstw takich jak: Safilin Sp. z o. o. (Miłakowo), Marmite Sp. z o.o. (Zakrzewo), MJ

Polymers (Puszczykowo), Sotralentz Sp. z o. o. (Skierniewice), Bodo Möller Chemie Polska Sp. z o. o. (Poznań), Fair Packaging Sp. z o.o. Sp. k. (Pniewy), WIP Sp. z o. o. Sp. k. (Aleksandrów Kujawski), Wavin Polska S.A. (Buk), ELEKTRA (Ożarów Mazowiecki), Bombardier Transportation, (ZWUS) Polska Sp. z o. o. (Katowice), AZETX Piotr Czarczyński (Konin) i ENEA Operator Sp. z o. o.(Poznań).

Podczas mojej pracy i działalności naukowej, brałam czynny udział w procesie dydaktycznym realizowanym na Politechnice Poznańskiej, prowadząc zajęcia w formie ćwiczeń, laboratoriów, zajęć projektowych oraz wykładów, na dziennych i niestacjonarnych studiach pierwszego oraz drugiego stopnia. Zajęcia z zakresu przetwórstwa tworzyw polimerowych, oceny właściwości polimerów i ich kompozytów, prowadziłam na kierunkach studiów realizowanych na Wydziale Budowy Maszyn i Zarządzania PP takich jak: Mechanika i Budowa Maszyn, Mechatronika, Zarządzenie i Inżynieria Produkcji; Wydziale Inżynierii Zarządzania PP: Logistyka oraz na studiach podyplomowych *Przetwórstwo Tworzyw Sztucznych i Gumy*. Byłam promotorem 9 prac magisterskich i 2 prac inżynierskich. Jestem również promotorem pomocniczym doktoratu wdrożeniowego mgr inż. Damiana Dziadowca, pt. *Opracowanie receptury oraz technologii produkcji folii polipropylenowej typu CAST o wymaganych właściwościach mechanicznych*, realizowanego w ramach Szkoły Doktorskiej PP pod kierunkiem dr hab. inż. Marka Szostaka

Od 2013 r. w ramach swojej działalności naukowej przygotowałam ponad 50 recenzji publikacji w czasopismach wyszczególnionych w pkt 7.8 Autoreferatu (zał. 2). Ponadto od 2018 r. jestem członkiem Polskiego Towarzystwa Materiałów Kompozytowych (PTMK).

W 2013 r. byłam członkiem komitetu organizacyjnego konferencji międzynarodowej: *9 Kongres Naukowy Societas Humboldtiana Polonorum*, Poznań 2013 oraz krajowej *XII Konferencja Naukowo-Techniczna „Kierunki Modyfikacji i Zastosowań Tworzyw Polimerowych*, Rydzyna 2013. W 2016 r. uczestniczyłam również jako członek komitetu organizacyjnego międzynarodowej konferencji *The 24th Annual Forum on Advanced Materials POLYCHAR 2016*, Poznań. W 2018 r. pełniłam rolę prowadzącego sesję oraz członka komitetu organizacyjnego międzynarodowej konferencji *3rd International Conference on Biopolymers & Polymer Chemistry*, ICBPC 2018, Praga. A w roku 2019 byłam członkiem komitetu honorowego *4th International Conference on Biopolymers & Polymer Chemistry*, ICBPC 2019, Las Vegas.

Podczas mojej pracy naukowej stałam się autorką i współautorką ponad 50 publikacji naukowych (20 przed i 31 po uzyskaniu stopnia doktora), w tym 39 w czasopismach indeksowanych na liście JCR, zestawionych w zał. 4, pt. *Wykaz osiągnięć naukowych albo*



artystycznych, stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria mechaniczna. Wyniki swoich prac badawczych zaprezentowałam w ramach licznych konferencji (13 referatów i 19 prezentacji posterowych), a część z nich została objęta ochroną prawną (3 patenty i 6 zgłoszeń patentowych).

### 7.3. Wskaźniki bibliograficzne

Mój ilościowy dorobek naukowy i techniczny na 29 stycznia 2021 r. przedstawiony został w Tabeli 1.

**Tabela 1.** Ilościowe zestawienie dorobku naukowego i technicznego na 29 stycznia 2021.

Rodzaj wskaźnika	Liczba		
	Przed doktorem	Po doktoracie	Razem
Liczba publikacji punktowanych (części A + B listy MNiSW)	16	30	46
Publikacje w czasopismach wyszczególnionych w bazie JCR (część A listy MNiSW)	9	30	39
Publikacje w czasopismach nie wyszczególnionych w bazie JCR (część B listy MNiSW)	7	-	7
Publikacje w pracach zbiorowych i monografiach	4	1	5
Patenty	1	2	3
Zgłoszenia patentowe	-	6	6
Wygłoszone referaty	6	7	13
Prezentacje posterowe	11	8	19
$\sum$ IF	8,638	78,684	87,322
Punkty wg list MNiSW	241	1630	1871
Cytowania wg bazy Web of Science (bez autocytowań)	294		
Cytowania wg bazy Scopus (bez autocytowań)	325		
Cytowania wg bazy Google Scholar (bez autocytowań)	298		
Indeks Hirsha $h$ (WoS/Scopus/Google Scholar)	12 / 13/ 14		

## **7.4. Patenty i zgłoszenia patentowe**

### **Patenty:**

1. PL217788B1, *Sposób utwardzania żywicy epoksydowej z wykorzystaniem bis(heptafenyloglinosilseskwioksanu), jako środka utwardzającego*, data udzielenia patentu 29.08.2014.
2. PL222763B1, *Sposób utwardzania żywicy epoksydowej z wykorzystaniem bis(heptaizooktyloglinosilseskwioksanu)*, data udzielenia patentu 30.09.2016.
3. P.425946, *Sposób wytwarzania kompozycji epoksydowej o zwiększonej ognioodporności*, data udzielenia patentu 12.11.2020.

### **Zgłoszenia patentowe:**

1. P.432853, *Sposób ciągłego wytwarzania biodegradowalnego polimerowego granulatu wzmocnianego długimi włóknami*, zgłoszenie patentowe z 10.02.2020.
2. P.431294, *Sposób modyfikacji polilaktydu i jego kompozytów przy użyciu żywic siloksanowo-silseskwioksanowych*, zgłoszenie patentowe z 30.09.2019.
3. P.428737, *Sposób wytworzenia kompozytu na podstawie elastomerów polimocznikowych, poliuretanowych i hybrydowych polimocznikowo-poliuretanowych*, zgłoszenie patentowe z 31.01.2019.
4. P.427460, *Chemoutwardzalny kompozyt polimerowy z wypełniaczem naturalnym*, zgłoszenie patentowe z 18.10.2018.
5. P.426847, *Sposób zwiększenia stabilności termomechanicznej polilaktydu i jego kompozytów*, zgłoszenie patentowe z 30.08.2018.
6. P.424428, *Sposób wytworzenia kompozytu na podstawie elastomerów polimocznikowych, poliuretanowych i hybrydowych polimocznikowo-poliuretanowych o zwiększonej wytrzymałości mechanicznej*, zgłoszenie patentowe z 30.01.2018.

## **7.5. Nagrody i wyróżnienia za realizowane prace naukowe i badawczo-rozwojowe**

### **Nagrody i wyróżnienia otrzymane po uzyskaniu stopnia doktora:**

1. Srebrny Laur w Konkursie Laur Innowacyjności 2020 za wynalazek *Sposób ciągłego wytwarzania biodegradowalnego polimerowego granulatu wzmocnianego długimi włóknami*.

2. Nagroda zespołowa Rektora Politechniki Poznańskiej za osiągnięcia naukowe w roku akademickim 2019/2020
3. The best paper award *Hybrid Epoxy Composites Reinforced with Flax Fiber and Basalt Fiber* the International Scientific-Technical Conference Manufacturing 2019, 22.05.2019.
4. Nagroda zespołowa Rektora Politechniki Poznańskiej za osiągnięcia naukowe w roku akademickim 2018/2019.
5. Nagroda zespołowa Rektora Politechniki Poznańskiej za osiągnięcia organizacyjne w roku akademickim 2016/2017.
6. Nagroda zespołowa Rektora Politechniki Poznańskiej za osiągnięcia naukowe w roku akademickim 2015/2016.

***Nagrody i wyróżnienia otrzymane przed uzyskaniem stopnia doktora:***

1. Stypendium Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego dla studentów i doktorantów za wybitne osiągnięcia na rok akademicki 2014/2015
2. Stypendium *Krok w przyszłość-stypendia dla doktorantów V edycja*, Urząd Marszałkowski Województwa Kujawsko-Pomorskiego, w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki, 2013-2014.
3. Stypendium *Wsparcie stypendialne dla doktorantów na kierunkach uznanych za strategiczne z punktu widzenia rozwoju Wielkopolski*, Wojewódzki Urząd Pracy w Poznaniu, w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki, Regionalne Strategie Innowacji, 2012-2013.

**7.6. Konferencje naukowe**

***Prezentacje wygłoszone po uzyskaniu stopnia doktora:***

1. **D. Matykiewicz**, M. Bogusławski, *Hybrid epoxy composites reinforced with flax fiber and basalt fiber*, International Scientific-Technical Conference Manufacturing 2019, Poznań.
2. **D. Matykiewicz**, J. Andrzejewski, M. Barczewski, *Hybrydowe kompozyty epoksydowo-węglowe modyfikowane biowęglem*, Pomerania-Plast 2019, Międzyzdroje.
3. **D. Matykiewicz**, M. Barczewski, *Application of Natural Fibers in Production of Polymer Based Composites*, 3rd International Conference Biopolymers & Polymer ICBPC 2018 Chemistry Prague, Czech Republic

4. **D. Matykiewicz**, B. Dudziec, *Application of silsesquioxanes for the preparation of hybrid epoxy materials*, The 10th International Conference of Modification, Degradation and Stabilization of Polymer, MoDeSt 2018, Tokyo, Japan.
5. **D. Matykiewicz**, M. Barczewski, *Basalt fiber as an eco-friendly reinforcement of hybrid epoxy composites*, 9th Conference Green Chemistry and Nanotechnologies in Polymeric Materials 2018, Kraków.
6. **D. Matykiewicz**, M. Barczewski, *Thermomechanical properties of epoxy composites with basalt powder*, XVII Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Polimery i Kompozyty Konstrukcyjne 2018”, Szczyrk.
7. **D. Matykiewicz**, H. Pucala, *Environmentally friendly polymer composites*, 10th International Scientific Congress of Societas Humboldtiana Polonorum “Longevity-a blessing or a curse” 2016, Łódź.

***Prezentacje wygłoszone przed uzyskaniem stopnia doktora:***

1. **D. Matykiewicz**, M. Barczewski, *Effect of aluminosilsesquioxane addition and various curing conditions on the thermomechanical properties of glass fiber reinforced epoxy composite*, ICSAAM 2015, The 6th International Conference on Structural Analysis of advanced materials, Porto, Portugal.
2. **D. Matykiewicz**, M. Barczewski, B. Dudziec, *Kompozyty epoksydowe wzmacniane włóknem bazaltowym*, XV Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Polimery i Kompozyty Konstrukcyjne 2015”, Istebna.
3. **D. Chmielewska**, M. Barczewski, T. Sterzyński, *Epoxy composites highly filled with waste bulky mould compounds (BMC). Thermomechanical properties*, XVIII International conference mechanics of composite materials 2014, Ryga, Łotwa.
4. **D. Chmielewska**, T. Sterzyński, *Właściwości żywic epoksydowych modyfikowanych silseskwioksanami*, XII Konferencja Naukowo-Techniczna, Kierunki Modyfikacji i Zastosowań Tworzyw Polimerowych 2013, Rydzyna.
5. **D. Chmielewska**, M. Barczewski, T. Sterzyński, *Nowy sposób utwardzania żywicy epoksydowej poprzez zastosowanie bis(heptafenyloglinosilseskwioksanu) jako utwardzacza*, Konferencja Naukowo-Techniczna, Polimery-Nauka-Przemysł, 2012, Bełchatów.
6. **D. Chmielewska**, *Kalorymetryczna ocena przebiegu sieciowania żywic epoksydowych*, Seminarium NETZSCH „Zastosowanie metod analizy termicznej w przetwórstwie tworzyw sztucznych 2012”, Poznań.

**Prezentacje posterowe po uzyskaniu stopnia doktora:**

1. M. Barczewski, K. Biedrzycka, J. Aniśko, A. Kloziński, **D. Matykiewicz**, J. Andrzejewski, O. Mysiukiewicz, M. Szostak, *The effect of UV light on mechanical properties and structure of polyurea spray coated composites filled with different inorganic fillers*, 9th Conference Green Chemistry and Nanotechnologies in Polymeric Materials 2018, Kraków.
2. O. Mysiukiewicz, **D. Matykiewicz**, M. Barczewski, *Biodegradable hybrid composites of poly(vinyl alcohol) reinforced with natural fibers and ground chestnut shells*, 9th Conference Green Chemistry and Nanotechnologies in Polymeric Materials 2018, Kraków.
3. **D. Matykiewicz**, M. Barczewski, O. Mysiukiewicz, K. Lewandowski, *The influence of mold temperature on the mechanical properties and thermomechanical stability of various injection molded types of poly(lactic acid)*, The 10th International Conference of Modification, Degradation and Stabilization of Polymers (MoDeSt 2018) 2018, Tokio, Japonia.
4. K. Skórczewska, K. Lewandowski, J. Mirowski, M. Barczewski, **D. Matykiewicz**, 2018, *Zastosowanie odpadowego napelnacza BMC do modyfikacji tworzyw polichlorowinylowych*, VI Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Nauka niejedno ma imię...” 2018, Bydgoszcz.
5. **D. Matykiewicz**, D. Knapki, M. Barczewski, *Thermo-mechanical properties of epoxy-basalt fibre composites modified with basalt powder*, International Conference on Innovation in Polymer Science and Technology 2016, Medan, Indonezja.
6. M. Barczewski, **D. Matykiewicz**, *Polyethylene green composites modified with postagricultural waste filler. Thermo-mechanical and damping properties*, International Conference on Innovation in Polymer Science and Technology 2016, Medan, Indonezja.
7. **D. Matykiewicz**, B. Dudziec, T. Sterzyński, *Curing kinetics of epoxy resin with metallasilsesquioxanes*, The 24th Annual World Forum on Advanced Matierials POLYCHAR 2016, Poznań.
8. M. Barczewski, **D. Matykiewicz**, P. Maciejewski, *Hybrid polypropylene composites conatining basalt powder and glass fiber*, The 24th Annual World Forum on Advanced Matierials POLYCHAR 2016, Poznań.

**Prezentacje posterowe przed uzyskaniem stopnia doktora:**

1. **D. Matykiewicz**, B. Dudziec, T. Sterzyński, *Wpływ silseskwioxanów na proces sieciowania żywic epoksydowych*, XVIII Profesorskie Warsztaty Naukowe „Przetwórstwo Tworzyw Polimerowych 2015”, Brodowo k. Środy Wielkopolskiej.
2. R. Barczewski, **D. Chmielewska**, M. Barczewski, *Non-linear determination of epoxy resin composites cured with silsesquioxanes*, XVIII International Conference Mechanics of Composite Materials 2014, Ryga, Łotwa.
3. **D. Chmielewska**, T. Sterzyński, B. Dudziec *Silseskwioxany jako modyfikatory żywic epoksydowych*, XVII Profesorskie Warsztaty Naukowe – Przetwórstwo Tworzyw Polimerowych 2014, Bydgoszcz – Pieczyska.
4. **D. Chmielewska**, T. Sterzyński, *Kompozycje epoksydowe utwardzane silseskwioxanami, właściwości termomechaniczne*, Materiały Polimerowe Pomerania-Plast 2013, Międzyzdroje.
5. **D. Chmielewska**, T. Sterzyński, B. Dudziec, *Epoxy resin modified by polyhedral oligomeric silsesquioxanes (POSS)*, 9 Kongres Naukowy Societas Humboldtiana Polonorum 2013, Poznań.
6. **D. Chmielewska**, T. Sterzyński, M. Dutkiewicz, *Ocena właściwości przetwórczych żywic epoksydowych modyfikowanych silseskwioxanami (POSS)*, Kongres Reologiczny Poznań 2013, Poznań.
7. **D. Chmielewska**, M. Barczewski, T. Sterzyński, *Influence of flame-retardants on mechanical properties and thermal stability of epoxy resin coatings*, 5th International Conference Polymeric Materials In Automotive PMA 2013 & 21th Slovak Rubber Conference SRC 2013, Bratysława, Słowacja.
8. **D. Chmielewska**, T. Sterzyński, *Properties of epoxy composites with polyhedral oligomeric silsesquioxanes (POSS)*, 15th International Conference "Polymeric Materials", Halle (Saale), Niemcy.
9. **D. Chmielewska**, M. Barczewski, J. Andrzejewski, K. Mencil, *Wpływ krotkości przetwórstwa na właściwości reologiczne liniowego polietylenu niskiej gęstości w warunkach intensywnego ścinania*, XI Środkowo-Europejska Konferencja „Recykling i odzysk materiałów polimerowych, Nauka-Przemysł 2012”, Augustów-Wilno.
10. J. Andrzejewski, M. Barczewski, **D. Chmielewska**, T. Sterzyński, *Modyfikacja poliolefin i żywic epoksydowych silseskwioxanami*, Wielkopolskie Centrum Zaawansowanych Technologii Materiały i Biomateriały. Konferencja Środowiskowa 2011, Poznań.

11. **D. Chmielewska**, T. Sterzyński, *Thermal properties of epoxy composites with polyhedral oligomeric silsesquioxanes (POSS)*, International Conference Polymers on the Odra River 2011, Opole.

### 7.7. Realizacja projektów badawczych

1. LIDER/25/0148/L-8/16/NCBR/2017, NCBiR, okres realizacji: 01.2018-12.2020, *Opracowanie technologii wytwarzania hybrydowych kompozytów biodegradowalnych dla branży motoryzacyjnej*, funkcja: **wykonawca i współautorka projektu**.
2. TERLANCOAT, POIR.04.01.02-00-0097/16, NCBiR, okres realizacji: 01.2017-06.2019, *Hybrydowe kompozyty szybko wiążące do renowacji rurociągów, w tym naziemnych i podciśnieniowych*, funkcja: **wykonawca**.
3. NANOSIL, POIG.01.03.01-30-173/09-01, okres realizacji: 01.01.2010-31.12.2013, *Silseskwioxany jako nanonapełniacze i modyfikatory w kompozytach polimerowych*, funkcja: **wykonawca**.
4. UDA-POIG.01.03.01-00-025/08, NCBiR okres realizacji: 01.06.2008-31.10.2012, *Materiały polimerowe otrzymywane innowacyjnymi technikami przetwórstwa odpadów z elektroniki i samochodów*, funkcja: **wykonawca**.
5. Projekty badawcze realizowane w ramach dotacji Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego na finansowanie badań naukowych lub prac rozwojowych młodych naukowców lub uczestników studiów doktoranckich na Wydziale Budowy Maszyn i Zarządzania Politechniki Poznańskiej:
  - *Przyjazne dla środowiska hybrydowe kompozyty polimerowe z napełniaczami pochodzenia naturalnego*, 02/25/DSMK/4545, okres realizacji: 01.05.2018-31.11.2018, pełniona funkcja: **kierownik**.
  - *Przygotowanie napełniaczy naturalnych i syntetycznych do modyfikacji kompozytów polimerowych*, 02/25/DSMK/4342, 07.05.2016-31.11.2016, pełniona funkcja: **kierownik**.
  - *Kompozyty polimerowe modyfikowane napełniaczami hybrydowymi*, 02/25/DSMK/4207, okres realizacji: 01.05-30.11.2015, pełniona funkcja: **wykonawca**.
  - *Badanie właściwości żywic epoksydowych modyfikowanych napełniaczami nieorganicznymi*, 02/25/DSMK/0616, okres realizacji: 02.01.2013-30.11.2014, pełniona funkcja: **kierownik**.

- *Ocena właściwości reologicznych materiałów polimerowych przy dużych prędkościach ścinania*, 25-542/2012 DS-MK, okres realizacji: 01.05-30.11.2012, pełniona funkcja: kierownik: **kierownik**.

## 7.8. Działalność recenzencka

W ramach dotychczasowej pracy naukowej zrecenzowałam artykuły w następujących czasopismach (w tym indeksowanych na liście JCR):

1. Journal of Applied Polymer Science, ISSN: 0021-8995, od 2013 r., 10 recenzji
2. Industrial & Engineering Chemistry Research, ISSN: 0888-5885, od 2014 r., 2 recenzje
3. Composites Part B: Engineering, ISSN: 1359-8368, od 2016 r., 2 recenzje
4. Composites Science and Technology, ISSN: 0266-3538, od 2017 r., 2 recenzje
5. Indian Journal of Engineering & Materials Sciences ISSN: 0975-1017, od 2018 r., 1 recenzja.
6. Polymers, ISSN: 2073-4360; od 2018 r., 5 recenzji.
7. Advanced Composites Letters, ISSN: 09636935, od 2019 r., 2 recenzje
8. Coatings, ISSN: 2079-6412, od 2019 r., 4 recenzje
9. Materials, ISSN: 1996-1944, od 2019 r., 7 recenzji
10. Resources, ISSN: 1996-1944, od 2019 r., 1 recenzja
11. Nanomaterials, ISSN: 2079-4991, od 2019 r., 1 recenzja
12. Sustainability, ISSN: 2071-1050, od 2019 r., 1 recenzja
13. Fire Safety Journal, ISSN: 0379-7112, od 2019 r., 2 recenzje
14. ACS Omega, ISSN: 2470-1343, od 2019 r., 1 recenzja
15. Energies, ISSN: 1996-1073, od 2020 r., 2 recenzje
16. Polymer Composites, ISSN: 02728397, od 2020 r., 2 recenzje
17. Journal of Natural Fibers, ISSN: 1544-0478, do 2020 r., 8 recenzji
18. Materials Research, ISSN: 1516-1439, od 2020 r., 1 recenzja
19. Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, ISSN: 16785878, od 2020 r., 1 recenzja
20. SN Applied Sciences, ISSN: 2523-3963, od 2020 r., 2 recenzje
21. International Journal of Fatigue, ISSN: 0142-1123, od 2020 r., 1 recenzja
22. High Performance Polymers, ISSN: 0954-0083, od 2020 r., 2 recenzje



## 7.9. Staże w ośrodkach naukowych oraz przedsiębiorstwach

### *Staże zagraniczne:*

1. Technical University of Liberec, Department of Material Science, Republika Czeska, 11.11.2019- 15.11.2019, 1 tydzień. Przeprowadzenie cyklu wykładów z zakresu przetwórstwa tworzyw sztucznych w języku angielskim w ramach programu Erasmus + dla nauczycieli akademickich.
2. University of Chemical Technology and Metallurgy, Department of Applied Mechanics, Sofia, Bułgaria, 07.10.2019-25.10.2019, 2 tygodnie. Przeprowadzenie cyklu wykładów oraz szkolenia z zakresu przetwórstwa tworzyw sztucznych i materiałów kompozytowych w języku angielskim w ramach programu CEEPUS CIII-BG-0703-08-1920-M-132487.
3. University of Technology in Bratislava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of manufacturing systems, Bratysława, Słowacja, 19.02.2018-02.03.2018, 2 tygodnie. Przeprowadzenie cyklu wykładów oraz szkolenia z zakresu przetwórstwa tworzyw sztucznych i materiałów kompozytowych w języku angielskim w ramach programu CEEPUS CIII-BG-0703-06-1718.
4. Azurr-Technology s.r.o., Dolní Bečva, Republika Czeska, 15.02-26.02.2016, 2 tygodnie, staż przemysłowy. Wykonywanie zleconych pomiarów reologicznych, współudział w pracach B+R realizowanych w celu doskonalenia aparatury pomiarowej DYNISCO oraz systemu wsparcia posprzedażowego przedsiębiorstwa.
5. Wageningen University and Research Centre, Netherlands, 21.09.2015-02.10.2015, 2 tygodnie. Udział w projekcie *TransFormation.doc* realizowanym w ramach projektu systemowego MNiSW *Wsparcie systemu zarządzania badaniami naukowymi i ich wynikami*. Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka 2007-2013., POIG.01.01.03-00-001/08. Udział w szkoleniu umiejętności miękkich *Putting "Big Ideas" into Practice; Developing Soft Skills for Large System Change*.
6. Technische Universität Dresden, Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik, Holbeinstr, Dresden, Niemcy, 06.07-02.08.2015, 4 tygodnie. Stypendium w projekcie *Inżynier Przyszłości. Wzmocnienie potencjału dydaktycznego Politechniki Poznańskiej*, POKL.04.03.00-00-259/12. Przeprowadzenie prac badawczych dotyczących wytwarzania i charakterystyki kompozytów wzmacnianych napełniaczami włóknistymi. Zapoznanie się z technikami wytwarzania: RTM, RPM, Autoclave oraz, wykonanie analiz mikroskopowych, testów termicznych i mechanicznych oraz ultradźwiękowych wytworzonych kompozytów.

### **Stáže krajowe:**

1. Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. J.J Śniadeckich, Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej, Zakład Technologii Polimerów i Powłok Ochronnych, Seminaryjna 3, 85-326 Bydgoszcz, 18.02-01.03.2019, 2 tygodnie. Konsultacje naukowe z zakresu oceny właściwości materiałów kompozytowych i wykonanie serii badań.
2. Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. J.J Śniadeckich, Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej, Zakład Technologii Polimerów, Seminaryjna 3, 85-326 Bydgoszcz, 13-26.04.2015, 2 tygodnie. Stypendium w projekcie *Inżynier Przyszłości. Wzmocnienie potencjału dydaktycznego Politechniki Poznańskiej*, POKL.04.03.00-00-259/12. Zapoznanie się z technologiami wytwarzania materiałów kompozytowych, metodami badań oraz przeprowadzenie badań termomechanicznych kompozytów na stanowisku do analizy dynamicznych właściwości mechanicznych DMA.
3. NOVOL Sp. z o.o., Żabikowska 7/9, 62-052 Komorniki, 2.12.2011-5.01.2012 Staż przemysłowy ramach projektu *Wielkopolski Inżynier w Europejskiej Przestrzeni Badawczej*, POKL.08.02.01-30 021/10-00. Zapoznanie się z funkcjonowaniem przedsiębiorstwa, ze stosowanymi technologiami wytwarzania, surowcami. Przeprowadzenie badań materiałów kompozytowych.

### **7.10. Współpraca z przemysłem**

Doświadczenie i wiedza z zakresu metod analizy właściwości materiałów polimerowych i ich kompozytów była podstawą do nawiązania współpracy w formie wykonania ekspertyz, badań naukowych i szkoleń z następującymi przedsiębiorstwami:

1. Safilin Sp. z o.o., Miłakowo, *Opracowanie wyników badań materiałowych trzech typów kompozytów*, ekspertyza.
2. Marmite Sp. z o.o., Zakrzewo, *Wykonanie badań cieplnych i oraz analiza badań materiałowych brodzików z tworzyw sztucznych*, ekspertyza.
3. MJ Polymers, Puszczykowo, *Wykonanie analizy stanu techniki dotyczącej poliuretanów*, ekspertyza.
4. LUK PLAST Łukasz Kubczak, Inowrocław, *Wykonanie przeglądu stanu techniki dla kompozytu polipropylen/sznurek na podstawie dostępnych baz patentowych*, ekspertyza.
5. Sotralentz Sp. z o.o., Skierniewice, *Opracowanie wyników badań materiałowych materiału polimerowego*, ekspertyza.

6. Bodo Möller Chemie Polska Sp. z o.o, Poznań *Opracowanie wyników badań termicznych materiałów polimerowych i kompozytowych*, ekspertyza.
7. ELEKTRA, Ożarów Mazowiecki, *Opracowanie wyników analizy materiałowej przewodów grzejnych*, ekspertyza.
8. AZETX PIOTR CZARCZYŃSKI, Konin, *Analiza i opracowanie wyników badań materiałowych pilek do unihokeja*, ekspertyza.
9. Fair Packaging Sp. z o.o. Sp. k, Pniewy, *Analiza wyników badań materiałowych podkładu podłogowego*, ekspertyza.
10. WIP Sp. z o. o. Sp. k, Aleksandrów Kujawski., *Wykonanie badań fizycznych i mechanicznych dla trójwarstwowych folii poliestrowych (PET)*, ekspertyza.
11. Wavin Polska S.A., Buk, *Opinia na temat wyrobu oraz wykonanie analizy materiałowej*, ekspertyza.
12. ENEA Operator Sp. z o.o., Poznań, *Analiza wyników badań materiałowych*, ekspertyza.
13. Bombardier Transportation, (ZWUS) Polska Sp. z o.o, Katowice, *Opracowanie metody oceny jakościowej odbioru gotowego wyrobu.*, opracowanie procedur oceny jakościowej wyrobów kompozytowych i materiałów szkoleniowych dla pracowników.
14. Grupa Azoty S.A., *Szkolenie Przetwórców Tworzyw Sztucznych*, przeprowadzenie szkolenia laboratoryjnego dla pracowników przedsiębiorstwa.

*Donata Mofykiewicz*  
.....

(podpis wnioskodawcy)