

AUTOREFERAT

dr Kamila Sałasńska

Warszawa 2022

1. Imię i nazwisko

Kamila Maria Sałasińska

2. Posiadane dyplomy oraz stopnie naukowe

27.02.2015

Doktor nauk technicznych

Dziedzina: nauki inżynieryjno-techniczne

Dyscyplina: inżynieria materiałowa

Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Materiałowej

Tytuł rozprawy doktorskiej: *Kompozyty polimerowe z napełniaczami pochodzenia roślinnego otrzymywane z materiałów odpadowych*

Promotor: prof. dr hab. inż. Joanna Ryszkowska

Recenzenci: prof. dr hab. inż. Tomasz Sterzyński,
prof. dr hab. inż. Marcin Leonowicz

14.09.2007

Magister

Dziedzina: nauki inżynieryjno-techniczne

Dyscyplina: inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka

Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Środowiska

Kierunek: ochrona środowiska

Temat pracy: *Recykling materiałów polimerowych na osnowy kompozytów drewno - polimer*

Promotorzy: prof. dr hab. inż. Joanna Ryszkowska (WIM),
dr inż. Piotr Manczarski (WIŚ)

14.09.2005

Licencjat

Dziedzina: nauki inżynieryjno-techniczne

Dyscyplina: inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka

Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Środowiska

Kierunek: ochrona środowiska

Temat pracy: *Wykorzystanie wody podziemnej uzdatnianej w zakładzie „Warwin” S.A. w Warce*

Promotor: dr inż. Małgorzata Perchuc

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

07.2021 - obecnie	Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Materiałowej, Zakład Materiałów Ceramicznych i Polimerowych, Stanowisko: technolog
01.2020 – 06.2021	Centralny Instytut Ochrony Pracy-Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Zagrożeń Chemicznych, Pyłowych i Biologicznych, Pracownia Bezpieczeństwa Chemicznego, stanowisko: adiunkt
06.2017 – 12.2019	Centralny Instytut Ochrony Pracy-Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Zagrożeń Chemicznych, Pyłowych i Biologicznych, Pracownia Bezpieczeństwa Chemicznego, stanowisko: asystent
06.2015 – 06.2017	Centralny Instytut Ochrony Pracy-Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Zagrożeń Chemicznych, Pyłowych i Biologicznych, Pracownia Bezpieczeństwa Chemicznego, stanowisko: specjalista
04.2013 – 06.2015	Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Materiałowej, Zakład Materiałów Ceramicznych i Polimerowych, stanowisko: technolog

4. Wskazanie osiągnięcia stanowiącego podstawę postępowania habilitacyjnego

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

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. 2018 r. poz. 1668) stanowi cykl 12 powiązanych ze sobą tematycznie publikacji naukowych pt. *Nowe bezhalogenowe układy ograniczające palność i ocena właściwości materiałów polimerowych modyfikowanych nowymi bezhalogenowymi substancjami lub układami ograniczającymi palność.*

4.2. Wykaz prac stanowiących monotematyczny cykl publikacji naukowych

Osiągnięcie naukowe stanowi cykl 12 powiązanych tematycznie publikacji naukowych, których sumaryczny Impact Factor (IF) oraz liczba punktów MEiN wynoszą odpowiednio 39,13 i 1130. Wartości wskaźnika IF są zgodne z wartościami podanymi w roku opublikowania poszczególnych artykułów, zaś w przypadku publikacji, które ukazały się w 2020 r. lub później za rok 2020. W przypadku punktów MEiN podano wartość zgodne z ujętymi w ujednoczonym wykazie czasopism z dn. 25 stycznia 2017 (poz. 1-3) bądź w wykazie czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych z dn. 1 grudnia 2021 (poz. 4-12).

Poz.	Publikacja	Autor korespondencyjny	Pkt. MNiSW	IF
1.	Zatorski W., Salasińska K. , <i>Nienasycone żywice poliestrowe modyfikowane nanocząstkami – analiza palności</i> , Polimery 2016, 61 (11-12), 815-822.	Tak	15	0,778
	<i>Mój wkład w powstanie publikacji polegał na wyznaczeniu wskaźników rozprzestrzeniania się pożaru, analizie i interpretacji wyników badań oraz odniesieniu ich do danych literaturowych, przygotowaniu wstępu, dyskusji wyników i wniosków, edycji tekstu artykułu oraz przeprowadzeniu procesu publikacyjnego, w tym przygotowaniu odpowiedzi na uwagi recenzentów, a także przygotowaniu manuskryptu do druku.</i>			
2.	Salasinska, K. , Borucka, M., Leszczyńska, M., Zatorski, W., Celiński, M., Gajek, A., Ryszkowska, J., <i>Analysis of flammability and smoke emission of rigid polyurethane foams modified with nanoparticles and halogen-free fire retardants</i> , Journal of Thermal Analysis and Calorimetry 2017, 130, 131-141.	Tak	25	2,209
	<i>Mój wkład w powstanie publikacji polegał na opracowaniu koncepcji badań, wytworzeniu materiałów modyfikowanych układami ograniczającymi palność, wykonaniu, opracowaniu i interpretacji wyników indeksu tlenowego, opracowaniu i interpretacji części analiz przeprowadzonych przez współautorów (kalorymetr stożkowy, komora dymotwórcza, udział w interpretacji TGA), przygotowaniu tekstu artykułu, edycji manuskryptu i przeprowadzeniu procesu publikacyjnego, w tym</i>			

	<i>przygotowaniu odpowiedzi na uwagi recenzentów bądź prowadzeniu nadzoru merytorycznego nad odpowiedziami współautorów, a także przygotowaniu manuskryptu do druku. Badania zrealizowano w ramach kierowanego przeze mnie projektu (III.P.01), ale w celu potwierdzenia postawionej przeze mnie hipotezy badawczej rozszerzyłam zakres prowadzonych analiz tworząc interdyscyplinarny zespół naukowców z różnych jednostek badawczych.</i>			
3.	Salasińska, K. , Borucka, M., Celiński, M., Gajek, A., Zatorski, W., Mizera, K., Leszczyńska, M., Ryszkowska, J., <i>Thermal stability, fire behavior, and fumes emission of polyethylene nanocomposites with halogen-free fire retardants</i> , Advances in Polymer Technology 2018, 37, 2394-2410.	tak	30	2,073
	<i>Mój wkład w powstanie publikacji polegał na opracowaniu układów ograniczających palność oraz koncepcji i planu badań, doborze polimeru, wykonaniu, opracowaniu i interpretacji wybranych analiz (indeks tlenowy, analiza pozostałości po paleniu), opracowaniu i interpretacji części badań przeprowadzonych przez współautorów (analiza zdjęć SEM, PXRD, DMTA, TGA, kalorymetr stożkowy, komora dymotwórcza), przygotowaniu tekstu artykułu, edycji manuskryptu i przeprowadzeniu procesu publikacyjnego, w tym przygotowaniu odpowiedzi na uwagi recenzentów bądź prowadzeniu nadzoru merytorycznego nad odpowiedziami współautorów, a także przygotowaniu manuskryptu do druku. Badania zrealizowano w ramach kierowanego przeze mnie projektu (III.P.01), ale w celu potwierdzenia postawionej przeze mnie hipotezy badawczej rozszerzyłam zakres prowadzonych analiz tworząc interdyscyplinarny zespół naukowców z różnych jednostek badawczych.</i>			
4.	Salasinska K. , Celiński M., Barczewski M., Leszczyński M.K., Borucka M., Kozikowski P., <i>Fire behavior of flame retarded unsaturated polyester resin with high nitrogen content additives</i> , Polymer Testing 2020, 84, 106379.	Tak	100	4,282
	<i>Mój wkład w powstanie publikacji polegał na opracowaniu koncepcji i planu badań, dobraniu polimeru, metody i parametrów jego wytwarzania oraz przygotowaniu materiałów modyfikowanych nowymi substancjami ograniczającymi palność, wykonaniu, opracowaniu i interpretacji wybranych badań (analiza rozmiaru cząstek uniepalniaczy, ich rozpuszczalności w wodzie, pH i lepkości roztworu, wmywaniu uniepalniaczy z polimeru, indeks tlenowy, badanie zagrożenia ogniowego, analiza makroskopowa pozostałości po paleniu), opracowaniu i interpretacji części badań przeprowadzonych przez współautorów (analiza zdjęć SEM próbek oraz SEM/EDS</i>			

	<p>zwęglin, TGA uniepalniaczy i materiałów, kalorymetria stożkowa, emisja dymu w warunkach akumulacyjnych), przygotowaniu tekstu artykułu, edycji manuskryptu i przeprowadzeniu procesu publikacyjnego, w tym przygotowaniu odpowiedzi na uwagi recenzentów bądź prowadzeniu nadzoru merytorycznego nad odpowiedziami współautorów, a także przygotowaniu manuskryptu do druku. Badania zrealizowano w ramach kierowanego przeze mnie projektu (III.P.01), ale w celu potwierdzenia postawionej przeze mnie hipotezy badawczej rozszerzyłam zakres prowadzonych analiz tworząc interdyscyplinarny zespół naukowców z różnych jednostek badawczych.</p>			
	<p>Salasinska K., Mizera K., Celiński M., Kozikowski P., Borucka M., Gajek A., <i>Thermal properties and fire behavior of polyethylene with a mixture of copper phosphate and melamine phosphate as a novel flame retardant</i>, Fire Safety Journal 2020, 115, 103137.</p>	<p>Tak</p>	<p>140</p>	<p>2,764</p>
5.	<p><i>Mój wkład w powstanie publikacji polegał na sformułowaniu problemu naukowego, postawieniu hipotezy badawczej, opracowaniu koncepcji badań, dobraniu polimeru, wykonaniu, opracowaniu i interpretacji wybranych badań (analiza wymywania uniepalniacza z polimeru, analiza makroskopowa pozostałości po paleniu), opracowaniu i interpretacji części analiz przeprowadzonych przez współautorów (analiza zdjęć SEM próbek oraz SEM/EDS zwęglin, kalorymetria stożkowa, TGA i DMTA), przygotowaniu tekstu artykułu, edycji manuskryptu i przeprowadzeniu procesu publikacyjnego, w tym przygotowaniu odpowiedzi na uwagi recenzentów bądź prowadzeniu nadzoru merytorycznego nad odpowiedziami współautorów, a także przygotowaniu manuskryptu do druku.</i></p>			
	<p>Salasinska K., Mizera K., Celiński M., Kozikowski P., Mirowski J., Gajek A., <i>Thermal properties and fire behavior of a flexible poly(vinyl chloride) modified with complex of 3-aminotriazole with zinc phosphate</i>, Fire Safety Journal 2021, 122, 103326.</p>	<p>tak</p>	<p>140</p>	<p>2,764</p>
6.	<p><i>Mój wkład w powstanie publikacji polegał na sformułowaniu problemu badawczego, opracowaniu koncepcji i planu badań, wykonaniu, opracowaniu i interpretacji wybranych badań (analiza wymywania uniepalniacza z polimeru, badanie zagrożenia ogniowego, analiza makroskopowa pozostałości po paleniu), opracowaniu i interpretacji części analiz przeprowadzonych przez współautorów (analiza zdjęć SEM próbek oraz SEM/EDS zwęglin, statyczna próba rozciągania, kalorymetria stożkowa, TGA), przygotowaniu tekstu artykułu, edycji manuskryptu</i></p>			

	<i>i przeprowadzeniu procesu publikacyjnego, w tym przygotowaniu odpowiedzi na uwagi recenzentów bądź prowadzeniu nadzoru merytorycznego nad odpowiedziami współautorów, a także przygotowaniu manuskryptu do druku. Badania zrealizowano w ramach kierowanego przeze mnie projektu (III.N.07), ale w celu potwierdzenia postawionej przeze mnie hipotezy badawczej rozszerzyłam zakres prowadzonych analiz tworząc interdyscyplinarny zespół naukowców z różnych jednostek badawczych.</i>			
	Salasinska K. , Celiński M., Mizera K., Barczewski M., Kozikowski P., Leszczyński M.K., Domańska A., <i>Moisture resistance, thermal stability and fire behavior of unsaturated polyester resin modified with L-histidinium dihydrogen phosphate-phosphoric acid</i> , <i>Molecules</i> 2021, 26, 932.	Tak	100	4,411
7.	<i>Mój wkład w powstanie publikacji polegał na opracowaniu koncepcji i planu badań, dobraniu polimeru, metody i parametrów wytwarzania oraz przygotowaniu materiałów modyfikowanych nowymi substancjami ograniczającymi palność, wykonaniu, opracowaniu i interpretacji części analiz (wymiwania uniepalniacza z polimeru, TGA, badanie zagrożenia ogniowego, analiza makroskopowa pozostałości po paleniu), opracowaniu i interpretacji części badań przeprowadzonych przez współautorów (analiza zdjęć SEM próbek oraz SEM/EDS zwęgliń, TGA po moczeniu w wodzie, kalorymetria stożkowa, emisja dymu w warunkach akumulacyjnych), przygotowaniu tekstu artykułu, edycji manuskryptu i przeprowadzeniu procesu publikacyjnego, w tym przygotowaniu odpowiedzi na uwagi recenzentów bądź prowadzeniu nadzoru merytorycznego nad odpowiedziami współautorów, a także przygotowaniu manuskryptu do druku. Badania zrealizowano w ramach kierowanego przeze mnie projektu (III.P.01), ale w celu potwierdzenia postawionej przeze mnie hipotezy badawczej rozszerzyłam zakres prowadzonych analiz tworząc interdyscyplinarny zespół naukowców z różnych jednostek badawczych.</i>			
8.	Salasinska K. , Leszczyńska M., Celiński M., Kozikowski P., Kowiorski K., Lipińska L., <i>Burning Behaviour of Rigid Polyurethane Foams with Histidine and Modified Graphene Oxide</i> , <i>Materials</i> 2021, 14, 1184.	Tak	140	3,623
	<i>Mój wkład w powstanie publikacji polegał na sformułowaniu problemu naukowego, opracowaniu koncepcji i planu badań, opracowaniu układu uniepalniającego i receptur sztywnych pianek poliuretanowych, a także metody ich wytwarzania oraz</i>			

	<p>wytworzeniu pianek modyfikowanych układem uniepalniającym, opracowaniu i interpretacji części badań przeprowadzonych przez współautorów (analiza zdjęć SEM próbek wraz z analizą wielkości porów oraz SEM/EDS zwęgliń, gęstość, kruchość, TGA, kalorymetria stożkowa, emisja dymu w warunkach akumulacyjnych), przygotowaniu tekstu artykułu, edycji manuskryptu i przeprowadzeniu procesu publikacyjnego, w tym przygotowaniu odpowiedzi na uwagi recenzentów bądź prowadzeniu nadzoru merytorycznego nad odpowiedziami współautorów, a także przygotowaniu manuskryptu do druku. Badania zrealizowano w ramach kierowanego przeze mnie projektu (III.N.07), ale w celu potwierdzenia postawionej przeze mnie hipotezy badawczej rozszerzyłam zakres prowadzonych analiz tworząc interdyscyplinarny zespół naukowców z różnych jednostek badawczych.</p>			
	<p>Salasinska K., Barczewski M., Celiński M., Kozikowski P., Sodo A., Mirowski J., Zajchowski S., Tomaszewska J., <i>Plasticized poly(vinyl chloride) modified with developed fire retardant system based on nanoclay and L-histidinium dihydrogen phosphate-phosphoric acid</i>, Polymers 2021, 13, 2909.</p>	<p>tak</p>	<p>100</p>	<p>4,329</p>
9.	<p>Mój wkład w powstanie publikacji polegał na sformułowaniu problemu naukowego, opracowaniu koncepcji i planu badań, dobraniu składu układu uniepalniającego oraz pozostałych przedstawionych w publikacji, wykonaniu analizy makroskopowej pozostałości po paleniu, opracowaniu i interpretacji części badań przeprowadzonych przez współautorów (analiza zdjęć SEM i STEM próbek oraz SEM/EDS zwęgliń, statyczna próba rozciągania, TGA, kalorymetria stożkowa, emisja dymu w warunkach akumulacyjnych), przygotowaniu tekstu artykułu, edycji manuskryptu i przeprowadzeniu procesu publikacyjnego, w tym przygotowaniu odpowiedzi na uwagi recenzentów bądź prowadzeniu nadzoru merytorycznego nad odpowiedziami współautorów, a także przygotowaniu manuskryptu do druku. Badania zrealizowano w ramach kierowanego przeze mnie projektu (III.N.07), ale w celu potwierdzenia postawionej przeze mnie hipotezy badawczej rozszerzyłam zakres prowadzonych analiz tworząc interdyscyplinarny zespół naukowców z różnych jednostek badawczych.</p>			
10.	<p>Salasinska K., Barczewski M., Borucka M., Górny R.L., Kozikowski P., Celiński M., Gajek A., <i>Thermal stability, fire and smoke behaviour of epoxy composites modified with plant waste fillers</i>, Polymers 2019, 11, 1234.</p>	<p>tak</p>	<p>100</p>	<p>3,426</p>

	<p><i>Mój wkład w powstanie publikacji polegał na sformułowaniu problemu badawczego oraz opracowaniu koncepcji i planu badań, wytypowaniu surowców roślinnych i polimeru, a także metody wstępnego przygotowania lupin i lusek obejmującej dobrane oraz zrealizowane przeze mnie procesy suszenia i mielenia, opracowaniu metody wytwarzania materiałów oraz przygotowaniu próbek do badań, wykonaniu analizy wielkości cząstek napelniaczy lignocelulozowych i makroskopowej oceny pozostałości po paleniu, opracowaniu i interpretacji części badań przeprowadzonych przez współautorów (analiza zdjęć SEM próbek oraz SEM/EDS zwęglin, TGA, kalorymetria stożkowa), przygotowaniu tekstu artykułu, edycji manuskryptu i przeprowadzeniu procesu publikacyjnego, w tym przygotowaniu odpowiedzi na uwagi recenzentów, a także przygotowaniu manuskryptu do druku. Byłam pomysłodawcą, a także kierownikiem zadania badawczego (I-48) obejmującego opisanie w publikacji badania, jednakże w celu potwierdzenia postawionej przeze mnie hipotezy badawczej rozszerzyłam zakres prowadzonych analiz, tworząc interdyscyplinarny zespół naukowców z różnych jednostek badawczych.</i></p>			
	<p>Salasinska K., Mizera K., Barczewski M., Borucka M., Gloc M., Celiński M., Gajek A., <i>The influence of degree of fragmentation of Pinus sibirica on flammability, thermal and thermomechanical behavior of the epoxy-composites</i>, Polymer Testing 2019, 79, 106036.</p>	<p>tak</p>	<p>100</p>	<p>3,275</p>
<p>11.</p>	<p><i>Mój wkład w powstanie publikacji polegał na sformułowaniu problemu badawczego oraz opracowaniu koncepcji i planu badań, wytypowaniu surowca roślinnego w postaci drewna sosny syberyjskiej oraz żywicy epoksydowej, a także metody wstępnego przygotowania napelniaacza obejmującej dobrane oraz zrealizowane przeze mnie procesy suszenia i mielenia, opracowaniu metody wytwarzania materiałów oraz przygotowaniu próbek do badań, wykonaniu analizy wielkości cząstek napelniaczy lignocelulozowych i makroskopowej oceny pozostałości po paleniu, opracowaniu i interpretacji części badań przeprowadzonych przez współautorów (analiza rezultatów mikrotomografii komputerowej oraz SEM zwęglin, TGA, kalorymetria stożkowa), przygotowaniu tekstu artykułu, edycji manuskryptu i przeprowadzeniu procesu publikacyjnego, w tym przygotowaniu odpowiedzi na uwagi recenzentów bądź prowadzeniu nadzoru merytorycznego nad odpowiedziami współautorów, a także przygotowaniu manuskryptu do druku. Byłam pomysłodawcą, a także kierownikiem zadania badawczego (I-48) obejmującego opisanie w publikacji badania, jednakże w celu potwierdzenia postawionej przeze mnie hipotezy badawczej rozszerzyłam zakres prowadzonych analiz tworząc interdyscyplinarny zespół naukowców z różnych jednostek badawczych.</i></p>			

	<p>Salasinska K., Celiński M., Mizera K., Kozikowski P., Leszczyński M.K., Gajek A., <i>Synergistic effect between histidine phosphate complex and hazelnut shell for flammability reduction of low-smoke emission epoxy resin</i>, Polymer Degradation and Stability 2020, 181, 109292.</p>	Tak	100	5,03
12.	<p><i>Mój wkład w powstanie publikacji polegał na sformułowaniu hipotezy badawczej oraz opracowaniu koncepcji i planu badań, dobraniu składnika roślinnego układu uniepalniającego i metody jego wstępnego przygotowania oraz udziału poszczególnych komponentów i opracowaniu metody wytwarzania materiałów polimerowych umożliwiającej wystąpienie efektu synergicznego, a także przygotowaniu próbek do badań, wykonaniu, opracowaniu i interpretacji wyników badania zagrożenia ogniowego i analizy makroskopowej pozostałości po paleniu, opracowaniu i interpretacji części badań przeprowadzonych przez współautorów (analiza zdjęć SEM próbek wraz z analizą wielkości cząstek oraz SEM/EDS zwęgliń, TGA, kalorymetria stożkowa), przygotowaniu tekstu artykułu, edycji manuskryptu i przeprowadzeniu procesu publikacyjnego, w tym przygotowaniu odpowiedzi na uwagi recenzentów bądź prowadzeniu nadzoru merytorycznego nad odpowiedziami współautorów, a także przygotowaniu manuskryptu do druku. Jestem również współautorem opisanego w artykule mechanizmu ograniczania palności opracowanego układu ograniczającego palność.</i></p>			

4.3. Cel naukowy i opis osiągniętych wyników

4.3.1. Wprowadzenie

Wykaz najważniejszych skrótów:

APP – polifosforan amonu

APTES – 3-aminopropylotrietoksylian

ATH – wodorotlenek glinu

CHN – analiza elementarna

CUMP – mieszanina fosforanu melaminy i fosforanu miedzi

DB – działanie badawcze

DMPP – dimetylopropylofosforan

DMTA – dynamiczna analiza termiczna właściwości mechanicznych

DSC – różnicowa kalorymetria skaningowa

EDS - metoda spektroskopii dyspersji energii
EHC – efektywne ciepło spalania substancji lotnych
EP – żywica epoksydowa
FR CT – mieszanina P,P'-ditenku bis [(5-etylo-2-metylo-1,3,2-dioksa fosforinianu-5-yl) metylo] metylo fosfonianu i P-tlenku 5-etylo-5-[metoksy-(metylofosforylo)-oksymetylo]-2 metylo-1,3,2-dioksa fosforinianu
FRI – wskaźnik ognioodporności
FT-IR – spektroskopia w podczerwieni z transformacją Fouriera
GO_A – tlenek grafenu modyfikowany 3-aminopropylotrietoksyloksysilanem
H – histydyna
HDPE – polietylen dużej gęstości
HRR – szybkość wydzielania ciepła
HS – łupiny orzecha laskowego
LHP – kokryształ diwodorofosforanu L-histydyny i kwasu fosforowego
MAHRE – maksymalna średnia szybkość emisji ciepła
MC – cyjanuran melaminy
MO – ortofosforan melaminy
MWCNT – wielościennie nanorurki węglowe
NMR – spektroskopia magnetycznego rezonansu jądrowego
n – nanomateriał w postaci pochodnej montmorylonitu modyfikowanej długocząsteczkową aminą (35 ÷ 45 % mas. dimetylo dialkilo C14-C18 amina)
OI – indeks tlenowy
pHRR – maksymalna wartość szybkości wydzielania ciepła
POSS – poliedryczny oligomeryczny silseskwioksan
PU – poliuretan
PVC – poli(chlorek winylu)
PXRD – dyfraktometria proszkowa
S – drewno sosny syberyjskiej
SB – wodorowęglan sodu
SEM – skaningowy mikroskop elektronowy
SH – łuski słonecznika
STEM – skaningowy transmisyjny mikroskop elektronowy
TEP – trietylofosforanu
T_g – temperatura zeszklenia

TGA – analiza termogravimetryczna
THC – całkowite wydzielone ciepło
TSR – całkowita ilość wydzielonego dymu
TT – ditlenkiem tytanu
UL-94 – standard stosowany przez American Underwriters Laboratories odpowiadający badaniu zagrożenia ogniowego
UP – nienasycona żywica poliestrowa
WS – łupiny orzecha włoskiego
ZB – boran cynku
ZN3AT – kompleks 3-aminotriazolu z cynkiem
ZP – fosforan cynku
μCT – mikrotomografia komputerowa

Niszczące działanie procesu spalania było znane ludzkości od początków jej istnienia, a moment w którym człowiek nauczył się go kontrolować był punktem zwrotnym w ewolucji. Najnowsze znaleziska dowodzą, że człowiek wykorzystywał ogień już około miliona lat temu by odstraszyć drapieżniki, przygotować jedzenie, czy ogrzać się na nowo zasiedlonych północnych terenach, ale przede wszystkim sprzyjał on socjalizacji skupiając naszych przodków wokół ogniska, a tym samym był istotnym elementem, który sprawił, że staliśmy się ludźmi [1, 2].

Palenie jest zazwyczaj zdarzeniem pożądanym, wyjątek stanowi proces przebiegający w sposób niekontrolowany, w miejscu do tego nieprzeznaczonym i rozprzestrzeniający się tak, że stwarza zagrożenie dla zdrowia i życia ludzi oraz zwierząt bądź powoduje straty materialne. Pożary powstające na otwartej przestrzeni emitują ciepło do otoczenia na drodze konwencji oraz promieniowania przez co nie wraca ono do środowiska pożaru. Inaczej sytuacja wygląda w przypadku zdarzeń zaistniałych w zamkniętych przestrzeniach, gdzie promieniowanie pochłaniane jest przez elementy konstrukcji i wyposażenia bądź ulega odbiciu i trafia do obszaru objętego przez płomienie, powodując wzrost temperatury i intensyfikację pirolizy. Rozwój i przebieg pożaru w budynku zależy od szeregu czynników takich jak: geometria i konfiguracja pomieszczenia, lokalizacja i wielkość otworów wentylacyjnych, ale także źródło inicjacji procesu palenia czy rodzaj, ilość i rozmieszczenie materiałów palnych [3, 4].

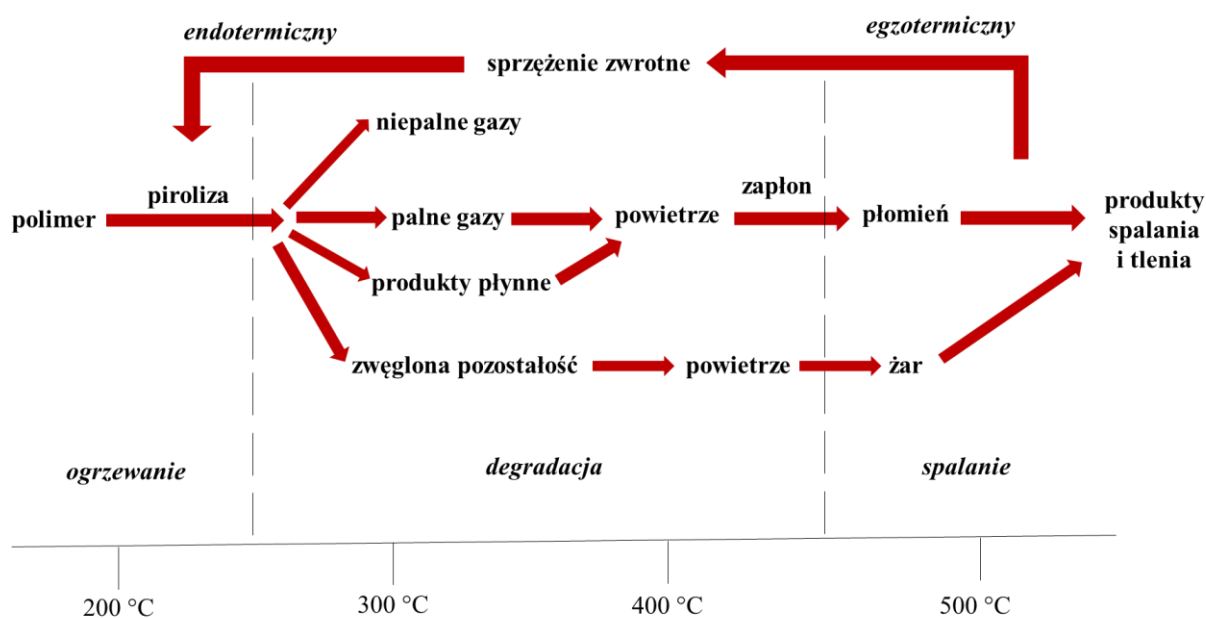
Poza licznymi stratami, których wartość trudno oszacować, pożary mają również wymiar finansowy. Oszacowano, że całkowity koszt poniesiony z tego tytułu w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej tylko w 2014 roku wyniósł 328,5 mld USD, z czego 83,1 %

to wydatki związane z ochroną przeciwpożarową, zaś 16,9 % to straty, w tym wynikające z utraty zdrowia bądź życia ludzkiego. Polityka polegająca na inwestowaniu znacznych środków w ochronę przeciwpożarową budynków wynika z faktu, że aż 75 % zgonów, 77 % rannych oraz 43 % strat (dane dla USA z 2018 r.) jest powodowana pożarami obiektów mieszkalnych. Szacuje się, że każdego dnia w państwach członkowskich UE dochodzi do 5 000 incydentów pożarowych w budynkach, które generują rocznie 126 mld EUR strat. Według statystyk Systemu Wspomagania Decyzji Państwowej Straży Pożarnej w 2019 roku w Polsce straty materialne z tytułu pożarów osiągnęły 1 907 846 800 PLN przy łącznej liczbie tego rodzaju zdarzeń 153 520. Wśród przyczyn, pomijając te nieustalone, dominują podpalenie (51 817), nieostrożność przy posługiwaniu się otwartym ogniem (34 343) i nieprawidłowa eksploatacja urządzeń grzewczych na paliwo stałe (12 930), ale również wady urządzeń i instalacji elektrycznych (5 773). Kolejną niezwykle tragiczną statystykę stanowi liczba ofiar śmiertelnych i rannych, która w 2019 roku wyniosła odpowiednio 525 (w tym 18 dzieci) oraz 3 687 [5-8].

Pomimo faktu, iż ilość pożarów w ostatnich latach zmalała, wciąż rośnie liczba ofiar śmiertelnych. W Stanach Zjednoczonych od 2009 do 2018 r. ilość pożarów zmalała o 2,5 %, a o 17 % zmniejszyła się ilość osób rannych, jednakże znacznie, bo aż o 20,5 %, wzrosła ilość zgonów. Badania przeprowadzone przez US National Institute of Standards and Technology w celu oceny skuteczności działania czujników dymu w budynkach wykazały, że obecnie czas przewidziany na ewakuację ofiar wynosi zaledwie 3 minuty, podczas gdy w latach 70-tych ubiegłego wieku było to 17 minut. Jako przyczynę tak niekorzystnego trendu podaje się m. in.: nowe zasady projektowania budynków dotyczące tworzenia otwartych przestrzeni z mniejszą liczbą barier w postaci drzwi i ścian, stosowanie większej ilości materiałów łatwopalnych, w tym przede wszystkim tworzyw sztucznych, które oprócz wnętrza znajdują zastosowanie także w strukturze budynków, a także większą hermetyczność tego rodzaju obiektów. Wprowadzone zmiany nie wpływają na zwiększenie ilości zdarzeń, ale powodują, że pożary w budynkach stały się bardziej niebezpieczne. Podane czynniki przyczyniły się do wzrostu intensywności wydzielania ciepła i szybszego rozprzestrzeniania się płomieni, zwiększenia ilości emitowanych dymów oraz różnorodności powstających związków chemicznych, w tym substancji bardziej podatnych na zapalenie oraz toksycznych. Zwiększenie toksyczności gazów związane jest głównie ze wzrostem udziału materiałów syntetycznych na bazie azotu i fosforu, a także zawierających znaczne ilości substancji halogenowych. Pomimo faktu, że dominującym czynnikiem śmiertelnym jest obecność znacznych ilości ditlenku węgla, gazy takie jak cyjanowodór, chlorowodór, bromowodór oraz fluorowodór oprócz negatywnego wpływu

na organizm powodują również dezorientację i utratę przytomności ofiar, co w konsekwencji prowadzi do śmierci [5, 9-11].

Liczne prace badawcze potwierdziły, że żaden materiał organiczny, nawet przy braku dostępu tlenu, nie jest odporny na proces degradacji zachodzący w wyniku intensywnego i długotrwałego oddziaływania ciepła. Polimery, ze względu na swoją budowę opartą na makrocząsteczkach organicznych, są materiałami palnymi, a ich palenie jest procesem złożonym i wieloetapowym. Proces ten obejmuje 3 główne fazy, tj.: ogrzewanie, degradację i spalanie, podczas których uwalniana jest energia zmagazynowana w wiązaniach chemicznych. Rysunek 1 obrazuje współzależność etapów spalania tworzyw, jak również wielopoziomowość procesu, związaną m. in. z zachodzeniem przemian zarówno w fazie gazowej jak i skondensowanej [12-14].



Rysunek 1. Schemat obrazujący złożoność procesu palenia polimerów [12, 14]

Problem naukowo-badawczy dotyczący ochrony mienia oraz zdrowia i życia człowieka wobec zagrożeń związanych z powstaniem i rozprzestrzenianiem się pożaru odnosi się do różnych dyscyplin naukowych, w tym inżynierii materiałowej, która pozwala na opracowanie nowych rozwiązań na poziomie tworzywa. Ograniczenie palenia polimerów może być zrealizowane na drodze modyfikacji struktury polimeru, jednakże, ze względu na wysoką cenę i ograniczoną aplikacyjność, to rozwiązanie stosuje się relatywnie rzadko. Popularnym rozwiązaniem jest zastosowanie dodatków ograniczających palność materiałów zwanych uniepalniaczami (ang. *fire retardant*), bądź antypirenami. Obecnie na rynku dostępnych jest około 200 uniepalniaczy oferowanych przez różnych producentów.

Ich działanie opiera się na jednym bądź zestawie następujących mechanizmów: ograniczeniu rozkładu termicznego i stężenia palnych produktów rozkładu w fazie gazowej, generowaniu reakcji endotermicznych obniżających temperaturę w strefie spalania, rozcieńczaniu mieszaniny gazowej w wyniku wydzielania gazów obojętnych, inhibitowaniu wolnych rodników poprzez ich wychwytywanie lub zastępowanie mniej reaktywnymi czy tworzeniu zwęglonej warstwy izolującej. Jedno z kryteriów podziału środków ograniczających palność wyróżnia uniepalniacze reaktywne, które ulegają wbudowaniu w makrocząsteczkę polimeru oraz niepodlegające chemicznemu wiązaniu środki addytywne. Na podstawie przeprowadzonych analiz stwierdzono, że stosowanie środków ograniczających palność może nawet 3-krotnie wydłużyć czas przeżycia ofiar pożaru, co jest kluczowe w trakcie prowadzenia akcji ewakuacyjnej.

Spośród dostępnych środków ograniczających palność największą popularnością, oprócz substancji zawierających halogeny, cieszą się wodorotlenki glinu i magnezu, a w dalszej kolejności związki zawierające atomy fosforu i azotu. Pomimo relatywnie niskiej ceny i wysokiej skuteczności uniepalniacze z wbudowanymi atomami chloru lub bromu są stopniowo wycofywane z użycia, gdyż budzą wiele kontrowersji, przede wszystkim ze względu na toksyczność i właściwości korozyjne uwalnianych gazów. Uniepalniacze zawierające $\text{Al}(\text{OH})_3$ (podobnie jak $\text{Mg}(\text{OH})_2$) wydłużają czas potrzebny do nagrzania się materiału do temperatury zapłonu, a uwolniona para wodna wraz z produktami rozkładu przedostaje się do strefy spalania, gdzie jako dodatkowy składnik zmniejsza stężenie wolnych rodników oraz tlenu. Ponadto na powierzchni powstaje warstwa Al_2O_3 , która zapobiega propagacji płomienia do głębszych warstw materiału. Wzmocnienie procesów tworzenia zwęgliny, endotermiczne procesy dehydratacji i rozcieńczenie gazowych produktów termicznej degradacji przez parę wodną są również głównymi mechanizmami działania związków boru, z których najpopularniejszy jest boran cynku. Z kolei produkty rozkładu substancji ograniczających palność zawierające fosfor uznawane są za jedne z najbardziej wydajnych inhibitorów spalania w fazie gazowej. Dla części antypirenów zawierających jednocześnie fosfor i azot zaobserwowano występowanie tzw. efektu synergicznego, czyli zwiększonego w porównaniu do efektywności odpowiadającej sumie oddziaływań jednostkowych, skłaniając badaczy do tworzenia nowych substancji i/lub układów uniepalniających. Aktualnie za jedne z najskuteczniejszych uznaje się uniepalniacze pęczniejące (ang. *intumescent*), które pod wpływem strumienia ciepła przyczyniają się do formowania na powierzchni modyfikowanego nimi polimeru sztywnej zwęglonej warstwy o budowie komórkowej,

chroniącej materiał przed ogrzewaniem jego głębszych warstw i zapobiegającej wymianie materii pomiędzy ośrodkami [12, 15-19].

Dotychczasowa popularność związków halogenowych wynika m. in. z faktu, że większość wprowadzonych dawniej uregulowań prawnych skupiała się na opóźnieniu zapłonu bądź redukcji intensywności procesu, lekceważąc fakt, iż zastosowanie środków ograniczających palność może prowadzić do zwiększenia ilości wydzielanych dymów i zawartych w nich substancji o działaniu toksycznym i/lub drażniącym. Obecnie w celu określenia właściwości palnych materiałów polimerowych wyznacza się szereg cech pożarowych, w tym: zapalność, szybkość wydzielania ciepła, emisję dymu, toksyczność gazowych produktów pirolizy i spalania czy stopień zwęglenia. Oprócz efektywnego działania w kierunku ograniczania palności środek uniepalniający powinien być stabilny chemicznie i nie higroskopijny, nie powinien zaburzać procesów przetwórczych, czy wpływać niekorzystnie na pozostałe cechy materiału oraz jego cenę, a nawet środowisko i przede wszystkim zachować swoje właściwości przez cały okres użytkowania wyrobu. Sprostanie wszystkim wymaganiom stawianym przez producentów wyrobów, użytkowników i regulacje prawne w obszarze bezpieczeństwa pożarowego jest powodem poszukiwania nowych rozwiązań przez ośrodki badawcze na całym świecie.

4.3.2. Cel i zakres prowadzonych prac naukowo - badawczych

Ograniczenie palności jest jednym z kluczowych zadań i stanowi integralną część w procesie projektowania oraz produkcji wyrobów wykonanych z materiałów polimerowych. Zgodnie z zaleceniami zawartymi w dokumentach takich jak rozporządzenie REACH (*Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals*), Konwencja Sztokholmska w sprawie trwałych zanieczyszczeń organicznych, a także dyrektywa unijna RoHS w sprawie ograniczenia stosowania niektórych niebezpiecznych substancji w sprzęcie elektrycznym i elektronicznym większość antypirenów halogenowych powinna zostać wycofana, tworząc tym samym lukę w światowej produkcji środków uniepalniających. Odpowiedzią na wyzwania stawiane przez decydentów UE jest opracowanie nowych bezhalogenowych substancji, które oprócz redukcji palności będą korzystnie lub w akceptowalnym stopniu, wpływać na pozostałe cechy użytkowe poddanych modyfikacji materiałów. Konieczność poszukiwania nowych, bezpiecznych, jak również przyjaznych dla środowiska, rozwiązań stała się inspiracją do podjęcia prac naukowych opisanych w niniejszym autoreferacie.

Głównym celem naukowym badań było uzyskanie wiedzy nt. możliwości zastosowania opracowanych substancji i układów bezhalogenowych jako środków ograniczających palność materiałów polimerowych, a także poszukiwanie zrównoważonych rozwiązań materiałowych o zmniejszonym niekorzystnym oddziaływaniu środowiskowym, polegających na zastąpieniu części substancji syntetycznych surowcami pochodzenia roślinnego. Istotnym celem szczegółowym, oprócz potwierdzenia redukcji palności czy emisji dymu, było określenie wpływu analizowanych substancji i układów na właściwości mechaniczne, termiczne oraz mikrostrukturę modyfikowanych polimerów. Ocenę skuteczności działania substancji i układów bezhalogenowych jako środków ograniczających palność oraz możliwość ich zastosowania w tworzywach sztucznych przeprowadzono wykorzystując do tego szereg znanych materiałów polimerowych stosowanych w budownictwie, motoryzacji oraz przemyśle elektrycznym i elektronice, a ich selekcji dokonano wykorzystując do tego raporty sporządzone co roku przez międzynarodową organizację PlasticsEurope. Ważną rolę w procesie otrzymywania tworzyw o ograniczonej palności odegrał również proces wytwarzania, w tym dobór metody oraz parametrów przetwórczych. Motywacją do realizacji tak szeroko zakrojonych prac badawczych był fakt, iż warunkiem ewentualnej przyszłej aplikacji zaproponowanych rozwiązań będzie otrzymanie materiałów polimerowych o zredukowanej palności oraz pożądanym cechach użytkowych.

Opisane przeze mnie wyniki prac badawczych, ujętych w jednotematycznym cyklu publikacji pt. *Nowe bezhalogenowe układy ograniczające palność i ocena właściwości materiałów polimerowych modyfikowanych nowymi bezhalogenowymi substancjami lub układami ograniczającymi palność*, zostały podzielone na trzy działania badawcze (**DB**), związane z wytworzeniem i oceną właściwości materiałów polimerowych modyfikowanych układami bezhalogenowych substancji ograniczających palność na bazie środków komercyjnych (**DB1**), substancjami i układami uniepalniającymi pęczniejącymi (**DB2**) oraz substancjami i układami na bazie surowców roślinnych (**DB3**).

Prowadzone w ramach **DB1** prace dotyczyły doboru składu bezhalogenowych układów uniepalniających na bazie środków komercyjnych, w których jednym ze składników był nanomateriał. Następnie modyfikowane nimi polimery poddano ocenie palności, emisji dymu oraz toksyczności produktów rozkładu i spalania, uzupełniając prowadzone badania o analizę termiczną, a niekiedy również termo-mechaniczną i strukturalną. Prace badawcze stanowiły przedmiot projektu III.P.01 pt. *Opracowanie metod otrzymywania ogniobezpiecznych nanokompozytów polimerowych z uwzględnieniem bezhalogenowych związków zmniejszających palność tworzyw sztucznych*, zrealizowanego w ramach badań naukowych

i prac rozwojowych III etapu programu wieloletniego *Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy* (2014-2016) finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego i Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Na podstawie wyników projektu, realizowanego pod moim kierownictwem od 1 lipca 2015 roku, powstały 3 publikacje naukowe stanowiące wkład do jednotematycznego cyklu publikacji (**poz. 1-3**). W pierwszej publikacji (**DB1.1 – poz. 1**) oceniłam efektywność zastosowania wybranych dodatków o wielkości nanometrycznej, w tym nanorurek węglowych, glinokrzemianów warstwowych, poliedrycznego oligomerycznego silseskwioksanu oraz ditlenku tytanu, na palność nienasyconej żywicy poliestrowej. Uzyskane rezultaty zostały wykorzystane do opracowania bezhalogenowych układów uniepalniających opisanych w dwóch kolejnych publikacjach. Pierwsza z nich (**DB1.2 – poz. 2**) dotyczyła oceny skuteczności ograniczenia intensywności procesu palenia oraz wydzielenia dymów i zawartych w nich toksycznych produktów sztywnej pianki poliuretanowej modyfikowanej układami uniepalniającymi, w skład których, oprócz nanododatków, wchodziły ciekłe i proszkowe uniepalniacze bezhalogenowe. Zastosowane antypireny różniły się nie tylko postacią, ale również składem chemicznym i mechanizmem działania. Natomiast ostatnia praca opublikowana w ramach DB1 (**DB1.3 – poz. 3**) opisuje wpływ opracowanych układów uniepalniających na cechy pożarowe, a także właściwości termo-mechaniczne oraz mikrostrukturę poddanego modyfikacji polietylenu dużej gęstości. Każdy z układów zawierał nanomateriał i dwa bezhalogenowe uniepalniacze proszkowe, a uzyskane rezultaty odniesiono do cech niemodyfikowanego polimeru i HDPE zawierającego tożsamą ilość antypirenu bromowego. Opracowane układy uniepalniające wykazywały efekt synergiczny prowadzący do ograniczenia palności i/lub emisji dymu bądź wydzielenia toksycznych produktów spalania i rozkładu, co potwierdziły przeprowadzone analizy. Zaproponowane rozwiązania różniły się sposobem działania i skutecznością, ale niewątpliwie wiodącym w ograniczaniu palności okazał się mechanizm polegający na tworzeniu warstwy izolacyjnej na powierzchni materiału. Na podstawie zrealizowanych prac przygotowano 4 patenty, z których jeden został nagrodzony **Złotym Laurem Innowacyjności** w 2018 roku.

Prace badawcze dotyczące opracowania nowych środków bądź układów ograniczających palność oraz ocenę ich wpływu na właściwości użytkowe i mikrostrukturę materiałów polimerowych kontynuowałam w drugim działaniu badawczym (**DB2**), w ramach którego powstało 6 artykułów stanowiących wkład do cyklu powiązanych tematycznie publikacji naukowych (**poz. 4 – 9**) oraz 2 patenty. Mając na uwadze spostrzeżenia poczynione podczas realizacji **DB1** swoje prace ukierunkowałam na zastosowanie środków wykazujących zdolność do ograniczenia palności i emisji dymu poprzez tworzenie na powierzchni polimeru

trwałej warstwy zwęglenia. Prace badawcze wykonane zostały w ramach projektu III.N.07 pt. *Nowe układy antypirenow typu intumescent (spęczniających) oraz tworzywa sztuczne zawierające te układy*, realizowanego pod moim kierownictwem w ramach badań naukowych i prac rozwojowych IV etapu programu wieloletniego *Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy* (2017-2019) finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego i Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. W toku prowadzonych zadań opracowano nowe substancje w postaci związku kompleksowego i mieszaniny, które następnie zastosowano do modyfikacji różnych typów materiałów polimerowych i poddano szczegółowej analizie. Pierwszy z artykułów (**DB2.1 – poz. 4**) dotyczył oceny skuteczności nowych związków w ograniczaniu palności nienasyconej żywicy poliestrowej. Publikacja obejmowała szczegółową charakterystykę użytych środków oraz omówienie wyników badań palności, właściwości mechanicznych, a także analiz termicznej i strukturalnej. Ocena efektywności analizowanych związków w kontekście zastosowania ich jako uniepalniacze pęczniące dla masowych polimerów termoplastycznych, w tym polietylenu dużej gęstości (**DB2.2 – poz. 5**) i plastyfikowanego poli(chlorku winylu) (**DB2.3 – poz. 6**), stanowiła przedmiot kolejnych dwóch publikacji. Ze względu na ograniczoną skuteczność analizowanych substancji dalsze prace skupiono na poszukiwaniu nowych rozwiązań. W tym celu opracowano i wytworzono kokryształ diwodorofosforanu L-histydyny i kwasu fosforowego (LHP), który użyto do modyfikacji UP, a otrzymany materiał poddano wnikliwej ocenie (**DB2.4 – poz. 7**). Obiecujące rezultaty badań były podstawą do zastosowania LHP, jak również związku wykorzystanego do jego syntezy, w układach uniepalniających z nanonapełniaczami. W tym celu histydynę w połączeniu z modyfikowanym tlenkiem grafenu wprowadzono do sztywnej pianki poliuretanowej (**DB2.5 – poz. 8**), zaś układ LHP z glinokrzemianami warstwowymi użyto do modyfikacji plastyfikowanego poli(chlorku winylu) (**DB2.6 – poz. 9**). Wytworzone materiały polimerowe wykazywały zróżnicowaną zdolność do tworzenia spęczniałej zwęgliny, ale wartości kluczowych parametrów, pozwalające ocenić wpływ nowych substancji bądź układów na intensywność palenia i emisję dymu, były niższe od uzyskanych dla niemodyfikowanych materiałów polimerowych oraz na co najmniej zbliżonym poziomie do środków komercyjnych. Najkorzystniejsze rezultaty uzyskano dla LHP, co było powodem jego zastosowania jako składnika układów uniepalniających, w których jeden z komponentów stanowił materiał pochodzenia roślinnego.

Analiza wpływu napełniaczy roślinnych na palność kompozytów polimerowych została szeroko opisana w literaturze, jednakże podejście, według którego komponent roślinny o określonych cechach miałby być składnikiem pęczniącego układu ograniczającego palność,

stanowił nową i dotychczas nie ujętą w pracach badawczych koncepcję. Niniejsze zagadnienie było przedmiotem trzeciego działania badawczego (**DB3**) w ramach, którego oprócz zgłoszenia patentowego powstało siedem publikacji, a trzy z nich włączyłam do cyklu powiązanych tematycznie publikacji naukowych (**poz. 10 – 12**). Prace realizowane były pod moim kierownictwem w ramach dwóch zadań badawczych pt. *Wytworzenie kompozytów polimerowych modyfikowanych napełniaczami roślinnymi o niskiej palności i dymotwórczości* (2016 – 2017) oraz *Opracowanie nowego ekologicznego układu uniepalniającego intumescent do zastosowania w żywicy epoksydowej* (2018-2019) prowadzonych w ramach działalności statutowej CIOP-PIB. W pierwszym artykule **DB3 (DB3.1 – poz. 10)** opisałam korzystny wpływ dodatku rozdrobnionych łupin orzechów laskowych i włoskich oraz łusek słonecznika na ograniczenie palności i emisji dymu żywicy epoksydowej. Podczas prowadzonych prac zaobserwowałam, że budowa chemiczna napełniaczy lignocelulozowych sprzyja tworzeniu zwęglonej pozostałości, która w przypadku łupin orzecha laskowego podlegała również pęcznieniu. W celu ustalenia wpływu innych cech napełniacza roślinnego na tworzenie spęczniałej zwęgliny przeprowadzono badania dla żywicy epoksydowej z napełniaczem w postaci drewna sosny syberyjskiej o różnym stopniu rozdrobnienia. Przedstawione w artykule **DB3.2 – poz. 11** wyniki badań wskazały jaki rozmiar cząstek dodatku lignocelulozowego umożliwia formowanie się zwęglenia o szczelnej i jednocześnie porowatej strukturze. Ponieważ napełniacz roślinny nie może być traktowany jako środek uniepalniający o jednorodnych i powtarzalnych właściwościach, a także w celu wzmocnienia jego działania, w trzecim artykule (**DB3.3 – poz. 12**) przedstawiono wpływ układu zawierającego łupiny orzecha laskowego o ustalonym stopniu rozdrobnienia i uniepalniacza LHP na właściwości palne żywicy epoksydowej. Zastosowanie 5 % mas. łupin orzecha laskowego w układzie z 15 % mas. LHP przyczyniło się do powstania zwęgliny o poszukiwanej strukturze, w której łupiny pełniły rolę stelaża dla półpłynnej fazy w trakcie wzrostu i zestalania zwęgliny. Zgłoszenie patentowe zostało docenione przez grono polskich naukowców i przedsiębiorców, czego dowodem jest **Złoty Laur Innowacyjności** przyznany przez Naczelną Organizację Techniczną w 2020 roku. Ponadto opracowane rozwiązanie zdobyło uznanie Stowarzyszenia Wynalazców i Przedsiębiorców z Francji, uzyskując **Złoty Medal** na *Międzynarodowych Targach Wynalazczości CONCOURS LÉPINE 2020*, które odbywają się pod honorowym patronatem Prezydenta Republiki Francuskiej.

W świetle wymagań stawianych materiałom polimerowym o ograniczonej palności podjęte przeze mnie prace badawcze wpisują się w nurt poszukiwania nowych rozwiązań z obszaru inżynierii materiałowej i stanowią oryginalny oraz istotny wkład w rozwój

dyscypliny. Potwierdza to fakt, iż opracowane rozwiązania nie były poruszane w literaturze bądź istotnie poszerzają wiedzę w tym obszarze. Prace ujęte w ramach poszczególnych działań opisują w kompleksowy sposób wpływ dodatków ograniczających palność na strukturę i właściwości użytkowe, a także ukierunkowują prace badawcze na nowy tor dotyczący zastosowania przyjaznych dla środowiska rozwiązań. Wytworzenie materiałów polimerowych modyfikowanych nowoopracowanymi substancjami lub układami uniepalniającymi oraz ocena ich wpływu nie tylko na palność, ale również właściwości mechaniczne, termiczne i mikrostrukturę wiązało się ze znajomością zagadnień dotyczących zarówno fizykochemii polimerów, jak i technologii ich przetwarzania. Pozwoliło to rozszerzyć dotychczasową wiedzę i określić zakresy stosowalności nowych substancji lub układów uniepalniających w materiałach polimerowych.

4.3.3. Omówienie prowadzonych badań naukowych i osiągniętych rezultatów

Opis osiągnięcia naukowego będącego podstawą do wszczęcia postępowania habilitacyjnego został podzielony na 3 części. W pierwszej omówione zostały wyniki prac dotyczących właściwości materiałów polimerowych modyfikowanych układami zawierającymi nanododatki i komercyjne uniepalniacze bezhalogenowe. Kolejna przedstawia rezultaty badań otrzymane dla polimerów, do których wprowadzono antypireny spęczniające, bądź przygotowane z ich udziałem układy uniepalniające. Natomiast trzecia część opisuje wpływ komponentów roślinnych na palność, a także możliwość zastąpienia części uniepalniacza syntetycznego składnikiem naturalnym.

4.3.3.1. Układy bezhalogenowych substancji ograniczających palność materiałów polimerowych na bazie środków komercyjnych

Ważnym kierunkiem w badaniach nad ograniczeniem intensywności procesu palenia i emisji toksycznych dymów z materiałów polimerowych jest efekt synergiczny. Co ciekawe tego rodzaju zjawisko swoistego współdziałania nie zależy od udziału masowego, a jedynie od struktury chemicznej użytych komponentów. Połączenie nanomateriałów z konwencjonalnymi środkami ograniczającymi palność, prowadzące do powstania efektu synergicznego, pozostaje wciąż przedmiotem badań. Dowiedziono, iż zastąpienie niewielkich ilości uniepalniaczy nanomateriałami może zwiększyć efektywność działania tego rodzaju środków i poprawić stabilność termiczną materiału. Podczas spalania nanododatki migrują do powierzchni polimeru i wspomagają proces tworzenia się zwęgliny [18, 19]. W dotychczas opublikowanych pracach badawczych temat synergizmu pomiędzy uniepalniaczami

lub uniepalniaczem i nanomateriałem był wielokrotnie poruszany, jednakże tworzenie wieloskładnikowych układów oraz analiza ich wpływu na cechy pożarowe, uzupełniona o właściwości użytkowe, jest dość rzadko stosowana.

Prace badawcze, polegające na określeniu skuteczności działania opracowanych układów uniepalniających na bazie komercyjnych środków i nanomateriałów, rozpoczęłam od oceny wpływu rodzaju zastosowanych nanododatków na zachowanie się polimerów w trakcie palenia (**DB1.1 – poz. 1**). W tym celu nienasyconą żywicę poliestrową modyfikowaną 3 rodzajami wielościennych nanorurek węglowych, 2 rodzajami pochodnych montmorylonitu modyfikowanych długocząsteczkową aminą, poliedrycznym oligomerycznym silseskwioxanem funkcjonalizowanym grupami izobutyłowymi i nanometrycznym ditlenkiem tytanu, poddano badaniom z wykorzystaniem kalorymetru stożkowego, imitującego końcowy etap I fazy pożaru zwany rozgorzeniem oraz urządzenia do pomiaru gęstości optycznej dymu metodą testu jednokomorowego, które umożliwia określenie zadymienia w warunkach akumulacyjnych. Użycie każdego z zaproponowanych nanododatków spowodowało zmniejszenie intensywności palenia polimeru, ale nanomateriały różniły się istotnie skutecznością oraz nie zawsze ograniczały ilość dymu wydzielanego w trakcie procesu, niezależnie od warunków prowadzenia badania. Ponadto potwierdzono korzystny wpływ obecności nanomateriałów na tworzenie się zwęglonej pozostałości. Na podstawie uzyskanych rezultatów niezwykle trudno było jednoznacznie stwierdzić, który z zastosowanych nanododatków wywiera najbardziej pożądany wpływ jednocześnie na wszystkie analizowane cechy pożarowe. Swoją potencjał w ograniczaniu intensywności i potencjalnym rozprzestrzenianiu się pożaru ujawniły jeden z rodzajów nanorurek węglowych oraz ditlenkiem tytanu. W przypadku emisji dymu w warunkach odpowiadających dynamicznym najlepsze rezultaty uzyskano dla tego samego typu MWCNT oraz POSS, zaś w warunkach odpowiadających statycznym dla UP z TT.

W dalszej części prac w ramach **DB1** opracowano wieloskładnikowe układy uniepalniające, a po wprowadzeniu ich do różnych typów polimerów termoplastycznych i duroplastów poddano weryfikacji pod kątem skuteczności w ograniczaniu palności oraz emisji toksycznych dymów. W kolejnej publikacji (**DB1.2 – poz. 2**) przedstawiono rezultaty modyfikacji komercyjnego układu sztywnej pianki poliuretanowej, stosowanej jako element otulin rur dla rurociągów centralnego ogrzewania, przez układy uniepalniające, których udział względem składnika A wyniósł 30 % mas. Każdy z zaproponowanych układów zawierał trzy uniepalniacze ciekłe w postaci dimetylopropylofosforanu (DMPP), trietylofosforanu (TEP) i mieszaniny aktywnej cyklicznych związków fosforu (FR CT), jeden z trzech uniepalniaczy

proszkowych takich jak wodorotlenek glinu (ATH), polifosforan amonu (APP) bądź boran cynku (ZB) oraz nanomateriał w postaci MWCNT lub TT. Wytworzenie pianek PU o ograniczonej palności zrealizowane zostało we współpracy z dr inż. Wojciechem Zatorskim. Wyniki badań, odniesione do rezultatów uzyskanych dla niemodyfikowanego polimeru i PU zawierającego jedynie ciekłe uniepalniacze, pozwoliły mi zaobserwować, że zastosowanie uniepalniaczy proszkowych oraz nanododatków przyczyniło się do ograniczenia intensywności procesu spalania i rozprzestrzeniania się płomienia, zaś wypłaszczone krzywe szybkości uwalniania ciepła sugerowały tworzenie się zwęglonej pozostałości, czemu sprzyjała obecność nanomateriałów, a zwłaszcza MWCNT. Korzystniejsze rezultaty uzyskane dla wieloskładnikowych układów pozwoliły mi stwierdzić, że uniepalniacze proszkowe i nanonapełniacze wykazywały większą skuteczność i/lub co bardziej prawdopodobne pomiędzy składnikami wystąpił efekt synergiczny. Zastosowanie zestawu środków, które różniły się mechanizmem działania, jak również postacią i rozmiarem cząstek wpłynęło korzystnie na różne cechy pożarowe, w tym na ilość wydzielanego dymu. Należy zwrócić uwagę, iż w przypadku pianek poliuretanowych zawierających wyłącznie ciekłe antypireny w odniesieniu do parametrów charakteryzujących emisję dymu wystąpił efekt przeciwny. Większą redukcją, niezależnie od warunków prowadzenia pomiarów, odznaczały się PU z układami, w których zastosowano ditlenek tytanu. Na podstawie uzyskanych wyników badań do dalszych analiz wytypowałam dwa układy zawierające w swym składzie ATH, który cechował się efektywnością w układach z obydwoma nanomateriałami. Przeprowadzona dla wybranych materiałów analiza termogravimetryczna potwierdziła ich pozytywny wpływ na tworzenie się pozostałości i zmniejszenie różnic w wartościach temperatury początku degradacji, obniżonych w efekcie dodania uniepalniaczy fosforowych. Z kolei niewielkie różnice w wartościach indeksu tlenowego sugerują, iż zastosowany poliuretan, jako produkt komercyjny, mógł zawierać środki, które ograniczały jego zapalność. Znanym z literatury przykładem uniepalniacza, który po dodaniu do pianek poliuretanowych pozwala na uzyskanie korzystnych rezultatów w testach OI i UL-94, ale również niepożądany wzrost szybkości wydzielania ciepła obserwowany w pomiarach kalorymetrycznych, jest bezhalogenowy uniepalniacz fosforowy o nazwie handlowej Fyrol PNX. Pożądany efekt synergiczny pomiędzy składnikami układów został również zaobserwowany w kwestii uwalniania toksycznych gazowych produktów rozkładu i spalania, określonych za pomocą pieca Pursera sprzężonego z chromatografem gazowym ze spektrofotometrem mas. Analizowane układy uniepalniające powodowały redukcję ilości i różnorodności gazowych produktów rozkładu, a najkorzystniejsze rezultaty odnotowano dla kompozycji z TT.

Badania nad wystąpieniem efektu synergicznego pomiędzy składnikami układu ograniczającego palność kontynuowałam w kolejnych pracach, których rezultaty przedstawiono m. in. w ostatniej publikacji z **DB1 (DB1.3 – poz. 3)**. Układy uniepalniające użyte do modyfikacji polietylenu dużej gęstości opracowałam samodzielnie na podstawie analizy wyników badań i literatury. W skład każdego z nich, oprócz nanomateriału w postaci wielościennych nanorurek węglowych bądź pochodnej montmorylonitu modyfikowanej długocząsteczkową aminą (28÷32% mas. oktadecyloaminy), wchodziły dwa spośród bezhalogenowych uniepalniaczy takich jak: boran cynku, wodorotlenek glinu, fosforan cynku (ZP), ortofosforan melaminy (MO) i wodorowęglan sodu (SB). Najbardziej pożądane rezultaty, biorąc pod uwagę intensywność i rozprzestrzenianie się palenia, odnotowano dla kompozycji ATH i ZB z MWCNT, a uzyskane wyniki były korzystniejsze w porównaniu do otrzymanych dla podobnego układu z glinokrzemianami warstwowymi. Jak pokazują zdjęcia pozostałości po badaniu palności polietylen uległ wypaleniu, podczas gdy zastosowanie uniepalniaczy przyczyniało się do tworzenia zwęglonej warstwy na powierzchni próbki (Rys. 2). Powstała w wyniku działania uniepalniaczy i wspierana przez nanododatki znacznych rozmiarów zwęglina izolowała materiał od strumienia ciepła oraz przede wszystkim zatrzymała część produktów rozkładu w fazie skondensowanej. Wprawdzie opracowane układy powodowały obniżenie temperatury degradacji i skrócenie czasu, po którym próbki ulegały zapaleniu, ale rozkład termiczny i spalanie zachodziły z mniejszą intensywnością. Uzyskane efekty nie były tak korzystne w przypadku emisji dymu i zależały nie tylko od składu, ale również metody badań. Najlepsze rezultaty spośród HDPE z uniepalniaczami uzyskano dla układu MO i SB z MWCNT. Potwierdzeniem potencjału układu ATH i ZB z MWCNT oraz wystąpienia efektu synergicznego pomiędzy składnikami była analiza ilości oraz różnorodności toksycznych produktów rozkładu i spalania. Mając na uwadze fakt, iż zastosowany udział układów uniepalniających wyniósł aż 30 % mas., uzyskane rezultaty uzupełniono o analizę strukturalną i ocenę właściwości termo-mechanicznych polimeru poddanego modyfikacji. Analiza mikrostruktury ujawniła wady takie jak niejednorodna struktura materiału, ograniczona adhezja komponentów i tworzenie aglomeratów przez cząstki uniepalniaczy, co potwierdzono za pomocą dyfraktometrii proszkowej. Technika ta pozwoliła zaobserwować redukcję udziału fazy krystalicznej HDPE, potwierdzoną także przy użyciu różnicowej kalorymetrii skaningowej. Z kolei na podstawie DMTA stwierdzono, że wprowadzenie uniepalniaczy proszkowych w większości przypadków powodowało wzrost sztywności polietylenu w analizowanym zakresie temperaturowym, zwłaszcza dla systemów z nanorurkami

węglowymi, a także zmiany w wartościach temperatury relaksacji, wynikające z ograniczonej ruchliwości makrocząsteczek polimeru.



Rysunek 2. Zdjęcia pozostałości po badaniu wykonanym za pomocą kalorymetru stożkowego dla niemodyfikowanego HDPE (a), polimeru z niepalniaczem halogenowym (b) oraz jednym z opracowanych układów niepalniających (c) (zdjęcia K. Sałasińska)

Na podstawie uzyskanych wyników prac badawczych ujętych w ramach działania **DB1** potwierdziłam, że pomiędzy składnikami opracowanych układów niepalniających, zawierających antypireny bezhalogenowe i nanododatki, występował efekt synergiczny prowadzący do zwiększenia skuteczności w ograniczaniu palności materiałów polimerowych, a różnice w zachowaniu się poszczególnych materiałów wynikały z wieloskładnikowego charakteru opracowanych kompozycji. Dominującym mechanizmem, biorąc pod uwagę efektywność w redukcji intensywności procesu, było tworzenie się na ich powierzchni materiału warstwy ochronnej. Skuteczność zaproponowanych rozwiązań wynikała nie tylko ze składu kompozycji, ale również ich znacznego udziału, co nie pozostało bez wpływu na pozostałe właściwości użytkowe i było powodem poszerzenia prowadzonych analiz w ramach kolejnych działań badawczych opisanych w niniejszym autoreferacie.

4.3.3.2. Pęczniejące substancje i układy ograniczające palność materiałów polimerowych

Formowanie zwęglonej warstwy (zwęgliny) jest prawdopodobnie najważniejszym mechanizmem zachodzącym w fazie skondensowanej, który ma wpływ na zahamowanie procesu palenia się materiałów. Powstawanie zwęgliny jest procesem wieloetapowym zapoczątkowanym przez reakcje rekombinacji rodników, co prowadzi do tworzenia długich łańcuchów, a poprzedzające zajście kolejnych procesów, w tym tworzenia sprzężonych wiązań podwójnych, cyklizacji, aromatyzacji, zespolenia pierścieni aromatycznych, aż w końcu grafityzacji. Doskonała zwęglina powinna być zarówno spójna i mieć szczelną warstwę zewnętrzną, jak również posiadać strukturę komórkową wypełnioną niepalnym gazem,

co zapobiega przedostawaniu się lotnych produktów rozkładu do strefy spalania i zapewnia odpowiedni gradient temperatury. Utworzenie się takiej struktury jest warunkowane okludowaniem się cząsteczek gazu wewnątrz zastygającej fazy, a czynniki regulujące ten proces zależą m. in. od lepkości, napięcia powierzchniowego na granicy polimer - gaz oraz kinetyki procesu gazyfikacji i sieciowania. Występowanie procesu spęczniania może wynikać z budowy chemicznej materiału bądź właściwości substancji wprowadzonych do polimeru. Tworzenie zwęglonej warstwy pod wpływem uniepalniaczy spęczniających (Rys. 3) opiera się na szeregu procesów fizyko-chemicznych zachodzących dzięki obecności kluczowych składników w postaci kwasowego promotora zwęgliny, źródła węgla, a także składnika generującego niepalne gazy. Tlenowe kwasy nieorganiczne inicjują proces rozkładu, uczestnicząc także w formowaniu zwęglenia, zaś źródło węgla, którym często jest sam polimer, intensyfikuje wzrost zwęgliny. Z kolei spienianie zachodzi w wyniku rozkładu składnika gazotwórczego i wydzielania niepalnych gazów. Efekty towarzyszące, w tym rozrzedzenie ilości utleniacza w strefie spalania, czy miejscowe ochładzanie materiału, zwiększają efekt uniepalniający. Dodatkowo w celu poprawy jakości warstwy do układu mogą być wprowadzane składniki, które wpływają korzystnie na tworzenie gazowych pęcherzy i/lub zwiększają odporność mechaniczną zwęgliny [22].



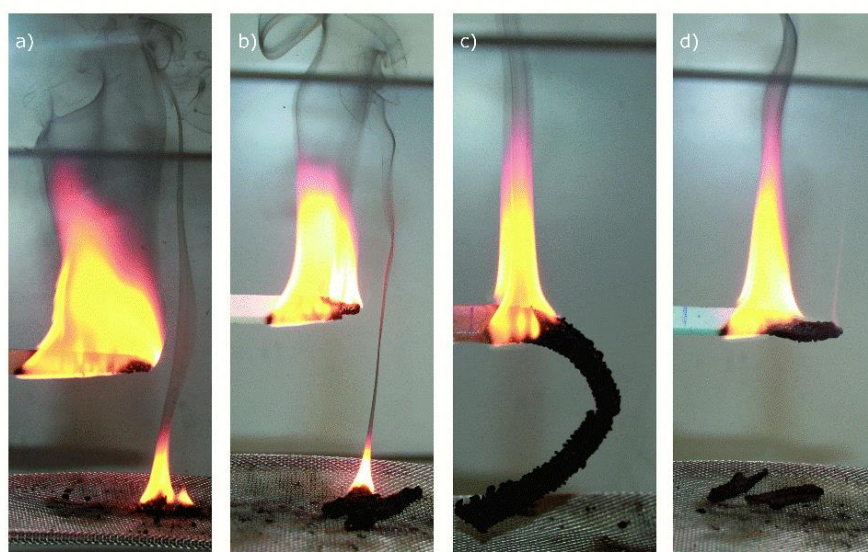
Rysunek 3. Zdjęcia obrazujące przebieg badania palności za pomocą kalorymetru stożkowego wykonane dla polimeru modyfikowanego opracowanym układem uniepalniającym spęczniającym (zdjęcia K. Sałasińska)

Znając podstawy teoretyczne dotyczące składu i struktury chemicznej uniepalniaczy spęczniających prace badawcze dotyczące opracowania nowych rozwiązań do zastosowania w tworzywach sztucznych zostały ukierunkowane na związki chemiczne w postaci kompleksów oraz mieszanin. Przewaga tego rodzaju substancji predysponująca je jako uniepalniacze spęczniające wynika z faktu, iż związki koordynacyjne mogą w jednej cząsteczce posiadać kilka bogatych w azot związków organicznych (jako ligandy bez ładunku) i grup kwasowych (jako aniony), natomiast w mieszaninach ilość każdego związku można dobrać tak,

aby uwydatnić oczekiwane właściwości. Badania nad określeniem skuteczności nowo opracowywanych substancji jako środków ograniczających palność poprzez tworzenie na powierzchni polimeru warstwy zwęglenia rozpoczęto od ich charakterystyki, a wyniki analiz stanowiące uzupełnienie do oceny właściwości modyfikowanych nimi tworzyw przedstawiono w kolejnych publikacjach. Zastosowanie nowatorskich dodatków nie pozostało bez wpływu na przebieg procesu wytwarzania bądź sieciowania polimerów, dość często katalizując lub inhibitując jego przebieg, dlatego każdorazowo pierwszy etap prowadzonych przeze mnie prac polegał na doborze rodzaju lub składu polimeru, a w przypadku tworzyw chemoutwardzalnych także metody i parametrów wytwarzania. Najkorzystniejsze procedury, zgodnie z którymi przygotowano materiały, przedstawiłam w poszczególnych artykułach. Kluczowe dla wytworzenia opisanych w autoreferacie tworzyw chemoutwardzalnych okazały się duża prędkość obrotowa stosowana w trakcie procesu mieszania mechanicznego komponentów, a wynikająca z predyspozycji cząstek nowo opracowywanych substancji do aglomeracji oraz jednoczesne chłodzenie mieszanek, a także ich odpowietrzanie.

Polimerem, który w pierwszej kolejności poddałam modyfikacji była nienasycona żywica poliestrowa, a rezultaty szeregu badań przedstawiono w pierwszej publikacji z **DB2 (DB2.1 – poz. 4)**. Jako substancje ograniczające palność zastosowałam kompleks 3-aminotriazolu z cynkiem (ZN3AT) oraz mieszaninę fosforanu melaminy i fosforanu miedzi (CUMP), opracowane i zsyntezowane przez dra inż. Macieja Celińskiego. Strukturę chemiczną wytworzonych substancji ustalono dzięki zainicjowanej przeze mnie współpracy z naukowcami z Politechniki Poznańskiej i Instytutu Chemii Fizycznej PAN oraz zastosowaniu technik badawczych takich jak: spektroskopia w podczerwieni z transformacją Fouriera, analiza termogravimetryczna, dyfraktometria proszkowa, spektroskopia magnetycznego rezonansu jądrowego i analiza elementarna. Tworzenie się warstwy izolacyjnej, która skutecznie hamowała proces palenia i jego rozprzestrzenianie, a także intensywność dymienia czy produkcję płonących kropeł (Rys. 4), potwierdziłam za pomocą kalymetrii stożkowej i analizy emisji dymu w warunkach akumulacyjnych, a także obserwacji poczynionych w trakcie badania zagrożenia ogniowego (UL-94). Analizowane związki różniły się skutecznością w tworzeniu odpowiednich rozmiarów zwęgliń, przykładowo ZN3AT sprzyjał formowaniu większej, ale zdeformowanej warstwy, co potwierdzają zdjęcia pozostałości i przebieg krzywych szybkości wydzielania ciepła. Wartości parametrów uzyskanych za pomocą w/w technik były zdecydowanie korzystniejsze od uzyskanych dla niemodyfikowanego polimeru oraz korzystniejsze lub na co najmniej podobnym poziomie do otrzymanych dla UP z tożsamym udziałem komercyjnego uniepalniacza w postaci

cyjanuranu melaminy (MC). Z kolei technika SEM/EDS pozwoliła ujawnić porowatą strukturę zwęglin oraz obecność związków, które brały czynny udział w procesie ich formowania. Oprócz aktywności w fazie skondensowanej zaobserwowano również działanie substancji w fazie gazowej poprzez wydzielanie większych ilości niepalnych gazów i ograniczenie emisji składników palnych. Ponadto analiza gazowych produktów rozkładu i spalania dowiodła ograniczenia ilości oraz różnorodności uwalnianych produktów, co było efektem ich wbudowywania w zwęgloną pozostałość. Niestety poddanie próbek długotrwałemu moczeniu w wodzie o podwyższonej temperaturze sprzyjało wmywaniu ZN3AT (ubytek masy o 12,5 % wobec 1,7 % dla UP z CUMP i 1,1 % dla materiałów referencyjnych) i prowadziło do ograniczenia ilości pozostałości określonej na podstawie TGA. Uzupełnienie opisanych rezultatów o analizy z obszaru badań termicznych (DSC) i termo-mechanicznych (DMTA) sugerowało zmiany w gęstości usieciowania UP, widoczne zwłaszcza w przypadku ZN3AT, który pomimo dotwardzania UP w podwyższonej temperaturze inhibitował proces sieciowania żywicy. Obserwacje te miały swoje odzwierciedlenie w zredukowanej twardości. Z kolei CUMP, choć nie był tak skuteczny w ograniczaniu palności, powodował niewielki wzrost sztywności i twardości względem niemodyfikowanego polimeru.

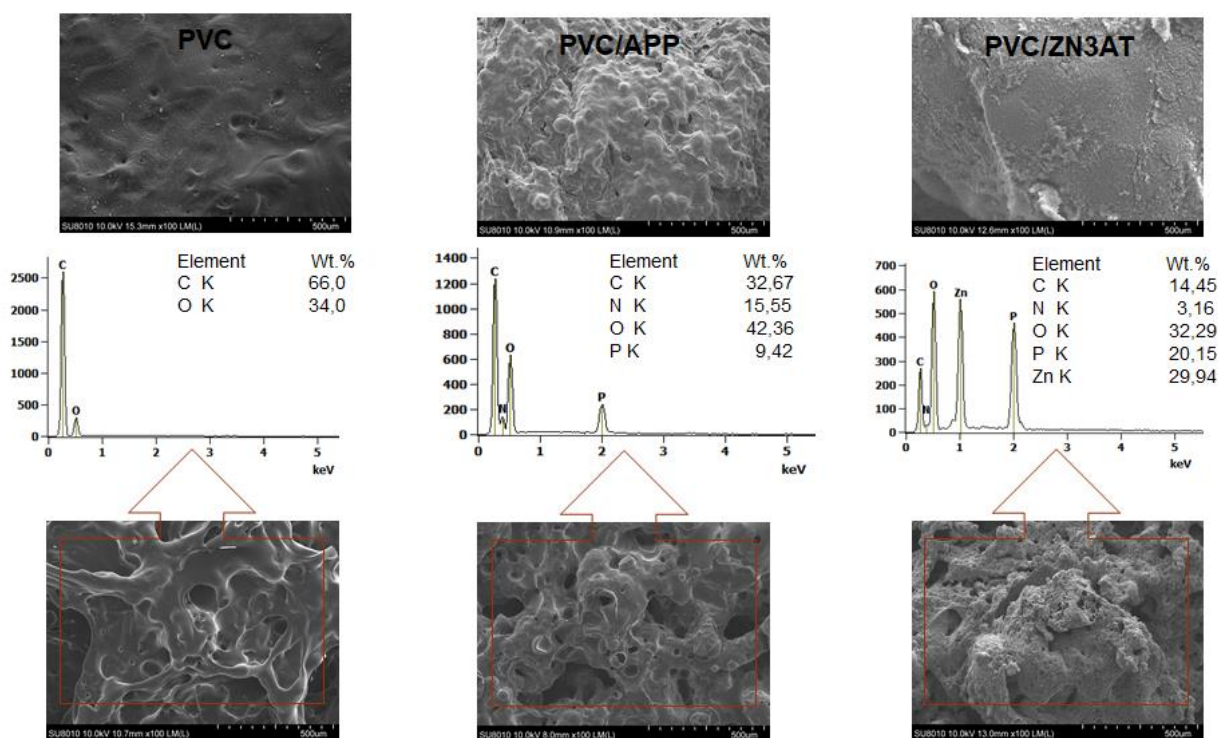


Rysunek 4. Zdjęcia obrazujące przebieg badania zagrożenia ogniowego dla niemodyfikowanej UP (a), UP z MC (b), UP z ZN3AT (c), UP z CUMP (d) [DB2.1 – poz. 4] (zdjęcia K. Sałasińska)

Kontynuując ocenę skuteczności analizowanych substancji zastosowano je do modyfikacji tworzyw termoplastycznych i zbadano szereg właściwości, warunkujących ich ewentualną przydatność w praktyce przemysłowej. Dzięki współpracy podjętej przez mnie z pracownikami Politechniki Bydgoskiej im. J. J. Śniadeckich (dawniej Uniwersytetem

Technologiczno-Przyrodniczym w Bydgoszczy) mieszaninę CUMP wprowadzono do polietylenu dużej gęstości (**DB2.2 – poz. 5**), zaś związek ZN3AT do plastyfikowanego poli(chlorku winylu) (**DB2.3 – poz. 6**). Zdolność obu substancji do tworzenia zwęglenia potwierdziła analiza TG przeprowadzona w atmosferze gazu obojętnego oraz w powietrzu, także po procesie moczenia polimerów w wodzie o podwyższonej temperaturze. Modyfikowane przy użyciu uniepalniaczy polimery podlegały procesowi degradacji w nieco niższej temperaturze, co związane jest z mechanizmem działania uniepalniaczy spęczniających, polegającym na katalizowaniu rozkładu materiału organicznego w niższej temperaturze pod wpływem tworzącego się kwasu tlenowego, w wyniku czego powstające produkty podlegają cyklizacji i biorą udział w tworzeniu struktur aromatycznych zamiast być uwalniane do fazy gazowej. Pomimo większej ilości etapów degradacji, widocznych zwłaszcza w przypadku HDPE, szybkość zachodzących w nich przemian była zdecydowanie niższa, co związane było z tworzeniem się stabilnych termicznie struktur, a potwierdzone ilością pozostałości. Dodatkowo ilość uniepalniacza, która podlegała wymywaniu w przypadku obu substancji wprowadzonych do termoplastów była niższa w porównaniu do UP, co skutkowało również mniej intensywnymi zmianami w przebiegu procesu degradacji termicznej. Zastosowanie CUMP (**DB2.2 – poz. 5**) spowodowało obniżenie wartości kluczowych parametrów wykorzystywanych do ewaluacji intensywności i rozprzestrzeniania się procesu palenia, jako efekt formowania się zwęglenia. Potwierdziłam to za pomocą makroskopowej oceny próbek po badaniu palności, która ujawniała wielowarstwową strukturę o miejscami metalicznym połysku sugerującym zajście grafityzacji, podczas gdy próbka HDPE wypaliła się całkowicie, co jest typowe dla polimerów zbudowanych z liniowych łańcuchów węglowych. Niestety niektóre parametry informujące o całkowitej ilości wydzielonego ciepła oraz dymu były wyższe w porównaniu do uzyskanych przez materiały referencyjne, jako efekt znacznie dłuższego spalania płomieniowego. Przedstawiony w publikacji **DB2.3 – poz. 6** wskaźnik ognioodporności (ang. *Flame Retardancy Index*), obliczany z zależności kluczowych parametrów pozyskanych z kalymetrii stożkowej, pozwolił na zakwalifikowanie PVC/ZN3AT do materiałów o dobrych właściwościach uniepalniających. PVC modyfikowany ZN3AT charakteryzował się mniejszą intensywnością palenia w porównaniu do PVC i nieco większą niż polimer z komercyjnym uniepalniaczem, a także najniższą emisją dymu, wynikającą m. in. z utworzenia znacznych rozmiarów szczelnej zwęgliny i zatrzymania części produktów w fazie skondensowanej. Analiza składu ujawniła obecność pierwiastków takich jak C, O, N i P oraz Zn (Rys. 5), sugerując tworzenie produktów pozwalających na formowanie trwałej struktury. Powyższe obserwacje były zgodne z analizą aktywności opracowanych

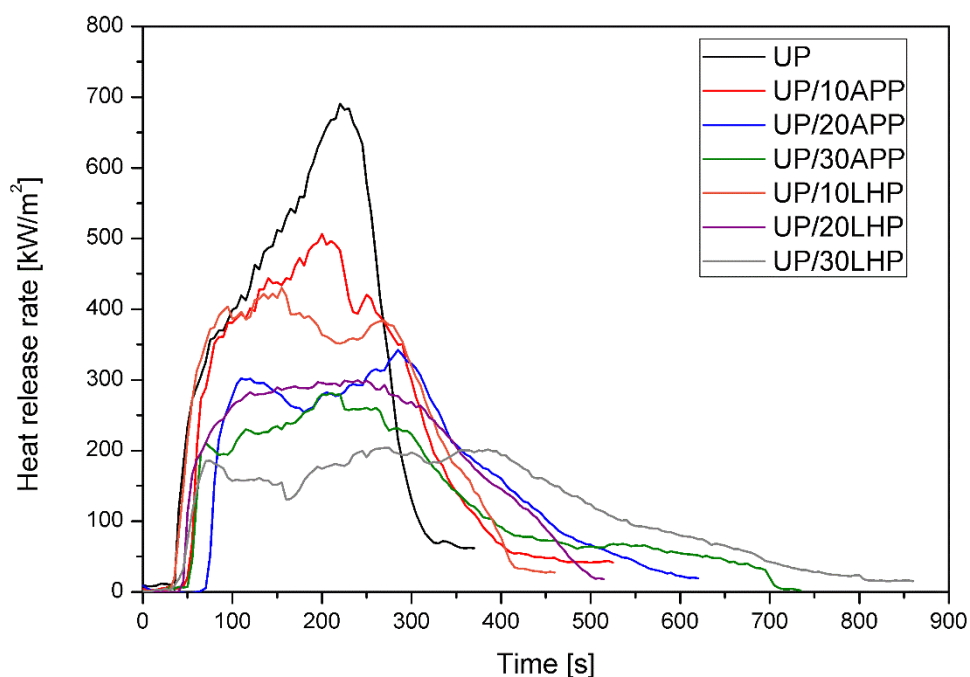
substancji w fazie gazowej przeprowadzoną za pomocą techniki TGA połączonej z FT-IR oraz pieca rurowego z FT-IR, przy czym w przypadku publikacji **DB2.3 – poz. 6** opisano badania przeprowadzone z zastosowaniem spektrofotometru umożliwiające precyzyjne określenie ilości wydzielonych wybranych gazowych produktów rozkładu. Analiza widm w przypadku TGA/FT-IR nie ujawniła występowania innych produktów rozkładu niż zarejestrowane dla niemodyfikowanych polimerów, zaś zmiana intensywności wynikała z wbudowania bądź okładowania części z nich w zwęglinie. Z kolei analiza przeprowadzona za pomocą pieca rurowego pozwoliła zaobserwować odmienne proporcje ilości produktów niecałkowitego i całkowitego spalania, wynikające z obecności tlenu. Ponadto w przypadku ZN3AT zaobserwowano katalityczny wpływ jonów cynku na rozkład PVC i niekorzystny wzrost emisji HCl w trakcie spalania, co było również przyczyną zintensyfikowania procesu aromatyzacji łańcucha węglowego polimeru, prowadzącą do gwałtownego wzrostu zwęgliny.



Rysunek 5. Zdjęcia SEM/EDS próbek po badaniu na kalorymetrze stożkowym (górne zdjęcie - warstwa zewnętrzna zwęgliny, dolne zdjęcie - warstwa wewnętrzna zwęgliny) **[DB2.3 – poz. 6]** (zdjęcia SEM P. Kozikowski, schemat K. Sałasińska)

Mając na uwadze ograniczoną efektywność opisanych związków w budowaniu spęczniałej warstwy o pożądanej strukturze rozpoczęto poszukiwania nowych rozwiązań, które jeszcze skuteczniej ograniczałyby palność i emisję dymu materiałów polimerowych w trakcie ich palenia. Podobnie jak uprzednio zsyntezowany związek, w postaci kokryształu diwodorofosforanu L-histydyny i kwasu fosforowego (LHP), poddano szczegółowej

charakterystyce, która umożliwiła zdefiniowanie jego struktury chemicznej. Wyniki analiz, tożsamyh do przytoczonych w **DB2.1**, zamieszczono w kolejnych artykułach, jednakże nie wszystkie z nich zostały włączone do cyklu powiązanych tematycznie publikacji naukowych. Analiza elementarna przedstawiona w publikacji **DB2.4 – poz. 7** ujawniła, że 96 % uniepalniacza stanowiło LHP, zaś pozostałe 4 % to użyta do jego wytworzenia histydyna. Jednakże ze względu na przeważającą ilość kokryształu oraz dla uproszczenia w dalszej części autoreferatu, podobnie do przytaczanych publikacji, analizowaną substancję określano skrótem LHP. Badanie zagrożenia ogniowego przeprowadzone dla UP modyfikowanej różnym udziałem analizowanej substancji i przedstawione w **DB2.4 – poz. 7**, pozwoliło mi zaobserwować, że dodatek 10 % LHP zahamował szybkość palenia się liniowego oraz intensywność dymienia i tworzenia płonących kropel, podczas gdy 20 % spowodowało całkowite wygaszenie po usunięciu płomienia. Sukcesywną redukcję wartości wskaźników wraz ze wzrostem udziału LHP zaobserwowałam także w przypadku kalorymetrii stożkowej. Redukcja pHRR (Rys. 6) oraz THR, odpowiednio o 75 % i 40 %, była efektem tworzenia się węglowej warstwy barierowej, co potwierdza wzrost ilości pozostałości po spalaniu do ok. 30 % oraz zdjęcia wysokich na 30 mm zwęgliń. Z kolei niewielki liniowy spadek wartości efektywnego ciepła spalania sugeruje aktywność LHP w fazie gazowej, co związane jest z obecnością fosforu. Uformowanie się znacznych rozmiarów silnie porowatej zwęglonej struktury, widocznej na zdjęciach SEM i mające odzwierciedlenie w pofałdowanej, ale szczelnej warstwie zewnętrznej, było również powodem znacznej redukcji emisji dymu, odnotowane dla badań prowadzonych zarówno w statycznych jak i dynamicznych warunkach. Niestety prowadzone badania wykazały również znaczny ubytek masy po moczeniu próbek w wodzie o temperaturze 70 °C, a wymywanie LHP i wzrost mikroporowatości potwierdził spadek sztywności w porównaniu do materiałów nie poddanych działaniu wody. Ponadto zaobserwowano wzrost ilości pozostałości po degradacji termicznej (TGA) oraz wartości temperatury zeszklenia (DMTA), będące efektem wydłużenia czasu oddziaływania podwyższonej temperatury w trakcie dotwardzania próbek o kolejne 168 godzin podczas moczenia i zmianami w strukturze polimeru.



Rysunek 6. Reprezentatywne krzywe szybkości wydzielania ciepła dla UP modyfikowanej APP lub LHP (10 ÷ 30 % mas.) [DB2.4 – poz. 7]

Mając na uwadze fakt, iż pomimo znacznych rozmiarów zwęgliny nie zawsze pokrywały one całą powierzchnię, nie były odpowiednio szczelne lub ilość porów nie była wystarczająca, postanowiłam zastosować dodatki, które korzystnie wpłynęłyby na kinetykę ich wzrostu. W dalszej części prac do przygotowania układów uniepalniających wykorzystano LHP bądź użytą do jego syntezy histydyne (H), które połączyłam z wybranym nanonapełniaczem, nawiązując tym samym do obserwacji poczynionych w trakcie realizacji działania **DB1**. Ponadto w celu wskazania najkorzystniejszego udziału substancji ograniczających palność, podobnie jak w **DB2.4 – poz. 7**, zastosowałam trzy wybrane zawartości, które wyniosły 10, 20 i 30 % mas. względem całej mieszanki (w przypadku PVC) bądź składnika polioliowego (w przypadku PU). W skład przedstawionego w publikacji **DB2.5 – poz. 8** układu oprócz histydyny wszedł tlenek grafenu modyfikowany za pomocą APTES (GO_A). Niestety zastosowana modyfikacja spowodowała zmianę wyglądu płatków grafenu i utworzenie się z nich struktur o rozmiarze kilku mikrometrów. Użycie opracowanych układów nie pozostało bez wpływu na strukturę wytworzonych z ich udziałem sztywnych pianek poliuretanowych, przyczyniając się do powstania znacznej ilości otwartych komórek o grubszych ściankach jako efekt wbudowania się w nie cząstek. Wraz ze wzrostem udziału układu uniepalniającego obserwowano nieliniowy wzrost wartości i zakresu średniej średnicy ekwiwalentnej oraz spadek współczynnika kształtu porów pianek. Prawdopodobnie cząstki działały jako miejsca zarodkowania i przyczyniały się do tworzenia komórek o mniejszej

średnicy, indukując w ten sposób zmianę typu zarodkowania z jednorodnego na niejednorodny. Obniżona bariera zarodkowania intensyfikowała tworzenie mniejszych komórek, które później łączyły się w większe jednostki. Efektem niejednorodnej nukleacji i rosnącej liczby komórek o małych rozmiarach wraz ze zwiększeniem udziału analizowanych substancji był wzrost gęstości pozornej pianek. Gęstość pozorna analizowanych pianek wyniosła $30 \div 36 \text{ kg/m}^3$ i była o około dziesięć jednostek niższa w porównaniu z materiałami referencyjnymi modyfikowanymi tożsamą ilością komercyjnego uniepalniacza w postaci APP. Obecność znacznych rozmiarów cząstek i tworzenie dużych rozmiarów komórek było powodem zwiększonej kruchości pianek. Struktura pianek poliuretanowych miała również znaczny wpływ na ich palność. Niska przewodność cieplna oraz brak możliwości przekazania ciepła do głębszych warstw ze względu na swoją rozbudowaną strukturę było powodem gwałtownej pirolizy i zapłonu produktów rozkładu po zaledwie kilku sekundach od rozpoczęcia testu, a następnie ich całkowitego wypalenia w ciągu kolejnych kilkudziesięciu sekund. Nieco dłuższy proces palenia odnotowano jedynie w przypadku PU z najniższym udziałem opracowanego układu, dla którego uzyskano także najniższą wartość pHRR. Wartości kluczowych parametrów były niższe dla PU z układem H i GO_A w porównaniu do odpowiadających im materiałów ze środkiem komercyjnym, ale trudno doszukiwać się tu liniowych zależności związanych z udziałem substancji uniepalniających. Wręcz przeciwnie, wprowadzenie zbyt dużej ilości uniepalniaczy, poprzez wpływ na strukturę i gęstość materiałów, dawało efekt odwrotny. Efektywność działania układu w fazie skondensowanej potwierdza największa ilość pozostałości, tworzenie się której, oprócz intensywności palenia, warunkowało również emisję dymu. Wartości wszystkich parametrów charakteryzujących ilość uwalnianych produktów niecałkowitego spalania była zdecydowanie niższa dla opracowanego układu niż dla pianek z tożsamym udziałem APP. Ponadto przebieg degradacji sugerował, że zwęglenie powstające w wyniku rozkładu PU/HGO_A jest bardziej stabilne termicznie i przeciwnie do materiałów referencyjnych, nie ulega dalszemu rozkładowi w wyższej temperaturze, co potwierdza również wyższy udział węgla w pozostałościach po spalaniu. Zaobserwowano, że dominującymi czynnikami wpływającymi korzystnie na ograniczenie palności było tworzenie stabilnej termicznie zwęgliny w połączeniu z generowaniem dużej ilości niepalnych produktów gazowych.

W ostatnim artykule ujętym w ramach działania **DB2 (DB2.6 – poz. 9)** oceniono skuteczność połączenia LHP z nanomateriałem w postaci pochodnej montmorylonitu modyfikowanej długocząsteczkową aminą (n), a układ wprowadzono do plastyfikowanego poli(chloroku winylu). Ilość nanododatku każdorazowo wyniosła 4 % mas., zmianie uległa

jedynie zawartość LHP tak, aby całkowity udział był zgodny z wcześniejszymi założeniami. Uzyskane rezultaty porównano nie tylko do wyników otrzymanych dla niemodyfikowanego PVC i polimeru z APP, ale również układów, w których LHP zastąpiono histydyną bądź mieszaniną LHP i boranu cynku. Analiza mikrostruktury wykonana na podstawie zdjęć SEM i STEM ujawniła obecność porów oraz powstałych z połączenia cząstek uniepalniacza aglomeratów, a także tworzenie przez glinokrzemiany warstwowe struktur interkalowanych i eksfoliowanych. Zastosowanie środków ograniczających palność miało negatywny wpływ na wytrzymałość PVC jako efekt koncentracji naprężeń wokół cząstek, co można przypisać niedostatecznej adhezji polimeru oraz dodatków uniepalniających. Ponadto wyniki statycznej próby rozciągania i dynamicznej analizy termicznej właściwości mechanicznych potwierdziły wzrost sztywności w porównaniu do plastyfikowanego PVC. W przypadku obu technik zdecydowanie najwyższą sztywnością charakteryzował się układ z histydyną, charakteryzującą się obecnością znacznych rozmiarów cząstek. Ocena palności, której dokonałam na podstawie wyników badań kalorymetrycznych, potwierdziła skuteczność opracowanego rozwiązania. Przebieg krzywej HRR dla niemodyfikowanego PVC ujawnił występowanie trzech maksimumów świadczących o tworzeniu się nietrwałej warstwy zwęglenia, ulegającej zniszczeniu pod wpływem uwalniających się lotnych produktów rozkładu, co potwierdził także wygląd próbek po badaniu na kalorymetrze stożkowym. Użycie 30 % mas. układu n i LHP zmieniło przebieg krzywej jako efekt zachodzących procesów dehydratacji, cyklizacji, sieciowania, aromatyzacji itd., a prowadzące do powstania trwałej zwęgliny i obniżenia wartości pHRR o połowę. Ponadto stosunek komponentów, wg którego na 4 % mas. glinokrzemianów warstwowych przypadło 26 % mas. LHP miał korzystny wpływ na wydłużenie czasu do zapłonu. Dodatek analizowanych substancji spowodował również zmianę aktywności w fazie gazowej, o czym świadczy wzrost EHC, poprzez zwiększenie wydajności tworzenia zwęglenia i ograniczenie emisji halogenów, potwierdzone przez zmniejszenie utraty masy i pojawienie się Cl w zwęglinie. Znaczącej redukcji uległa również ilość emitowanego dymu, a wartości parametrów wyznaczonych za pomocą kalorymetru stożkowego i komory dymotwórczej podlegały sukcesywnemu obniżeniu wraz ze wzrostem udziału układów uniepalniających, osiągając o ponad 40 % niższe wartości w porównaniu do PVC i PVC z uniepalniaczem komercyjnym. W przypadku tej właściwości najniższe wartości uzyskano dla układu n i LHP oraz n, LHP i ZB, który najlepiej sprawdził się w warunkach odpowiadających akumulacyjnym. Tłumienie wydzielania dymu związane było z mniejszym ubytkiem masy spowodowanym wbudowaniem produktów niecałkowitego spalania w warstwę zwęglenia. Podsumowując, połączenie LHP z glinokrzemianami warstwowymi pozwoliło

na jednoczesne zmniejszenie intensywności pożaru i emisji dymu do wartości niższych niż uzyskane dla popularnego uniapalniacza, a badania przeprowadzone dla różnych kompozycji potwierdziły wystąpienie efektu synergicznego pomiędzy składnikami analizowanego układu.

Obserwacje poczynione w trakcie badań przeprowadzonych w ramach działania **DB2** potwierdziły, że tworzenie zwęglonej warstwy ochronnej na powierzchni palącego się polimeru, którym towarzyszą dodatkowe procesy związane z aktywnością stosowanych substancji uniepalniających w fazie gazowej, stanowią bardzo skuteczny mechanizm ograniczający intensywność palenia i emisję dymu tych materiałów. Nowoopracowane substancje bądź układy ograniczające palność charakteryzowały się różną skutecznością w budowaniu spęczniałej oraz trwałej struktury po wprowadzeniu do różnych rodzajów materiałów polimerowych. Ponadto zastosowane modyfikacje nie pozostały bez wpływu na przebieg procesu wytwarzania, mikrostrukturę i pozostałe właściwości użytkowe polimerów. Badania z udziałem kokryształu diwodorofosforanu L-histydyny i kwasu fosforowego, dla którego uzyskano najbardziej obiecujące rezultaty, a także ze względu na jego przyjazne dla środowiska i człowieka pochodzenie, były kontynuowane także w trzecim działaniu badawczym.

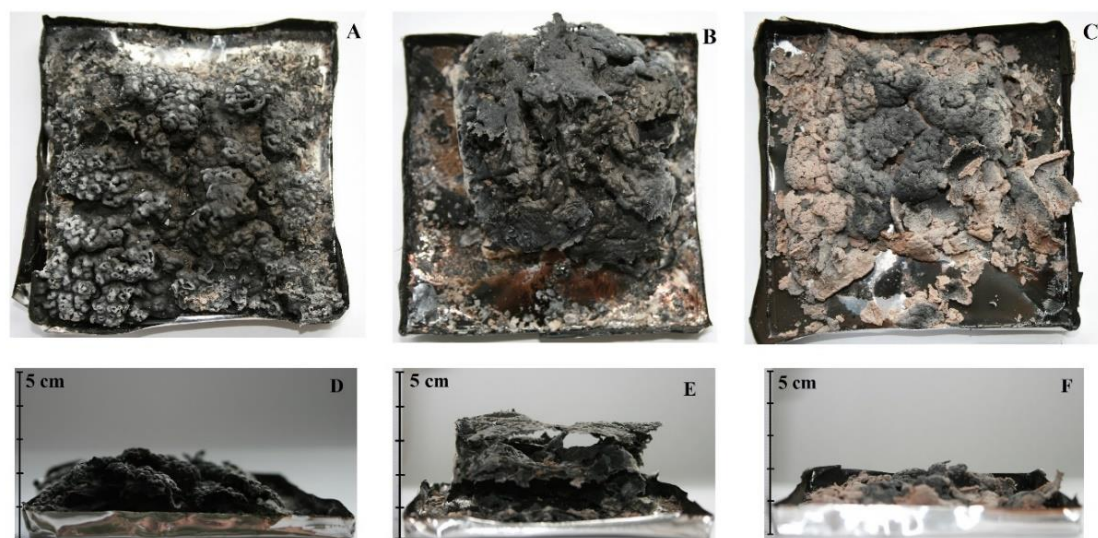
4.3.3.3. Substancje i układy ograniczające palność materiałów polimerowych na bazie surowców roślinnych

Dostępne na rynku uniepalniacze bezhalogenowe to zazwyczaj substancje na bazie amoniaku bądź związków organicznych o wysokiej zawartości pierścieni aromatycznych, otrzymywane w wyniku wieloetapowych procesów, które wymagają stosowania znacznych ilości związków, w tym substancji niebezpiecznych. Ponadto dowiedziono, iż w trakcie ich termicznego rozkładu zachodzi emisja wielu toksycznych substancji takich jak amoniak, związki z grupy amin i amidów, a nawet wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, które trwale zanieczyszczają środowisko. Znalezienie alternatywnych środków, których produkcja i użytkowanie nie stanowiłyby zagrożenia dla środowiska naturalnego jest pilną potrzebą charakteryzującą obecne czasy. Od kilku dekad szczególne zainteresowanie wzbudza zastosowanie surowców naturalnych pozyskiwanych ze źródeł odnawialnych. Wyniki badań wskazują, że zawarte w roślinach związki mogą stanowić alternatywę dla syntetycznych środków ograniczających palność materiałów polimerowych. Uzasadnieniem podjęcia prac badawczych opisanych w ostatniej części autoreferatu jest fakt, iż wśród dostępnych na rynku komercyjnych uniepalniaczach brak jest środków bądź układów na bazie fragmentów roślin

o charakterze odpadowym, nie wymagających stosowania skomplikowanych procesów przygotowawczych.

Motywacją do zastosowania napełniacza lignocelulozowego jako składnika układu ograniczającego palność były moje obserwacje poczynione po przeprowadzeniu badań za pomocą kalorymetru stożkowego dla kompozytów epoksydowych modyfikowanych rozdrobnionymi łupinami orzechów włoskich (WS) i laskowych (HS) oraz łuskami słonecznika (SH). Badania opisane w publikacji **DB3.1 – poz.10** wskazują, że zastosowanie 15 % mas. mniej palnego składnika w postaci łupin i łusek spowodowało obniżenie wartości pHRR, THR i MARHE, a podane wskaźniki podlegały w większości przypadków dalszemu nieliniowemu obniżeniu wraz ze wzrostem udziału napełniacza, czemu towarzyszył jednoczesny wzrost ilości pozostałości po spalaniu. Zastosowane komponenty zachowywały się jednak inaczej niż typowe niereaktywne wypełniacze, a także pomimo podobnego pochodzenia wykazywały różną skuteczność w ograniczaniu palności (przykładowo użycie 35 % mas. WS, HS i SH obniżyło pHRR odpowiednio o 25 %, 41 % i 55 % w porównaniu do niemodyfikowanej EP). Inaczej wyglądały również pozostałości po badaniu palności, a w przypadku kompozytu z łupinami orzecha laskowego zaobserwowałam tworzenie się wysokiego na kilka centymetrów zwęglenia o budowie warstwowej (Rys. 7), typowe dla polimerów z uniepalniaczami spęczniającymi. W toku prowadzonych badań zauważyłam, że na rozmiar i jakość zwęgliny wpłynęły różnice w złożonej budowie użytych komponentów, w tym udział ligniny i celulozy (największy w przypadku HS), stanowiących budulec do formowania się zwęgliny oraz hemicelulozy (najmniejszy w przypadku HS), która jako polisacharyd zbudowany z cukrów prostych ulegał degradacji do substancji lotnych, w tym CO i CO₂ oraz działał jak porofor. Dodatkowym czynnikiem warunkującym wygląd zwęgliny był rozmiar cząstek napełniacza, co stanowiło przedmiot szczegółowej analizy opisanej w kolejnym artykule **DB3 (DB3.2 – poz.11)**. Porowatą strukturę wewnętrzną oraz złożoną budowę, świadczącą o potencjale analizowanych dodatków, potwierdziła analiza zdjęć wykonanych za pomocą SEM/EDS. Formowanie się zwęgliny nie pozostało bez wpływu na emisję dymu, a najniższą wartość TSR (ponad 2,5 razy w porównaniu do EP) odnotowano dla EP z łupinami orzecha laskowego, dla którego podobnie jak w przypadku łusek słonecznika, uzyskano największą redukcję całkowitej ilości oraz różnorodności emitowanych produktów rozkładu i spalania. Największy udział hemicelulozy w łuskach słonecznika był prawdopodobnie przyczyną większej emisji CO_x, które rozrzedzając strefę spalania wpłynęły korzystnie na wartość HRR, ale były również powodem utraty ciągłości zwęgliny, co przy najniższym udziale ligniny i celulozy wpłynęło negatywnie na jej ostateczny wygląd i skutkowało

ograniczoną redukcją emisji dymu. Rezultaty badania palności były zgodne z analizą TG, która nie tylko ujawniła wpływ udziału składników organicznych na temperaturę początku procesu degradacji (obniżenie jedynie w przypadku łusek ze względu na największy udział tłuszczu i hemicelulozy), ale również potwierdziła redukcję szybkości zachodzących przemian i wzrost ilości pozostałości wraz ze wzrostem udziału napełniaczy. Ilość pozostałości zależała od udziału ligniny, co związane jest z obecnością w niej związków aromatycznych. Wpływ budowy chemicznej napełniaczy na właściwości ujawniła również DMTA. Wprowadzenie cząstek łupin, charakteryzujących się znacznym udziałem ligniny, która nadaje wytrzymałość włóknom, przyczyniło się do wzrostu sztywności kompozytów w analizowanym zakresie temperatury. Inaczej wyglądało to w przypadku łusek słonecznika, odznaczających się największym udziałem tłuszczu, który w trakcie procesu wytwarzania migrował na powierzchnię cząstek i powodował efekt plastyfikacji osnowy polimerowej, co sugeruje obniżoną wartość temperatury zeszklenia (T_g). Nie można również wykluczyć niewystarczającej adhezji komponentów w wyniku akumulacji tłuszczu w obszarze międzyfazowym. Znaczny udział porów w przypadku kompozytów z łuskami słonecznika, potwierdzony za pomocą zdjęć SEM, wynikał z utrudnionego odgazowania kompozytów jako efekt rozbudowanej powierzchni napełniacza, ale porowata struktura cząstek umożliwiła także wnikanie żywicy do ich wnętrza.



Rysunek 7. Wygląd pozostałości po badaniu na kalorymetrze stożkowym kompozytów epoksydowych modyfikowanych łupinami orzecha włoskiego (a, d), laskowego (b, e) i łuskami słonecznika (c, f) [DB3.1 – poz. 10] (zdjęcia K. Sałasińska)

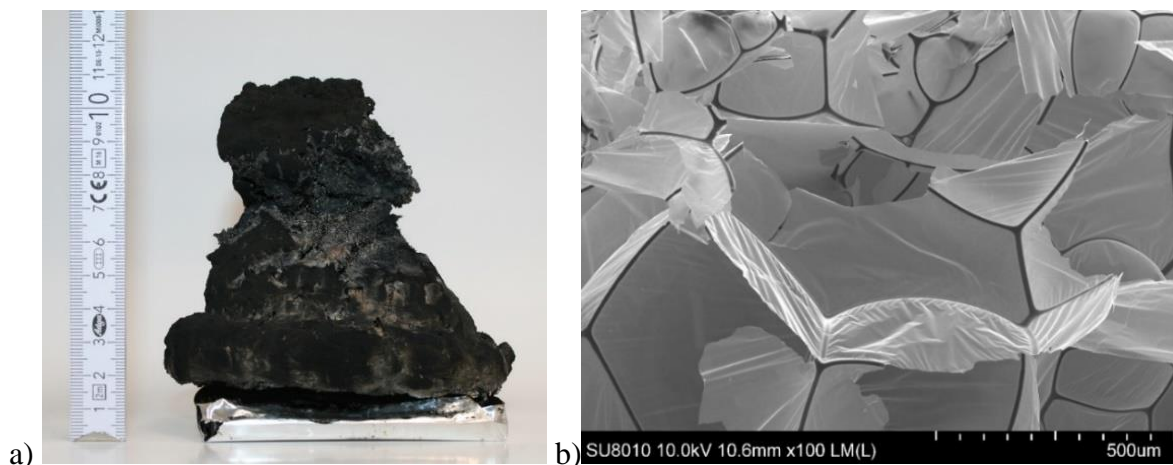
Badania nad wpływem cech napełniaczy roślinnych na zdolność do tworzenia spęczniałej zwęgliny kontynuowałam w dalszych pracach, a otrzymane rezultaty stanowiły

przedmiot publikacji **DB3.2 – poz. 11**. W tym celu do żywicy epoksydowej wprowadziłam po 20 % mas. czterech frakcji zmielonego drewna sosny syberyjskiej (S) o nazwach odpowiadających rozmiarowi oczek sit użytych do ich przygotowania (4.0, 1.0, 0.4, 0.2), a następnie za pomocą mikrotomografii komputerowej oceniono rozmiar cząstek napełniaczy w kompozytach. Uzyskane wyniki, które odniosłam do rezultatów analizy sitowej komponentów roślinnych przed wprowadzeniem ich do żywicy, ujawniły rozdrobnienie większych rozmiarów cząstek w przypadku frakcji S 4.0 i S 1.0, jako efekt użycia dużych wartości prędkości w trakcie mieszania mechanicznego oraz tworzenie się aglomeratów dla kompozytów z drobnoziarnistym napełniaczem (S 0.4, S 0.2). Zastosowana technika μ CT umożliwiła również oszacowanie udziału porów, który uległ zwiększeniu wraz ze wzrostem rozmiaru cząstek napełniacza, jednakże po uwzględnieniu porowatości samych cząstek różnice te okazały się niewielkie. Analiza termogravimetryczna potwierdziła ograniczenie szybkości rozkładu kompozytów w poszczególnych etapach, charakterystycznych zarówno dla żywicy jak i napełniaczy lignocelulozowych, a także wzrost ilości pozostałości. Przeprowadzone badania palności ujawniły ograniczenie intensywności procesu w wyniku zastosowania komponentu roślinnego, a najniższe wartościami kluczowych parametrów odnotowałam dla kompozytu z S 0.2. Wartości te były również niższe w porównaniu do EP modyfikowanej komercyjną mączką drzewną Lignocel C120, ze względu na obecność w niej drewna twardego o większej kaloryczności. Jak wskazuje ilość pozostałości oraz zdjęcia próbek wykonane po badaniu na kalorymetrze stożkowym, jednym z powodów ograniczenia palności EP było tworzenie się zwęgliny, co przypisałam budowie chemicznej napełniaczy lignocelulozowych. Ponadto analiza zdjęć, w tym wykonanych za pomocą SEM, pozwoliła mi zaobserwować porowatą wewnętrzną strukturę zwęglin w przypadku polimeru modyfikowanego drewnem otrzymanym przy użyciu sit o rozmiarze oczek poniżej 1 mm. Prawdopodobnie zbyt duży rozmiar cząstek w przypadku pozostałych napełniaczy utrudniał spęcznianie zastygającej fazy płynnej przez wydzielające się gazy. Aktywność zmielonego drewna sosny syberyjskiej w fazie gazowej potwierdzają zredukowane wartości efektywnego ciepła spalania. Obniżeniu podległy także wartości wskaźników wykorzystywane do oceny emisji dymu, a najniższe odnotowano w przypadku kompozytu 20 % S 0.2 (3-krotnie niższe w porównaniu do EP). Analiza pozostałości wykonana za pomocą spektrofotometru FT-IR potwierdziła aromatyczną strukturę zwęgliny, zaś sprzężenie analizatora TG i spektrofotometru gazowego ze spektrofotometrem mas pozwoliło zaobserwować mniejszą intensywność pików, sugerując włączenie części produktów rozkładu w fazę skondensowaną. Z kolei analiza wykonana za pomocą pieca rurowego sprzężonego z chromatografem gazowym, oprócz potwierdzenia redukcji ilości oraz

różnorodności gazowych produktów rozkładu i spalania (największa dla S 4 i S 1), ujawniła wzrost emisji wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych i fenolu, co nie pozostało bez wpływu na przebieg procesu palenia. Dodatkowo na podstawie DMTA ustalono, że wprowadzenie napełniacza otrzymanego przy użyciu sit o rozmiarze oczek poniżej 1 mm spowodowało wzrost sztywności w całym analizowanym zakresie temperatury. Dla materiału 20 % S 4 poniżej temperatury odpowiadającej α -relaksacji odnotowano niższe wartości modułu zachowawczego, co może wynikać z jego nieco większej porowatości. Po przekroczeniu w/w temperatury dla niemalże wszystkich kompozytów, z wyłączeniem 20 % S 4, zaobserwowano zależność, wg której wyższą sztywność wykazywały materiały modyfikowane napełniaczem o większym rozmiarze cząstek.

Ostatni artykuł stanowi podsumowanie podjętej pracy naukowo-badawczej oraz wiedzy zdobytej w trakcie realizacji jej kolejnych etapów. Przedstawione w **DB3.3 – poz. 12** rozwiązanie polegało na zastosowaniu surowca roślinnego w postaci łupin orzecha laskowego o odpowiednim stopniu rozdrobnienia jako komponentu układu ograniczającego palność i emisję dymu żywicy epoksydowej. Drugim ze składników opracowanego układu był omówiony wcześniej kokryształ diwodorofosforanu L-histydyny i kwasu fosforowego. Analiza obejmowała ocenę właściwości polimeru z różnym udziałem poszczególnych składników, przy czym ich całkowita zawartość wyniosła 20 % mas. (5 do 15 % mas., 10 do 10 % mas., 15 do 5 % mas.), zaś rezultaty porównano do wyników uzyskanych dla niemodyfikowanej żywicy oraz EP z tożsamym udziałem komercyjnego uniepalniacza spęczniającego (APP), HS bądź LHP, co pozwoliło mi zaobserwować wystąpienie efektu synergicznego. Warunkiem wystąpienia wspomnianego efektu był odpowiednio przeprowadzony proces wytwórczy z zastosowaniem dobranych doświadczalnie prędkości i czasów mieszania (w przeciwnym razie między komponentami zachodził efekt addytywny). Powodem tego były różnice w rozmiarze składników układu oraz tendencja LHP do tworzenia aglomeratów, potwierdzone za pomocą analizy zdjęć SEM. Zastosowanie dużych prędkości obrotowych w trakcie mieszania umożliwiło rozdrobnienie aglomeratów i odpowiednią dyspersję składników układu uniepalniającego w żywicy. Synergizm działania składników układu można zaobserwować m. in. w przypadku analizy termostabilności materiałów określonej na podstawie TGA, a objawiający się poprzez jednoczesny wzrost wartości temperatury początku degradacji, redukcję szybkości rozkładu w poszczególnych etapach oraz znaczny wzrost ilości pozostałości, najlepiej widoczne w przypadku układu zawierającego 5 % mas. łupin i 15 % mas. LHP. Badanie zagrożenia ogniowego pozwoliło mi zaobserwować, iż minimalny udział LHP w układzie, umożliwiający zanik palenia po odsunięciu płomienia, wynosi 10 % mas. Z kolei

badania wykonane za pomocą kalorymetru stożkowego pozwoliły stwierdzić, że jego zawartość, jako głównego czynnika redukującego wartości pHRR, MARHE, THR czy EHC, powinno wynosić co najmniej 15 % mas. Zaobserwowano, że pomimo skrócenia czasu do zapłonu powodowanego obecnością kwasu fosforowego w LHP, za sprawą którego rozkład polimeru zachodzi w niższych wartościach temperatury a powstające krótsze łańcuchy zamiast być uwalniane podlegają cyklizacji i tworzą stabilne termicznie związki aromatyczne, wartości parametrów charakteryzujących intensywność i rozprzestrzenianie się palenia uległy znacznej redukcji w porównaniu do EP (6-krotnej w przypadku pHRR). Powodem tego oprócz tworzenia się na powierzchni materiału zwęgliny, a potwierdzonej ilości pozostałości (54 % w przypadku 5 % mas. HS i 15 % mas. LHP), było działanie LHP w fazie gazowej. Natomiast użycie zmielonych łupin orzecha laskowego nie tylko wpływało na zwiększenie wydajności tworzenia się zwęglonej pozostałości, ale przede wszystkim warunkowało tworzenie struktury z komórkami zamkniętymi, co pozwoliła zaobserwować analiza zdjęć SEM (Rys. 8). Obecność zmielonych łupin orzecha laskowego była konieczna do utworzenia silnie spęczniałej struktury, tworząc szkielet dla zastygającej fazy płynnej. Wbudowanie produktów rozkładu w strukturę zwęglenia oraz ich uwięzienie wewnątrz komórek zamkniętych znacznie zredukowało ilość emitowanego dymu. Ponadto opracowany system uniepalniający ograniczył wydzielanie toksycznych produktów rozkładu, głównie NH_3 i CO , na korzyść CO_2 , który rozrzedzał stężenie palnych składników w strefie spalania. Wytwarzanie dużej ilości niepalnych produktów gazowych w połączeniu z tworzeniem odpowiedniej grubości trwałej zwęgliny skutecznie izolowało polimer od strumienia ciepła i skutkowało mniejszą ilością palnych produktów rozkładu w strefie spalania oraz niższymi parametrami kalorymetrycznymi. Dodatkowo analiza wyników termicznej analizy dynamicznej właściwości mechanicznych potwierdziła wzrost sztywności, zwłaszcza w przypadku materiałów z HS, co związane jest ze strukturą i budową zastosowanego napełniacza lignocelulozowego. Ponadto napełniacz ten ze względu na obecność tłuszczu działał jak plastyfikator, a także powodował zmiany w gęstości usieciowania. Najwyższe wartości gęstości usieciowania, której wzrost może powodować zwiększenie wytrzymałości i sztywności polimeru, odnotowano dla próbek zawierających największą ilość HS.



Rysunek 8. Wygląd (a) i mikrostruktura (b) zwęgliny uformowanej po badaniu na kalorymetrze stożkowym dla żywicy epoksydowej modyfikowanej układem uniepalniających zawierającym 5 % mas. łupin orzecha laskowego i 15 % mas. LHP [DB3.3 – poz. 12] (zdjęcia K. Sałasińska i P. Kozikowski)

Przeprowadzone prace badawcze potwierdziły potencjał komponentów roślinnych jako składników ograniczających palność i emisję dymu syntetycznych uniepalniaczy nie tylko niwelując ich niekorzystny wpływ na środowisko poprzez ograniczenie ilości, ale przede wszystkim zwiększając ich skuteczność. Powstała struktura zwęgliny jest niezwykle pożądana i dość trudna do uzyskania przez środki dostępne na rynku. W toku badań zaobserwowano i potwierdzono szereg czynników warunkujących efektywność zastosowanych napełniaczy roślinnych, w tym ich rodzaj, skład chemiczny i stopień rozdrobnienia. Warto podkreślić, iż złożona struktura napełniaczy roślinnych i zróżnicowane mechanizmy ich działania stwarzają możliwość łączenia z różnymi grupami uniepalniaczy. Dodatkowo zastosowane modyfikacje pozwoliły na zagospodarowanie surowca o charakterze odpadowym, wpisując się w założenia gospodarki o obiegu zamkniętym, a także wpływały korzystnie na właściwości fizyko-chemiczne polimeru.

4.3.5. Przedmioty własności intelektualnej podlegające ochronie patentowej oraz wystąpienia konferencyjne związane z osiągnięciem naukowym

- **Patenty**

1. **Sałasińska K.**, Celiński M., Maciejewski T., *Sposób otrzymywania nienasyconych żywic poliestrowych o zmniejszonej palności i emisji dymu oraz zastosowanie difosforanu histydyny jako uniepalniacza do otrzymywania nienasyconych żywic poliestrowych o zmniejszonej palności i emisji dymu*, patent nr P.426677 – **DB2 – udział w finale konkursu EUREKA! DGP Odkrywamy Polskie Wynalazki 2020.**

2. **Salasińska K.**, Celiński M., Mirowski J., Zajchowski S., Tomaszewska J., *Kompozycja substancji zmniejszających emisję dymu tworzyw polimerowych w procesie palenia*, patent nr 238541 – **DB2**.
3. **Salasińska K.**, Maciejewski T., Tomaszewska J., Zajchowski S., Mirowski J., Celiński M., Zatorski W., *Nanokompozyt o osnowie z nieplastyfikowanego poli(chlorku winylu) o zredukowanej palności i dymotwórczości*, patent nr 232718 – **DB1**.
4. **Salasińska K.**, Maciejewski T., Zatorski W., Celiński M., *Sposób otrzymywania żywic epoksydowych o zmniejszonej palności i dymotwórczości*, patent nr 231901 – **DB1**.
5. **Salasińska K.**, Zatorski W., Maciejewski T., Celiński M., *Polietylen, zwłaszcza wysokiej gęstości, o zmniejszonej palności i dymotwórczości*, patent nr 232051 – **DB1** - **Złoty Laur Innowacyjności w kategorii Budownictwo i obiekty użyteczności publicznej, bezpieczeństwo i pożarnictwo przyznany w 2018 roku przez Naczelną Organizację Techniczną.**
6. Zatorski W., **Salasińska K.**, Celiński M., Maciejewski T., *Sposób otrzymywania nienasyconych żywic poliestrowych o zmniejszonej palności i dymotwórczości*, patent nr 230340 – **DB1**.

- **Zgłoszenie patentowe**

1. **Salasińska K.**, Celiński M., *Sposób otrzymywania żywic epoksydowych o zmniejszonej emisji dymu oraz dwuskładnikowa kompozycja niepalniująca do otrzymywania żywic epoksydowych o zmniejszonej emisji dymu*, zgłoszenie patentowe nr P.431669 – **DB3** - **Złoty Laur Innowacyjności w kategorii Budownictwo i obiekty użyteczności publicznej, bezpieczeństwo i pożarnictwo przyznany w 2020 roku przez Naczelną Organizację Techniczną oraz Złoty Medal na Międzynarodowych Targach Wynalazczości CONCOURS LÉPINE 2020 we Francji.**

- **Prezentacje ustne – konferencje międzynarodowe**

1. **Salasińska K.**, Celiński M., Kozikowski P., Mizera K., Gajek A., *Influence of the developed flame retardant system based on renewable raw materials on epoxy resin fire behavior*, 4th International Conference of Frontiers of Composites Materials, 13-16 listopada 2019, Brisbane, Australia – **nagroda za najlepszą prezentację w sesji.**
2. **Salasińska K.**, Gajek A., Celiński M., Mizera K., Leszczyński K.M., *Thermal stability of epoxy resin modified with developed flame retardant system based on renewable raw materials*, 4th International Conference of Frontiers of Composites Materials, 13-16 listopada 2019, Brisbane, Australia.

3. **Salasińska K.**, Celiński M., Mizera K., Mirowski J., Kozikowski P., Leszczyński M.K., Borucka M., Gajek A., *Flammability Assessment of an Intumescent Flame Retardant Thermoplastic Polymer*, 9th International Seminar on Fire and Explosion Hazards, 21-26 kwietnia 2019, Petersburg, Rosja.
 4. **Salasińska K.**, Celiński M., Barczewski M., Borucka M., Leszczyński M.K., *The influence of a novel intumescent flame retardant for polymer materials*, The 10th International Conference of Modification, Degradation and Stabilization of Polymers, MoDeSt 2018, 2-6 września 2018, Tokio, Japonia.
 5. **Salasińska K.**, Barczewski M., Borucka M., Górny R., *Fire and smoke behaviour of epoxy composites modified with plant waste fillers*, 6th International Conference on Innovative Natural Fibre Composites for Industrial Applications, 4 - 7 października 2017, Rzym, Włochy.
 6. **Salasińska K.**, Zatorki W., Sankowska M., Zajchowski S., Tomaszewska J., Mirowski J., Zieleniewska M., Ryszkowska J., *Novel polyvinyl chloride nanocomposites with decreased flammability*, 11th Seminar on Thermal Analysis and Calorimetry, 26-29 września, 2016, Płock, Polska.
 7. Sankowska M., **Salasińska K.**, Celiński M., Gajek A., *Nanocomposites based on the polyurethane foam – combustibility studies*, 11th Seminar on Thermal Analysis and Calorimetry, 26-29 września, 2016, Płock, Polska.
- **Prezentacje ustne – konferencje krajowe bądź prezentacje wygłoszone w języku polskim**
1. **Salasińska K.**, Leszczyńska M., Celiński M., Kozikowski P., *Palność sztywnej pianki poliuretanowej modyfikowanej histydyną i tlenkiem grafenu*, Poliuretany 2019, 13-16 października 2019, Ustroń.
 2. **Salasińska K.**, Mizera K. Barczewski M., Gloc M, Celiński M., Gajek A., Borucka M., *The influence of degree of fragmentation of plant filler on thermal properties and flammability of the epoxy resin*, XVIII Konferencja Naukowo-Techniczna "Polimery i Kompozyty Konstrukcyjne 2019", 24-27 września 2019, Szczyrk.
 3. **Salasińska K.**, Celiński M., Mizera K., Mirowski J., Kozikowski P., Leszczyński M. K., *Wpływ opracowanego uniepalniacza spęczniającego na palność oraz emisję dymu plastyfikowanego poli(chlorku winylu)*, XXII Profesorskie Warsztaty Naukowe, 30 czerwca – 2 lipca 2019, Aleksandrów Łódzki.

4. **Salasińska K.**, Celiński M., Mizera K., Kozikowski P., Leszczyński M. K., *Zastosowanie difosforanu histydyny jako uniepalniacza do otrzymywania nienasyconych żywic poliestrowych o ograniczonej palności i emisji dymu*, VII Konferencja Naukowa Materiały Polimerowe Pomerania-Plast2019, 5-7 czerwca 2019, Międzyzdroje.
5. **Salasińska K.**, Celiński M., Barczewski M., *The influence of a novel intumescent flame retardant for combustibility and smoke emission of unsaturated polyester resin*, XVII Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Technicznej „Polimery i Kompozyty Konstrukcyjne - Kompozyty 2018”, 8-11 maja 2019, Szczyrk.
6. **Salasińska K.**, Borucka M., *Palność i dymotwórczość kompozytów polimerowych z napełniaczem roślinnym*, I Konferencja „Dokonania Naukowe Doktorantów”, 14 kwietnia 2018, Warszawa – **uczestnictwo w związku z członkostwem w Komitecie Naukowym Konferencji.**
7. **Salasińska K.**, Celiński M., *Wpływ nowo opracowanych uniepalniaczy intumescent na palność oraz emisję dymu materiałów polimerowych*, Wpływ Młodych Naukowców na Osiągnięcia Polskiej Nauki, XI Edycja, 20 stycznia 2018, Poznań – **uczestnictwo w związku z członkostwem w Komitecie Naukowym Konferencji.**
8. **Salasińska K.**, Celiński M., *Rigid polyurethane foams with reduced flammability*, Konferencja Naukowo-Techniczna Poliuretany 2017 – materiały przyjazne dla człowieka i środowiska, 8-11 października 2017, Ustroń.
9. **Salasińska K.**, Celiński M., *Uniepalnianie materiałów polimerowych*, II Międzynarodowa Konferencja „Postęp w Inżynierii Bezpieczeństwa”, 7-8 września 2017, Olsztyn.
10. **Salasińska K.**, Barczewski M., Górny R., Kozikowski A., *Palność i dymotwórczość kompozytów polimerowych z napełniaczem roślinnym o charakterze odpadowym*, XVI Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Polimery i Kompozyty Konstrukcyjne 2017”, 9-12 maja 2017, Istebna.
11. **Salasińska K.**, Zatorski W., Celiński M., *Palność i dymotwórczość nanokompozytów polimerowych modyfikowanych antypirenami bezhalogenowymi*, VI Konferencja Naukowa Materiały Polimerowe Pomerania-Plast 2016, 6-10 czerwca 2016, Międzyzdroje.
12. **Salasińska K.**, Zatorski W., Celiński M., *The synergistic effect of nanoparticles with fire retardants on the flammability of polyurethanes foams*, Poliuretany 2015 – współpraca na rzecz innowacji, 9-11 września 2015, Kraków, Polska.

- **Prezentacje posterowe – konferencje międzynarodowe**

1. **Salasińska K.**, Celiński M., Barczewski M., *The influence of shell on the flammability*, 9th Conference on Green Chemistry and Nanotechnologies in Polymeric Materials, 9-13 października 2018, Kraków.
2. **Salasińska K.**, Zatorski W., *Fire behaviour and smoke density of unsaturated polyester resin nanocomposites with halogen-free fire retardants*, 9th International Conference on Modification, Degradation and Stabilization of Polymers, MoDeSt 2016, 4-8 września 2016, Kraków.

4.3.5. Podsumowanie prowadzonych badań naukowych i osiągniętych rezultatów

Mając na uwadze obecny stan techniki zrealizowane przeze mnie prace badawcze są wartościowe i oryginalne, gdyż istotnie poszerzają wiedzę w obszarze zastosowania nowych substancji bądź układów ograniczających palność materiałów polimerowych, w tym zawierających niestosowane dotychczas w tym celu fragmenty roślin pochodzenia odpadowego. Kompleksowo zaprojektowane i zrealizowane badania pozwoliły nie tylko scharakteryzować nowej klasy związku jako substancje ograniczające palność oraz zaproponować mechanizm ich działania, ale przede wszystkim zweryfikować ich wpływ na palność, emisję dymu oraz toksyczność produktów rozkładu i spalania zawierających je materiałów, uzupełnione o ocenę oddziaływania na właściwości mechaniczne, termiczne i mikrostrukturę polimerów. Oprócz tego niekwestionowaną wartość podjętych prac stanowi ich użyteczny charakter wynikający z podjęcia się analizy nie jednego, a wielu związków i układów, które wprowadzono do różnych typów polimerów, zarówno chemoutwardzalnych, jak i termoplastycznych, co niejednokrotnie wiązało się z koniecznością opracowania nowych receptur bądź procedur ich wytwarzania.

Innowacyjny charakter prac obejmuje także zmianę podejścia do poszukiwania nowych substancji ograniczających palność na rzecz surowców pozyskiwanych ze źródeł odnawialnych przy zastosowaniu minimalnej ilości procesów przygotowawczych. Bazuje ono na wykorzystaniu unikalnych właściwości wynikających ze struktury i składu chemicznego surowców roślinnych, które w połączeniu z syntetycznym środkiem nie tylko ograniczają jego zużycie, ale również wspomagają efekt uniepalniający. Zaproponowana technologia stanowi innowacyjne podejście do zagospodarowania odpadów poprzez wytworzenie z nich wysokowartościowego komponentu do otrzymywania układu ograniczającego palność i emisję dymu popularnych materiałów polimerowych. Istotną kwestię stanowi również aspekt

finansowy, zastosowanie odpadowych łupin orzecha laskowego, których cena wynosi około 0,50 PLN za 1 kg, pozwoli ograniczyć wzrastające gwałtownie ceny uniepalniaczy, a także zniweluje braki pewnych substancji na rynku antypirenow.

Do swoich najważniejszych osiągnięć naukowych, które mają znaczenie dla rozwoju dyscypliny inżynieria materiałowa i są zawarte w jednotematycznym cyklu publikacji pt.: „*Nowe bezhalogenowe układy ograniczające palność i ocena właściwości materiałów polimerowych modyfikowanych nowymi bezhalogenowymi substancjami lub układami ograniczającymi palność*” zaliczam:

- Opracowanie bezhalogenowych układów uniepalniających, zawierających co najmniej jeden komponent w postaci nanomateriału, do zastosowania w popularnych polimerach chemoutwardzalnych i termoplastycznych, stanowiące przedmiot 2 publikacji naukowych oraz 4 patentów. Weryfikacja możliwości zastosowania opracowanych rozwiązań została dokonana na podstawie oceny ich wpływu na właściwości użytkowe oraz mikrostrukturę. Ponadto wykazano występowanie efektu synergicznego pomiędzy składnikami układów, prowadzące do zwiększenia efektu uniepalniającego.
- Określenie skuteczności w ograniczaniu palności i emisji dymu nienasyconej żywicy poliestrowej, polietylenu dużej gęstości i plastyfikowanego poli (chlorku winylu) przez nowe substancje w postaci kompleksu 3-aminotriazolu z cynkiem oraz mieszaniny fosforanu melaminy i fosforanu miedzi. Ocenę uzupełniono o analizę wpływu związku kompleksowego i mieszaniny na właściwości mechaniczne, termiczne i mikrostrukturę poddanych modyfikacji materiałów polimerowych, warunkujące ich ewentualne zastosowanie w praktyce przemysłowej.
- Wykazanie możliwości zastosowania kokryształu diwodorofosforanu L-histydyny i kwasu fosforowego, samodzielnie bądź w układzie z glinokrzemianami warstwowymi, jako skutecznego środka ograniczającego palność polimerów (UP, PVC) potwierdzone 2 artykułami naukowymi i 2 patentami.
- Poznanie wpływu układu zawierającego histydynę i tlenek grafenu modyfikowany 3-aminopropylotrietoksylan na mikrostrukturę oraz właściwości fizyko-mechaniczne i palność sztywnej pianki poliuretanowej.
- Określenie wpływu struktury chemicznej napełniaczy lignocelulozowych, w postaci łupin orzechów oraz łusek słonecznika, na palność i emisję dymu żywicy

epoksydowej. W przypadku łupin orzecha laskowego zaobserwowałam tworzenie się spęczniałej zwęgliny, charakterystyczne dla uniepalniaczy spęczniających.

- Określenia wpływu rozmiaru cząstek dodatku lignocelulozowego na zdolność do formowania się zwęglenia o szczelnej i jednocześnie porowatej strukturze, hamującą proces palenia polimeru.
- Opracowanie układu ograniczającego palność i emisję dymu żywicy epoksydowej, składającego się z kokryształu diwodorofosforanu L-histydyny i kwasu fosforowego oraz zmielonych łupin orzecha laskowego o odpowiednich stopniu rozdrobnienia, potwierdzone publikacją naukową i zgłoszeniem patentowym. Zaobserwowano, że obecność zmielonych łupin orzecha laskowego prowadziła do utworzenia silnie spęczniałej struktury o znacznym udziale komórek zamkniętych.
- Wykazanie zależności pomiędzy udziałem masowym LHP i zmielonych łupin orzecha laskowego a palnością i emisją dymu żywicy epoksydowej, potwierdzające wystąpienie efektu synergicznego pomiędzy składnikami opracowanego układu uniepalniającego.

Otrzymane rezultaty posłużyły do przygotowania 6 patentów i 1 zgłoszenia patentowego, co potwierdza innowacyjność i wykonalność opracowanych rozwiązań oraz ich potencjał aplikacyjny. Wszystkie artykuły składające się na cykl monotematycznych publikacji naukowych zostały opublikowane w czasopiśmie o międzynarodowym zasięgu indeksowanych na liście Journal Citation Reports. Ponadto opublikowane wyniki prac są efektem zainicjowanej i podjętej przeze mnie współpracy z naukowcami z wiodących jednostek badawczych w Polsce. Dzięki takiemu podejściu możliwe było stworzenie interdyscyplinarnych zespołów i kompleksowe podejście do niezwykle złożonego zagadnienia jakim jest opracowywanie i ocena wpływu niestosowanych dotychczas substancji na właściwości użytkowe, w tym palność, różnych typów materiałów polimerowych. Wypracowany model współpracy stanowi podstawę dla przyszłych działań naukowych, w tym tworzenia konsorcjów naukowych w ramach realizacji projektów badawczych i rozwojowych. Prowadzone badania miały również aspekt edukacyjny i pozwoliły na poszerzenie wiedzy studentów i doktorantów Wydziału Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej.

4.3.6. Literatura

1. Rutherford A.: *Księga ludzi. Opowieść o tym, jak staliśmy się nami*, Prószyński Media, Warszawa, 2019.
2. Little R.W.: *Flameproofing textile fabrics*, Reinhold Publishing Corp., New York, 1947.
3. Cortés, D.; Gil, D.; Azorín, J.; Vandecasteele, F.; Verstockt, S. *A review of modelling and simulation methods for flashover prediction in confined space fires*. Appl. Sci. 2020, 10, 5609.
4. Konecki M., *Wpływ szybkości wydzielania ciepła i emisji dymu na rozwój pożaru w układzie pomieszczeń*, Wydawnictwo Szkoły Głównej Ochrony Przeciwpożarowej, Warszawa 2007.
5. U.S. fire statistics, <https://www.usfa.fema.gov/data/statistics/#tab-4>, 24.03.2021.
6. European Fire Safety Strategy, <https://firesafeurope.eu/european-fire-safety-strategy-needed/>, dostęp 25.03.2021.
7. Statystyki zdarzeń Systemu Wspomagania Decyzji Państwowej Straży Pożarnej, https://dane.gov.pl/dataset/1783,statystyki-zdarzen-systemu-wspomagania-decyzji-panstwowej-strazy-pozarnej-swd-pp-za-rok-2019?page=1&per_page=20&q=&sort=-data_date, dostęp 23.03.2021.
8. <https://www.bsef.com/fire-safety/>, dostęp 26.03.2021.
9. Giebułtowicz J., Rużycka M., Wroczyński P., Purser D.A., Stec A.A., *Analysis of fire deaths in Poland and influence of smoke toxicity*, Forensic Sci. In. 2017, 277, 77-87.
10. Stoll, S.; Roeder, G.; Keil, W. *Concentrations of cyanide in blood samples of corpses after smoke inhalation of varying origin*. Int. J. Leg. Med. 2017, 131, 123–129.
11. McKenna, S.T.; Birtles, R.; Dickens, K.; Walker, R.G.; Spearpoint, M.J.; Stec, A.A.; Hull, T.R. *Flame retardants in UK furniture increase smoke toxicity more than they reduce fire growth rate*. Chemosphere 2018, 196, 429–439.
12. Horrocks AR., Price D.: *Fire retardants materials*, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, 2001.
13. Jurkowski B., Rydarowski H.: *Materiały polimerowe o obniżonej palności*, Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji – Państwowego Instytutu Badawczego, Radom, 2012.
14. Price D., *Fundamentals of polymer combustion*, POLYMERS AND TEXTILES IN FIRES, 25-27.09.2001.
15. Schartel B., Wilkie CA., Camino G., *Recommendations on the scientific approach to polymer flame retardancy: Part 1—Scientific terms and methods*, J. Fire Sci. 2016, 34, 447-467.
16. Grassie N., Scott G., *Polymer Degradation and Stability*, Cambridge University Press, Cambridge, 1985.
17. Chamberlain D.L., *Mechanism of Fire Retardance in Polymers*, Kuryla W.C., Papa A.J., *Flame Retardancy of Polymeric Materials*, Vol.4., Marcel Dekker Inc. Nowy Jork, 1978.
18. Rakotomalala, M.; Wagner, S.; Döring, M. *Recent developments in halogen free flame retardants for epoxy resins for electrical and electronic applications*. Materials 2010, 3, 4300–4327.

19. Kim Y., Lee S, Yoon H., *Fire-Safe Polymer Composites: Flame-Retardant Effect of Nanofillers*, *Polymers* 2021, 13, 540.
20. Dewaghe, C.; Lew, C.Y.; Claes, M.; Belgium, S.A.; Dubois, P. 23—*Fire-retardant applications of polymer–carbon nanotubes composites: Improved barrier effect and synergism*. In *Polymer–Carbon Nanotube Composites*; McNally, T., Pötschke, P., Eds.; Woodhead Publishing: Cambridge, UK, 2011; pp. 718–745.
21. Norouzi, M.; Zare, Y.; Kiany, P. *Nanoparticles as effective flame retardants for natural and synthetic textile polymers: Application, mechanism, and optimization*. *Polym. Rev.* 2015, 55, 531–560.
22. Dasari, A., Yu Z.Z, Cai G.P., Mai Y.W., *Recent developments in the fire retardancy of polymeric materials*. *Prog. Polym. Sci.* 2013, 38, 1357–1387.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych realizowanych w więcej niż jednej jednostce naukowej

5.1. Przebieg pracy naukowej

Początek mojej pracy badawczej sięga roku 2007, gdy dzięki zgodzie Dziekana Wydziału Inżynierii Środowiska oraz Dziekana Wydziału Inżynierii Materiałowej pod opieką dr inż. Piotra Manczarskiego (WIŚ PW) i prof. dr hab. inż. Joanny Ryszkowskiej (WIM PW) zrealizowałam interdyscyplinarną pracę magisterską pt. *Recykling materiałów polimerowych na osnowy kompozytów drewno – polimer*. Niniejsza praca znalazła się w finale międzynarodowego konkursu na najlepszą pracę dyplomową z obszaru recyklingu i odzysku materiałów polimerowych zorganizowanego w 2009 roku przez organizację Plastics Europe. Praca ta jako jedyna praca magisterska została zakwalifikowana do finału i przedstawiona w formie posteru na konferencji *7th IdentiPlast biennial conference on the recycling and recovery of plastics* (Bruksela 2009), gdzie odbyło się ostateczne rozstrzygnięcie konkursu.

Po ukończeniu studiów magisterskich na Wydziale Inżynierii Środowiska (kierunek Ochrona Środowiska) w lutym 2008 roku rozpoczęłam studia doktoranckie na Wydziale Inżynierii Materiałowej, a promotorem mojej pracy była prof. dr hab. inż. Joanna Ryszkowska. Początkowo kontynuowałam prace związane z opracowywaniem nowych rozwiązań w obszarze kompozytów polimerowych napełnianych drewnem, które podobnie jak moja praca magisterska realizowane były w ramach projektu badawczego zamawianego PBZ-MNiSW-5/3/2006 *Gospodarka i rozwój technicznego wykorzystania odpadów polimerowych w Polsce* zad 5.1 pt.: *Otrzymywanie, struktura, właściwości i zastosowanie kompozytów polimerowych z surowców odpadowych z napełniaczami drewnopochodnymi* (2007-2010). Celem prac, prowadzonych we współpracy z naukowcami z Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy im. J. J. Śniadeckich (obecnie Politechnika Bydgoska im. J. J. Śniadeckich),

było opracowanie podstaw technologii wytwarzania kompozytów z odpadowych surowców dostępnych w kraju, do zastosowań wytypowanych we współpracy z małymi i średnimi przedsiębiorstwami. Efekty zrealizowanych prac przedstawiono na 3 konferencjach krajowych i 1 międzynarodowej, a także zostały opublikowane w czasopiśmie naukowych i jako rozdziały w monografiach wieloautorskich, których jestem współautorem:

- Kuciel S., Liber-Kneć A., Ryszkowska J., **Salasińska K.**, *Kompozyty polimerów biodegradowalnych*, podrozdział w monografii *Odzysk i recykling materiałów polimerowych* pod red. Kijeński J., Błędzki A., Jeziórska R., Wydawnictwo Naukowo Techniczne, Warszawa 2011, 488-468.
- Ryszkowska J., **Salasińska K.**, *Kompozyty z polimerów oksy-biodegradowalnych*, podrozdział w monografii *Kompozyty polimerowe na osnowie recyklatów z włóknami naturalnymi* pod red. Kuciel S., Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2011, 143-155.
- Ryszkowska J., **Salasińska K.**, *Kompozyty z folii oksybiodegradowalnej z recyklingu napełniane drewnem*, *Polimery* 2010, 55(10), 740-747.
- **Salasińska K.**, Ryszkowska J., *Właściwości kompozytów polimerowo-drzewnych wykonanych z odpadów pozyskanych z przemysłu meblarskiego oraz budowlanego*, *Kompozyty* 2009, 3, 9, 250-255.
- **Salasińska K.**, Ryszkowska K., *Właściwości kompozytów wykonanych z drewna i folii oksydegradowalnej pochodzącej z recyklingu*, *Czasopismo Techniczne z. 3. Mechanika z. 1-M* 2009, 106, 301-305.

Zdobytą wiedzę wykorzystałam w pracy naukowej do potwierdzenia tezy zawartej w dysertacji doktorskiej. Przedmiotem pracy naukowo-badawczej związanej z moją rozprawą były niedrogie i przyjazne dla środowiska kompozyty polimerowe z napełniaczami lignocelulozowymi, stanowiącymi odpady pozyskane z przemysłu rolno-spożywczego w postaci łupin orzecha ziemnego, laskowego, włoskiego i pistacji, a także łusek słonecznika. Kontynuując ideę odpadowego pochodzenia surowców na osnowę kompozytów zastosowano folię polietylenu dużej gęstości, będącą substytutem odpadowych materiałów opakowaniowych. Celem tej części pracy było, oprócz opracowania metody wytwarzania materiałów o pożądanym cechach użytkowych, określenie wpływu morfologii i składu chemicznego użytych napełniaczy na właściwości otrzymanych kompozytów. Zdobyta wiedza miała na celu zbadanie możliwości użycia dostępnych w rejonie surowców, a także

ograniczenie użycia stosowanych powszechnie modyfikatorów, które podnoszą cenę i obniżają walory ekologiczne tego rodzaju produktów.

Istotną kwestię nieporuszaną wówczas w publikacjach bądź poruszaną w ograniczonym zakresie, był wpływ budowy chemicznej składników oraz morfologii cząstek napełniaczy roślinnych na właściwości kompozytów polimerowych. Pomimo zastosowania podobnych surowców w postaci łupin i łusek użyte dodatki istotnie różniły się udziałem podstawowych składników takich jak celuloza, hemiceluloza, lignina i tłuszcze, a także rozmiarem ziarna i stopniem rozwinięcia powierzchni, warunkowanymi przez odmienny mechanizm rozpadu w trakcie procesu mielenia. Zaobserwowałam między innymi, że udarność kompozytów warunkowana była, oprócz rozkładu napełniacza w kompozycie i efektywności zwilżania cząstek przez polimer, przez udział ligniny w komponentach roślinnych, jako substancji inkrustującej, która zapewnia zwartość struktur celulozowych. Najwyższą wytrzymałość uzyskano dla kompozytów z łuskami słonecznika, czego powodem była bardzo dobrze rozwinięta powierzchnia cząstek z równolegle ułożonymi włóknami zbudowanymi z fibryl celulozowych oraz najwyższy spośród użytych napełniaczy współczynnik kształtu. Potwierdzono także wpływ udziału drugorzędowych składników napełniaczy na stabilność termiczną wytworzonych kompozytów, a także hemicelulozy i ligniny na zdolność kompozytów do pochłaniania wody. Wyniki badań przedstawiono w następujących publikacjach naukowych:

- **Salasińska K.**, Półka M., Gloc M., Ryszkowska J., *Natural fiber composites: The effect of the kind and content of the filler on the dimensional and fire stability of polyolefin-based composites*, Polimery 2016, 61 (4), 255-265.
- **Salasińska K.**, Ryszkowska J., *The effect of filler chemical constitution and morphological properties on the mechanical properties of natural fiber composites*, Composite Interfaces 2015, 22 (1), 39-50.
- **Salasińska K.**, Ryszkowska J., *Stabilność wymiarowa, właściwości fizyczne, mechaniczne i cieplne kompozytów wykonanych z polietylenu wysokiej gęstości i łupin orzecha ziemnego*, Polimery, 2013, 58 (6), 30-35.
- **Salasińska K.**, Ryszkowska J., *Natural fibre composites from polyethylene waste and hazelnut shell: Dimensional stability, physical, mechanical and thermal properties*, Composite Interfaces 2012, 19 (5), 321-332.

Druga część badań przedstawiona w dysertacji doktorskiej dotyczyła wytworzenia i scharakteryzowania właściwości kompozytów z wybranym komponentem roślinnym

oraz biopochodnymi i/lub degradowanymi polimerami. Jako napelniazcz użyto wytypowane na podstawie wyników pierwszej części pracy zmielone łuski słonecznika, zaś osnowę materiałów stanowiły: polietylen dużej gęstości wytworzony z surowców naturalnych, oksydegradowalny polietylen dużej gęstości oraz polilaktyd. Dla celów porównawczych przygotowano również kompozyt, którego osnowę stanowił recyklat petrochemicznego polietylenu dużej gęstości. Wyniki tej części pracy zostały opublikowane w postaci rozdziału stanowiącego wkład do międzynarodowej publikacji:

- **Salasinska K.**, Ryszkowska J., *Natural fiber composites with bio-derivative and/or degradable polymers*, rozdział w monografii *Handbook of Composites from Renewable Materials, Vol.5 Biodegradable materials* pod red. Kumar Thakur V., Kumari Thakur M., Kessler M. R., Wiley-Scrivener, 2017, 323-354.

Moja dysertacja doktorska pt. *Kompozyty polimerowe z napelniazczami pochodzenia roślinnego otrzymywane z materiałów odpadowych*, którą obroniłam 27 lutego 2015 roku, znalazła się wśród dwóch finałowych prac na najlepszą rozprawę doktorską z obszaru tworzyw sztucznych organizowanego przez Polski Związek Przetwórców Tworzyw Sztucznych. Uroczyste rozstrzygnięcie konkursu odbyło się w 8 listopada 2016 roku na Wydziale Chemii Politechniki Warszawskiej.

Realizowane prace badawcze stanowiły fragment projektu rozwojowego NR15 0023 06/2009 pt.: *Kompozyty polimerowe z biomasą* (2009-2012), którego celem było opracowanie składu i technologii wytwarzania atrakcyjnych cenowo kompozytów o walorach użytkowych, umożliwiających ich zastosowanie w przemyśle meblarskim, budowlanym oraz na elementy architektury ogrodowej i infrastruktury drogowej. Osnowę niniejszych kompozytów stanowiły popularne polimery o charakterze odpadowym, a jako wypełnienie zastosowano odpady pozyskane z przemysłu rolno-spożywczego (wytłoki, słoma itd.). Wyniki prowadzonych prac, oprócz publikacji wymienionych powyżej, przedstawiono na 7 konferencjach krajowych i 9 międzynarodowych oraz w publikacjach:

- **Salasińska K.**, Ryszkowska J., *Kompozyty polilaktydu z napelniazczami pochodzenia roślinnego pozyskanymi z przemysłu rolno-spożywczego*, *Przemysł Chemiczny* 2013, 92 (11), 2027-2031.
- **Salasińska K.**, Osica A., Ryszkowska J., *Zastosowanie liści drzew jako wzmocnienia w kompozytach na osnowie recyklatu PE-HD*, *Polimery* 2012, 57, 9, 646-655.
- **Salasińska K.**, Ryszkowska J., *Kompozyty z odpadów folii HDPE i napelniazcza roślinnego w postaci łuski owsa*, *Przetwórstwo Tworzyw* 2012, 6 (18), 642-646.

W trakcie studiów doktoranckich brałam czynny udział w pracach badawczych w ramach realizowanego na zlecenie Centrum Transferu Technologii i Przedsiębiorczości Politechniki Warszawskiej procesu komercjalizacji pt.: *Opracowanie technologii wytwarzania paliw alternatywnych z odpadów poliolefin i biomasy z różnych gatunków drewna (BIOPAL)*, a także byłam członkiem zespołu realizującego projekt badawczy PBS1/A5/3/2012 pt.: *Elastomerowe materiały kompozytowe do zastosowań w układach ciernych przenoszących napęd w warunkach ekstremalnych obciążeń, stosowanych w napędach maszyn i urządzeń transportowych*.

W roku 2014 otrzymałam stypendium z dotacji na finansowanie działalności polegającej na prowadzeniu badań naukowych lub prac rozwojowych dla uczestnika studiów doktoranckich, w ramach którego zrealizowałam pracę badawczą pt.: *Kompozyty z napełniaczami pochodzenia roślinnego na osnowie z polimerów biopochodnych i biodegradowalnych oraz oksy-biodegradowalnych*.

8 czerwca 2015 roku rozpoczęłam pracę w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym, gdzie jako specjalista, a następnie asystent (od 01.06.2017) i adiunkt (od 01.01.2020) kontynuowałam pracę badawczą ukierunkowując swoją działalność na zagadnienia związane z ograniczaniem palności materiałów polimerowych. Od 1 lipca 2015 do 31 grudnia 2016 roku pełniłam rolę kierownika projektu III.P.01 pt.: *Opracowanie metod otrzymywania ogniobezpiecznych nanokompozytów polimerowych z uwzględnieniem bezhalogenowych związków zmniejszających palność tworzyw sztucznych* realizowanego w ramach badań naukowych i prac rozwojowych III etapu programu wieloletniego *Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy* finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Projekt badawczy dotyczył opracowania układów uniepalniających na bazie bezhalogenowych środków ograniczających palność oraz nanododatków dedykowanych dla różnych typów materiałów polimerowych. Wśród efektów prowadzonych prac znalazły się 2 prezentacje przedstawione na konferencjach krajowych i 2 na międzynarodowych, 2 publikacje popularno–naukowe i 3 naukowe oraz 4 patenty, a także 4 receptury i 2 technologie wytwarzania opracowanych materiałów czy wytyczne dotyczące bezpiecznej produkcji nanokompozytów polimerowych zamieszczone na stronie internetowej CIOP-PIB. Jedno z opracowanych rozwiązań (patent nr 232051) otrzymało Złoty Laur Innowacyjności w kategorii *Budownictwo i obiekty użyteczności publicznej, bezpieczeństwo i pożarnictwo*, przyznany w 2018 roku przez Naczelną Organizację Techniczną. Ponadto w trakcie realizacji projektu nawiązałam współpracę z naukowcami z Politechniki Warszawskiej oraz Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego

w Bydgoszczy im. J. J. Śniadeckich (obecnie Politechniką Bydgoską im. J. J. Śniadeckich) umożliwiające rozszerzenie zakresu projektu i przygotowanie wspólnych artykułów oraz patentu. Wyniki badań przedstawione w artykułach naukowych stanowią przedmiot osiągnięcia naukowego omówionego szczegółowo w pkt. 4 niniejszego autoreferatu (**DB1, poz. 1 - 3**).

Od 1 stycznia 2016 do 31 grudnia 2017 roku kierowałam pracami w ramach zadania badawczego I-48 pt.: *Wytworzenie kompozytów polimerowych modyfikowanych napełniaczami roślinnymi o niskiej palności i dymotwórczości* realizowanego w ramach działalności statutowej CIOP-PIB. Celem podjętej pracy naukowej było otrzymanie kompozytów na bazie żywicy epoksydowej o zredukowanej palności i dymotwórczości z dostępnych na terenie Polski napełniaczy lignocelulozowych o charakterze odpadowym w postaci łupin orzechów włoskiego i laskowego oraz łusek słonecznika. Ponadto przeprowadzone analizy miały za zadanie określenie, czy i które cechy użytych napełniaczy, tj.: wielkość cząstek, udział wody i skład chemiczny, mają wpływ na palność tego rodzaju kompozytów. W trakcie realizacji zadania badawczego nawiązałam współpracę z naukowcami z Politechniki Poznańskiej. Oprócz prezentacji na konferencji krajowej i międzynarodowej wyniki prac zostały zamieszczone w publikacjach opisanych w pkt. 4 autoreferatu (**DB3, poz. 10 - 11**), a także przedstawione w artykułach nie wchodzących w skład monotematycznego ciągu publikacji:

- Barczewski M., Salasińska K., Szulc J., *Application of sunflower husk, hazelnut shell and walnut shell as waste agricultural fillers for epoxy-based composites: A study into mechanical behavior related to structural and rheological properties*, Polymer Testing 2019, 75, 1-11.
- Salasińska K., Barczewski M., Górny R., Kloziński A., *Evaluation of highly filled epoxy composites modified with walnut shell waste filler*, Polymer Bulletin 2018, 75 (6), 2511-2528.

Od 1 stycznia 2017 do 31 grudnia 2019 roku wykonywałam pracę naukowo-badawczą kierując projektem III.N.07 pt.: *Nowe układy antypirenowe typu intumescent (spęczniających) oraz tworzywa sztuczne zawierające te układy* realizowanego w ramach badań naukowych i prac rozwojowych IV etapu programu wieloletniego *Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy* finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Niniejszy projekt miał na celu opracowanie nowych substancji ograniczających palność polimerów chemoutwardzalnych i termoplastycznych poprzez tworzenie na ich powierzchni zwęglonej warstwy ochronnej hamującej proces palenia, charakterystyczne dla uniepalniaczy spęczniających. Realizacja zadań projektu pozwoliła na przygotowanie 2 patentów, 3 dokumentacji technicznych dotyczących receptur nowych

antypirenów spęczniających i tworzyw je zawierających oraz materiałów informacyjnych, które udostępniono na portalu branżowym, a także materiałów informacyjnych udostępnionych w serwisie CIOP-PIB. Ponadto uzyskane rezultaty pozwoliły na przygotowanie 2 publikacji do czasopism popularno-naukowych oraz 6 publikacji naukowych, a także zostały zaprezentowane na 7 konferencjach krajowych i 2 międzynarodowych. Jedno z opracowanych rozwiązań (patent P.426677) znalazło się w finale konkursu *EUREKA! DGP Odkrywamy Polskie Wynalazki 2020*, a wywiad z autorami został opublikowany na łamach Dziennika Gazety Prawnej. W trakcie realizacji projektu nawiązałam współpracę z naukowcami z Politechniki Warszawskiej, Poznańskiej i Bydgoskiej (dawniej Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy im. J. J. Śniadeckich), a także Instytutu Chemii Fizycznej PAN oraz Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytutu Technologii Materiałów Elektronicznych i Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytutu Inżynierii Materiałów Polimerowych i Barwników. Efektem podjętej współpracy są nie tylko kompleksowe analizy nie uwzględnione we wniosku projektowym, ale przede wszystkim interdyscyplinarne publikacje o zasięgu międzynarodowym. Wyniki badań stanowią przedmiot osiągnięcia naukowego przedstawionego w pkt. 4 (**DB2, poz. 4 - 9**).

Ponadto w okresie od 1 czerwca 2018 do 31 grudnia 2019 roku kierowałam pracami w ramach zadania badawczego I-56 pt.: *Opracowanie nowego ekologicznego układu uniepalniającego intumescent do zastosowania w żywicy epoksydowej*, realizowanego w ramach działalności statutowej CIOP-PIB, kontynuując oraz łącząc wiedzę zdobytą podczas realizacji poprzednich projektów. Celem realizacji zadania było opracowanie nowego układu uniepalniającego pęczniejącego na bazie surowca odnawialnego w postaci łupiny orzecha laskowego oraz opracowanego w CIOP-PIB uniepalniacza, do zastosowania w żywicy epoksydowej. Realizacja zadania pozwoliła na przygotowanie zgłoszenia patentowego, które w 2020 roku zdobyło Złoty Laur Innowacyjności w kategorii *Budownictwo i obiekty użyteczności publicznej, bezpieczeństwo i pożarnictwo* przyznawany przez Naczelną Organizację Techniczną, a także Złoty Medal na *Międzynarodowych Targach Wynalazczości CONCOURS LÉPINE 2020* we Francji. Ponadto uzyskane wyniki zostały przedstawione na 3 konferencjach, w tym dwóch zagranicznych (4th International Conference of Frontiers of Composites Materials - nagroda za najlepszą prezentację w sesji), a także w publikacji opisanej w pkt. 4 (**DB3, poz. 12**) oraz dwóch nie wchodzących w monotematyczny cykl publikacji naukowych:

- **Salasinska K.**, Gajek A., Celiński M., Mizera K., Borucka M., Duszak K., *Thermal Stability of Epoxy Resin Modified with Developed Flame Retardant System Based on Renewable Raw Materials*, Materials Science Forum 2020, 995, 43-48.
- **Salasinska K.**, Celiński M., Kozikowski P., Michał K., Leszczyński, Borucka M., Gajek A., *Influence of the Developed Flame Retardant System Based on Renewable Raw Materials on Epoxy Resin Fire Behavior*, Materials Science Forum 2020, 995, 37-42.

Od 1 stycznia 2020 do 30 czerwca 2021 roku kierowałam pracami w ramach projektu III.PB.03 pt. *Opracowanie kompozytów hybrydowych modyfikowanych napełniaczami nieorganicznymi i roślinnymi o obniżonej palności i emisji dymu oraz wysokiej odporności na akty wandalizmu do zastosowań w pojazdach transportu publicznego realizowanego ramach badań naukowych i prac rozwojowych V etapu programu wieloletniego Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, poszerzając swoje zainteresowania o nowy obszar badawczy. Celem projektu jest opracowanie i wytworzenie hybrydowych kompozytów polimerowych o zredukowanej palności i emisji dymu, a także o wysokiej odporności na akty wandalizmu. W ramach prowadzonych przeze mnie prac opracowano metodę wytwarzania oraz skład hybrydowych kompozytów z napełniaczami w postaci włókien naturalnych i mineralnych (aramidowych, węglowych, szklanych, bazaltowych i lnianych), a także cząstkowych napełniaczy nieorganicznych i roślinnych (kulki szklane, wermikulit, zmielone łupiny orzechów laskowych). Ponadto w trakcie realizacji projektu nawiązałam współpracę z naukowcami z Politechniki Warszawskiej, Poznańskiej i Gdańskiej, jak również z zagranicznych jednostek w tym Latvian State Institute of Wood Chemistry oraz Riga Technical University, co zaowocowało wspólnymi publikacjami. Wyniki badań z projektu uzyskane w podanym okresie przedstawiono na 2 konferencjach krajowych, a także zamieszczono w artykule popularno–naukowym oraz 3 artykułach naukowych:*

- **Salasinska K.**, Cabulis P., Kirpluks M., Kovalovs A., Kozikowski P., Barczewski M., Celiński M., Mizera K., Gałęcka M., Skukis E., Kalnins K., Cabulis U., Boczkowska A., *The Effect of Manufacture Process on Mechanical Properties and Burning Behavior of Epoxy-Based Hybrid Composites*, Materials 2022, 15, 301.
- **Salasinska K.**, Kirpluks M., Cabulis P., Kovalovs A., Skukis E., Kozikowski P., Celiński M., Mizera K., Gałęcka M., Kalnins K., Cabulis U., *Experimental Investigation of the Mechanical Properties and Fire Behavior of Epoxy Composites Reinforced by Fabrics and Powder Fillers*, Processes 2021, 9, 738.

- **Salasinska K.**, Barczewski M., Aniśko J., Hejna A., Celiński M., *Comparative Study of the Reinforcement Type Effect on the Thermomechanical Properties and Burning of Epoxy-Based Composites*, Journal of Composites Science 2021, 5, 89.

Równoległe jako wykonawca brałam czynny udział w pracach badawczych w innych projektach realizowanych w kolejnych etapach programu wieloletniego *Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy*, w tym m.in.: II.P.11 pt.: *Badanie palności i wybuchowości termousieciowanych tworzyw sztucznych w kontekście przeciwdziałania poważnych awarii przemysłowych*, II.N.07 pt.: *Badanie parametrów pożarowych i wybuchowych poeksploatacyjnych sorbentów substancji ropopochodnych oraz identyfikacja substancji niebezpiecznych powstających w wyniku ich spalania*, II.PB.04 pt.: *Opracowanie innowacyjnych środków uniepalniających do zastosowania w płytach warstwowych*, II.PB.05 pt.: *Określenie substancji niebezpiecznych emitowanych podczas rozkładu termicznego i spalania chemoutwardzalnych tworzyw sztucznych stosowanych w budownictwie i transporcie* oraz III.PB.14 pt.: *Opracowanie samodopasowującego się uszczelnienia części twarzowych sprzętu ochrony układu oddechowego*. Efektem prowadzonych prac były następujące publikacje:

- Okrasa M., Leszczyńska M., **Salasinska K.**, Szczepkowski L., Kozikowski P., Majchrzycka K., Ryszkowska J., *Viscoelastic Polyurethane Foams for Use in Seals of Respiratory Protective Devices*, Materials 2021, 14, 1600.
- Borucka, M., Celiński, M., **Salasińska, K.**, Gajek, A., *Identification of volatile and semi-volatile organic compounds emitted during thermal degradation and combustion of triadimenol*, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry 2020, 139, 1493–1506.
- Celiński, M., Borucka, M., Gloc M., Gajek, A., **Salasińska K.**, *Determination of explosion characteristics, fire behavior and thermal degradation products of aspartame*, Fire Safety Journal 2020, 117, 103208.
- Celiński, M., Borucka, M., **Salasińska K.**, Gajek, A., *Charakterystyka parametrów wybuchowych i palnych wybranych poeksploatacyjnych naturalnych sorbentów substancji ropopochodnych*, Przemysł Chemiczny 2019, 98, 472-477.
- Celiński, M., Borucka, M., **Salasińska K.**, Gajek, A., *Charakterystyka parametrów wybuchowych i palnych wybranych poeksploatacyjnych syntetycznych sorbentów substancji ropopochodnych*, Przemysł Chemiczny 2018, 97(3), 404-409.

- Sankowska M., Gajek, A., Celiński, M., **Salasińska, K.**, *Determination of gaseous products of thermal degradation of thiram*, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry 2017, 128, 1639-1647, DOI: 10.1007/s10973-016-6043-0.
- Sankowska M., Celiński, M., Gajek, A., **Salasińska, K.**, *Produkty termicznego rozkładu i spalania wybranych żywic poliestrowych*, Przemysł Chemiczny 2016, 95(9), 1851-1856.

Ponadto angażowałam się we współpracę z naukowcami z innych jednostek, biorąc czynny udział w ocenie palności materiałów i kompozytów polimerowych w ramach realizowanych przez nich zadań i projektów badawczych, czego potwierdzenie stanowią przygotowane wspólnie publikacje naukowe. We współpracy z naukowcami z Politechniki Krakowskiej powstały następujące publikacje:

- Bazan P., **Salasińska K.**, Kuciel S., *Flame retardant polypropylene reinforced with natural additives*, Industrial Crops and Products 2021, 164, 113356.
- Kurańska M., Beneš H., **Salasinska K.**, Prociak A., Malewska E., Polaczek K., *Development and Characterization of "Green Open-Cell Polyurethane Foams" with Reduced Flammability*, Materials 2020, 13, 5459.
- Mazur K., Singh R., Friedrich R.P., Genç H., Unterweger H., **Salasińska K.**, Bogucki R., Kuciel S., Cicha I., *The Effect of Antibacterial Particle Incorporation on the Mechanical Properties, Biodegradability, and Biocompatibility of PLA and PHBV Composites*, Macromolecular Materials and Engineering 2020, 305, 2000244.
- Barczewski M., Kurańska M., **Salasińska K.**, Michałowski S., Prociak A., Uram K., Lewandowski K., *Rigid polyurethane foams modified with thermoset polyester-glass fiber composite waste*, Polymer Testing 2020, 81, 106190.
- Mazur K., Kuciel S., **Salasińska K.**, *Mechanical, fire, and smoke behaviour of hybrid composites based on polyamide 6 with basalt/carbon fibres*, Journal of Composite Materials 2019, 53, 3979.

We współpracy z naukowcami z Politechniki Poznańskiej powstały następujące publikacje:

- Matykiewicz D., **Salasińska K.**, Barczewski M., *The Effect of Poly(Vinyl Chloride) Powder Addition on the Thermomechanical Properties of Epoxy Composites Reinforced with Basalt Fiber*, Materials 2020, 13, 3611.
- Mysiukiewicz O., **Salasinska K.**, Barczewski M., Szulc J., *The influence of oil content within lignocellulosic filler on thermal degradation kinetics and flammability of*

polylactide composites modified with linseed cake, Polymer Composites 2020, 41, 4503-4513.

- Barczewski M., **Salasińska K.**, Kloziński A., Skórczewska K., Szulc J., Piasecki A., *Application of the Basalt Powder as a Filler for Polypropylene Composites with Improved Thermo-Mechanical Stability and Reduced Flammability*, Polymer Engineering and Science 2019, 59 (s2), E71-E79.
- Barczewski M., Matykiewicz D., **Salasińska K.**, Kozicki D, Piasecki A., Skórczewska K., Lewandowski K., *Poly(vinyl chloride) powder as a low-cost flame retardant modifier for epoxy composites*, International Journal of Polymer Analysis and Characterization 2019, 24 (5), 447-456.

We współpracy z naukowcami z Uniwersytetem im. Adama Mickiewicza w Poznaniu powstała publikacja:

- Szolyga M., Dutkiewicz M., Nowicki M., **Salasińska K.**, Celiński M., Marciniak B., *Phosphorus-Containing Silsesquioxane Derivatives as Additive or Reactive Components of Epoxy Resins*, Materials 2020, 13, 5373.

Natomiast we współpracy z naukowcami z Zachodnio-Pomorskiego Uniwersytetu Technologicznego ze Szczecina powstała publikacja:

- Zdanowicz M., **Salasińska K.**, Lewandowski K., Skórczewska K., *Thermoplastic Starch/Ternary Deep Eutectic Solvent/Lignin Materials: Study of Physicochemical Properties and Fire Behavior*, ACS Sustainable Chem. Eng. 2022, 10, 14, 4579–4587.

W trakcie pracy w CIOP-PIB angażowałam się we współpracę z naukowcami z Politechniki Warszawskiej dzięki powstały następujące publikacje:

- Mizera K., **Salasinska K.**, Ryszkowska J., Kurańska M., Kozera R., *Effect of the Addition of Biobased Polyols on the Thermal Stability and Flame Retardancy of Polyurethane and Poly(urea)urethane Elastomers*, Materials 2021, 14, 1805.
- Wrześniewska-Tosik K, Ryszkowska J., Mik T., Wesołowska E., Kowalewski T., Pałczyńska M., Wasilik D., Auguścik-Królikowska M., Leszczyńska M., Niezgoda K., **Salasińska K.**, *Viscoelastic Polyurethane Foam with Keratin and Flame-Retardant Additives*, Polymers 2021, 13, 1380.
- Wrześniewska-Tosik K, Ryszkowska J., Mik T., Wesołowska E., Kowalewski T., Pałczyńska M., **Salasińska K.**, Wasilik D., Czajka A., *Composites of Semi-Rigid Polyurethane Foams with Keratin Fibers Derived from Poultry Feathers and Flame Retardant Additives*, Polymers 2020, 12, 2943.

Z kolei obecnie jako pracownik Wydziału Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej, wciąż współpracuję z naukowcami z CIOP-PIB, co potwierdzają ostatnie publikacje:

- Celiński M., **Salasinska K.**, Mizera K., Kozikowski P., *Fire behaviour of modern facade materials*, rozdział w monografii *Advances in the Toxicity of Construction and Building Materials*, pod red. Pacheco-Torgal F., Falkinham J. O., Galaj J., Elsevier Science, 2022, ISBN 0128245336, 9780128245330.
- Okrasa M., Leszczyńska M., **Salasinska K.**, Szczepkowski L., Kozikowski P., Nowak A., Szulc J., Adamus-Włodarczyk A., Gloc M., Majchrzycka K., Ryszkowska J., *Viscoelastic Polyurethane Foams with Reduced Flammability and Cytotoxicity*, *Materials* 2022, 15, 151.

W trakcie pracy w CIOP-PIB podjęłam również współpracę z naukowcami z jednostek zagranicznych, co możliwe było dzięki stażowi zagranicznemu, który odbyłam w sierpniu 2020 roku. Jednostką goszczącą był Latvian State Institute of Wood Chemistry w Rydze, jednakże ze względu na specyfikę analizowanych materiałów prace badawcze prowadziłam także w Institute of Materials and Structures Riga Technical University. W trakcie stażu z naukowcami z obu jednostek przygotowywałam oraz analizowałam właściwości materiałów z projektu III.PB.03, a efektem podjętej współpracy są 2 publikacje naukowe wymienione wśród artykułów z niniejszego projektu. Ważnym punktem podjętej współpracy są plany realizacji kolejnych działań badawczych, w tym w ramach konkursu Sonata 17.

Oprócz współpracy z jednostkami naukowymi od 2008 roku nawiązywałam współpracę z firmami zainteresowanymi zwiększeniem wiedzy na temat stosowanych przez nich rozwiązań poprzez wykonanie specjalistycznych analiz bądź wdrożeniem nowych. Na szczególną uwagę zasługują współprace podjęte z firmą Ruukki Polska Sp. z o.o. specjalizującą się w produkcji ociepleń dla budynków, jak również ICA Polska Sp. z o.o. zajmującą się produkcją lakierów i klejów do pokrywania wyrobów z drewna. Z obiema firmami w roku 2018 podpisano umowy o poufności na mocy, których testowano możliwość zastosowania opracowanych w ramach projektów rozwiązań w ich produktach, jak również wymieniano się wiedzą merytoryczną i doświadczeniem z obszaru stosowanych przez nich praktyk przemysłowych. Spośród pozostałych firm, z którymi podjęłam współpracę wymienić należy firmy: Fampur Adam Przekurat, Walter Thieme Handel BmgH, NYSA Chem Sp. z o.o., Minova Ekochem S.A., S i A Pietrucha Sp. z o.o., Ecoplastic Technologies Sp. J.

Obecnie jestem zatrudniona na Wydziale Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej i pracuję w zespole badawczym Kompozyty Polimerowe, kierowanym przez prof. dr hab. inż. Annę Boczkowską, biorąc udział w realizacji 2 projektów: POIR.01.01.01-

00-0188/20 pt.: *Opracowanie innowacyjnych systemów geotermalnych opartych o nowe sondy o podwyższonej efektywności wymiany ciepła do zastosowań w gruntowych pionowych wymiennikach ciepła* i POIR.01.01.01-00-1246/20 pt.: *Opracowanie kompozycji metaliczno-polimerowych oraz technologii wytwarzania na ich bazie włóknin warstwowych o właściwościach przeciwdrobnoustrojowych i filtracyjnych dla produktów sanitarnych lub ochrony medycznej*. Ponadto współpracuję z firmą Primagran Sp. z o.o. uczestnicząc w realizacji projektu POIR.01.01.01-00-0288/21 pt.: *Opracowanie znacząco lepszej mieszanki kompozytowej oraz optymalizacja form do zastosowań w produktach konglomeratowych dla gospodarstw domowych*.

Od 2008 roku byłam uczestnikiem kilku kursów i szkoleń związanych zarówno z rozwijaniem wiedzy merytorycznej oraz umiejętności praktycznych dotyczących metod analiz materiałów, jak również w zakresie umiejętności miękkich. Jako przykład wymienię jedynie szkolenie pt.: *Wymagania normy PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02*, czy warsztaty pt.: *Komercjalizacja wyników prac badawczych*, zorganizowane przez Fundację na rzecz Nauki Polskiej.

Od 2008 do 2015 prowadziłam zajęcia w formie laboratoriów ze studentami Wydziału Inżynierii Materiałowej, Inżynierii Środowiska i Mechatroniki Politechniki Warszawskiej. Następnie ze względu na zmianę miejsca i charakteru pracy prowadziłam wykłady na zaproszenie prof. dr hab. inż. Joanny Ryszkowskiej w ramach projektu *NERW PW. Nauka – Edukacja – Rozwój – Współpraca* współfinansowanego jest ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego dla studentów WIM PW. Ponadto na mocy podpisanych między CIOP-PIB i WIM PW umów byłam promotorem 4 prac dyplomowych magisterskich.

Od 2017 r. jestem członkiem Komitetu Naukowego Ogólnopolskiej Konferencji Młodych Naukowców w ramach, której organizowane są konferencje dla doktorantów i młodych naukowców. Ponadto od 2019 roku jestem członkiem Polskiego Towarzystwa Materiałów Kompozytowych (PTMK), a od 2021 Polskiego Towarzystwa Węglowego (PTW). W styczniu 2021 roku zostałam edytorem numeru specjalnego pt.: *Current Developments in Polyurethane Materials for Different Applications* w czasopiśmie *Materials*, a w listopadzie wraz z dr hab. inż. Mateuszem Barczewskim numeru specjalnego pt.: *Flammability of biopolymers and composites reinforced with fillers with plant origin* w czasopiśmie *Journal of Renewable Materials*. Ponadto w lutym 2022 przyjechałam na zaproszenie czasopisma *Polymers*, a tytuł numeru specjalnego brzmi pt.: *Progress in Polymer Composites for Different Applications*.

O początku mojej działalności naukowej zostałam współautorem ponad 60 publikacji, w tym 48 w czasopismach indeksowanych na liście JCR. Wyniki swoich prac badawczych przedstawiłam w ramach licznych konferencji krajowych i międzynarodowych (30 referatów i 21 prezentacji plakatowych), a część z nich została objęta ochroną patentową (6 patentów i 1 zgłoszenie patentowe). Ponadto w ramach dotychczasowej działalności naukowej przygotowałam 28 recenzji artykułów.

Wskaźniki bibliograficzne na dzień 21.03.2022

Rodzaj wskaźnika	Przed uzyskaniem stopnia doktora	Po uzyskaniu stopnia doktora	Cały dorobek
Publikacje w czasopismach wyszczególnionych w bazie JCR (część A listy MEiN)	6	42	48
Publikacje w czasopismach nie wyszczególnionych w bazie JCR (część B listy MEiN)	3	0	3
Publikacje w pracach zbiorowych i monografiach	2	2	4
Patenty	0	6	6
Zgłoszenia patentowe	0	1	1
Wygłoszone prezentacje ustne na konferencjach międzynarodowych	3	7	10
Wygłoszone prezentacje ustne na konferencjach krajowych	4	16	20
Prezentacje plakatowe na konferencjach międzynarodowych	8	2	10
Prezentacje plakatowe na konferencjach krajowych	9	2	11
Sumaryczny Impact Factor	2,958	123,792	126,75
Punkty wg MEiN	110	3595	3705
Liczba cytowań wg Scopus/ Web of Science/ Google Scholar	15 / 8 / 15	482 / 420 / 594	
Liczba cytowań wg Scopus/ Web of Science/ Google Scholar z wyłączeniem autocytowań	10 / 6 / 10	410 / 359 / 511	
Indeks Hirsha wg Scopus/ Web of Science/ Google Scholar	2 / 1 / 2	13 / 12 / 15	
Indeks Hirsha wg Scopus/ Web of Science/ Google Scholar z wyłączeniem autocytowań	2 / 1 / 2	12 / 11 / 13	

6. Osiągnięcia dydaktyczne, organizacyjne oraz popularyzujące naukę

6.1. Osiągnięcia dydaktyczne

W trakcie studiów doktoranckich, ale również po uzyskaniu stopnia doktora jako pracownik Wydziału Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej, prowadziłam zajęcia w formie laboratoriów na stacjonarnych i niestacjonarnych studiach pierwszego oraz drugiego stopnia:

- *Materiały polimerowe i ich przetwórstwo* – laboratoria dla studentów Wydziału Inżynierii Materiałowej PW, dotyczące przetwórstwa oraz charakterystyki materiałów polimerowych.
- *Materiały a środowisko, recykling materiałów* – dla studentów Wydziału Inżynierii Środowiska PW, laboratoria dotyczące procesu wytłaczania materiałów polimerowych.
- *Materiały biomedyczne* – dla studentów Wydziału Mechatroniki PW, laboratoria dotyczące oceny właściwości materiałów polimerowych.

Brałam również udział w przygotowaniu materiałów dydaktycznych dla studentów.

Po zmianie miejsca zatrudnienia jako pracownik CIOP-PIB od 2018 roku prowadziłam dwugodzinny wykład na zaproszenie prof. dr hab. inż. Joanny Ryszkowskiej w ramach projektu *NERW PW. Nauka – Edukacja – Rozwój – Współpraca* współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego dla studentów WIM PW, pt.: *Metody badania palności materiałów polimerowych* dla studentów trzeciego roku studiów stacjonarnych WIM PW.

Ponadto na mocy umów podpisanych między WIM PW i CIOP-PIB byłam promotorem 4 dyplomów magisterskich studentów Wydziału Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej:

- Gałęcka M., *Ocena właściwości mechanicznych i palnych kompozytów hybrydowych na bazie żywicy epoksydowej*, praca magisterska obroniona na Wydziale Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej na ocenę bardzo dobrą w grudniu 2020 r.
- Sodo A., *Plastyfikowany poli(chlorek winylu) o ograniczonej palności*, praca magisterska obroniona na Wydziale Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej na ocenę bardzo dobrą w listopadzie 2020 r.
- Richter P., *Termoplastyczne materiały polimerowe modyfikowane nowymi uniepalniaczami spęczniającymi*, praca magisterska obroniona na Wydziale Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej na ocenę bardzo dobrą w lipcu 2020 r.

- Duszak K., *Żywice epoksydowe modyfikowane nowym układem uniepalniającym na bazie surowców naturalnych*, praca magisterska obroniona na Wydziale Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej na ocenę bardzo dobrą we wrześniu 2019 r.

Prace realizowane były zarówno w laboratoriach CIOP-PIB, jak i WIM PW, a studenci mieli okazję do zapoznania się z technikami badawczymi niedostępnymi na Wydziale, w tym m.in. kalorymetrem stożkowym, komorą dymotwórczą, stanowiskiem do badania zagrożenia ogniowego itd. Ponadto dwoje wypromowanych przeze mnie dyplomantów, mgr. inż. Piotr Richter i mgr. inż. Katarzyna Duszak, odbyło praktyki studenckie w Pracowni Bezpieczeństwa Chemicznego CIOP-PIB, w której wówczas pracowałam. Dyplomanci realizujący pod moim kierunkiem prace magisterskie byli również zaangażowani w przygotowanie publikacji naukowych z przeprowadzonych w ramach dyplomów badań:

- Salasinska K., Barczewski M., Celiński M., Kozikowski P., **Sodo A.**, Mirowski J., Zajchowski S., Tomaszewska J., *Plasticized Poly(vinyl chloride) Modified with Developed Fire Retardant System Based on Nanoclay and L-histidinium Dihydrogen Phosphate-Phosphoric Acid*, *Polymers* 2021, 13, 2909.
- Salasinska K., Kirpluks M., Cabulis P., Kovalovs A., Skukis E., Kozikowski P., Celiński M., Mizera K., **Galecka M.**, Kalnins K., Cabulis U., *Experimental Investigation of the Mechanical Properties and Fire Behavior of Epoxy Composites Reinforced by Fabrics and Powder Fillers*, *Processes* 2021, 9, 738.
- Salasinska K., Gajek A., Celiński M., Mizera K., Borucka M., **Duszak K.**, *Thermal Stability of Epoxy Resin Modified with Developed Flame Retardant System Based on Renewable Raw Materials*, *Materials Science Forum* 2020, 995, 43-48.

6.2. Osiągnięcia organizatorskie

W trakcie studiów doktoranckich angażowałam się w prace na rzecz Wydziału Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej związane z organizacją *Pikniku Naukowego* oraz brałam udział w organizacji międzynarodowej konferencji *E-MRS Fall Meeting and Exhibit* (2008).

Od 2017 roku jestem członkiem Komitetu Naukowego Ogólnopolskiej Konferencji Młodych Naukowców w ramach, której cyklicznie organizowane są konferencje dla doktorantów i młodych naukowców do 5 lat po uzyskaniu stopnia doktora podejmujących prace badawcze z różnych dziedzin nauki. W ramach konferencji organizowane są następujące wydarzenia: *Nowe Wyzwania Dla Polskiej Nauki*, *Dokonania Naukowe Doktorantów*, *Nowe*

Trendy w Badaniach Naukowych – Wystąpienie Młodego Naukowca, Biologia, Chemia i Środowisko Spojrzenie Młodego Naukowca. Konferencje te są szansą dla doktorantów na różnych etapach ścieżki naukowej do przedstawienia swoich wyników badań w formie prezentacji ustnej, plakatu, jak również przygotowania artykułu naukowego. W ramach powierzonych mi zadań kilkakrotnie uczestniczyłam w konferencjach, prowadziłam sesje oraz oceniałam pracę młodszych kolegów i koleżanek.

24 maja 2018 roku w siedzibie CIOP-PIB w Warszawie odbyło się zorganizowane przeze mnie seminarium Zakładu Zagrożeń Chemicznych, Pyłowych i Biologicznych pt.: *Uniepalniacze materiałów polimerowych.* Oprócz przygotowanej przeze mnie prezentacji pt.: *Uniepalniacze intumescent do zastosowania w materiałach polimerowych* podczas seminarium referat pt.: *Ocena efektywności różnych typów antypirenów w zmianie palności materiałów poliuretanowych* wygłosiła prof. dr hab. inż. Joanna Ryszkowska z Wydziału Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej. W seminarium wzięło udział około 30 osób, wśród których oprócz pracowników CIOP-PIB uczestniczyli zaproszeni goście. Podobne seminarium pt.: *Wyzwania związane z wytwarzaniem materiałów polimerowych* miało się odbyć 17 kwietnia 2020 roku, jednakże ze względu na obowiązujące wówczas restrykcje związane z pandemią COVID-19 zostało ono odwołane. Na moje zaproszenie jako prelegenci odpowiedzieli dr hab. inż. Mateusz Barczewski, prof. PP z Politechniki Poznańskiej oraz dr inż. Agata Domańska z Sieci Badawcza Łukasiewicz – Instytutu Inżynierii Materiałów Polimerowych i Barwników.

W styczniu 2021 roku przyjąłem zaproszenie i zostałem edytorem gościnnym numeru specjalnego w czasopiśmie *Materials* (ISSN: 1996-1944), dla którego wybrałam następujący tytuł: *Current Developments in Polyurethane Materials for Different Applications.* Dotychczas w numerze opublikowano 6 artykułów naukowych i 1 przeglądowy, a moja rola polega na pozyskiwaniu wysokiego poziomu prac, dokonywaniu wstępnej selekcji czy ostatecznej decyzji odnośnie artykułów przedłożonych do recenzji. W listopadzie 2021 wraz z dr hab. inż. Mateuszem Barczewskim, prof. PP zostałem edytorem gościnnym numeru specjalnego w czasopiśmie *Journal of Renewable Materials* (ISSN: 2164-6325), zaproponowany przez nas tytuł to *Flammability of biopolymers and composites reinforced with fillers with plant origin.* Z kolei w lutym 2022 zostałem edytorem gościnnym numeru specjalnego pt. *Progress in Polymer Composites for Different Applications* w czasopiśmie *Polymers* (ISSN: 2073-4360).

Ponadto byłam zaangażowana w działania związane z 19-tą edycją Konkursu Wiedzy o Materiałach skierowaną do uczniów szkół średnich, w których nagrodami były indeksy

Wydziału Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej. Na zaproponowany przeze mnie temat dotyczący palności materiałów uczniowie przygotowali referaty, które następnie zostały poddane mojej ocenie.

6.3. Osiągnięcia popularyzujące naukę

W trakcie studiów doktoranckich aktywnie uczestniczyłam w seminarium dla nauczycieli chemii pt.: *Tworzywa sztuczne w edukacji chemicznej*, prezentując zasadę działania mikrotomografu komputerowego.

W 2019 roku zagadnienie związane z opracowywaniem uniepalniaczy spęczniających, realizowane w ramach projektu III.N.07, zostało przedstawione szerszej grupie odbiorców poprzez zamieszczenie na łamach portalu *Plastech plastics & packaging vortal* jako artykuł sponsorowany. Przygotowany przeze mnie artykuł pt.: *Nowe uniepalniacze spęczniające i ich zastosowanie do modyfikacji tworzyw polimerowych* można znaleźć na stronie internetowej:

- <https://www.plastech.pl/wiadomosci/Nowe-uniepalniacze-speczniajace-i-ich-zastosowanie-do-14181>.

Dzięki udziałowi w finale konkursu *Eureka! DGP – odkrywamy polskie wynalazki* informacje o patencie P.426677, w formie wywiadu z autorami wynalazku, zostało przedstawione na łamach Dziennik Gazeta Prawna. Obszerny artykuł pt. *Najpierw masa, potem poż.* ukazał się drukiem 10 kwietnia 2020, a wersję elektroniczną można znaleźć na stronie:

- <https://edukacja.dziennik.pl/eureka-dgp/artykuly/6481773,eureka-odzywki-bialkowe-srodek-przeciwpozarowy-eureka.html>.

Ponadto w ramach upowszechniania wyników prac badawczych przygotowałam szereg artykułów popularnonaukowych opublikowanych na łamach czasopism branżowych:

- Mizera K., **Salasińska K.**, Kozikowski P., Celiński M., Barczewski M., Borucka G., Gajek A., *Wpływ rodzaju tkaniny na właściwości palne i wytrzymałościowe kompozytów epoksydowych wykonanych metodą worka próżniowego*, *Materiały & Maszyny Technologiczne* 2021, 4, 12-13.
- **Salasińska K.**, Celiński M., Barczewski M., Mizera K., Gajek A., *Właściwości palne kompozytów epoksydowych wykonanych metodą infuzji*, *Materiały & Maszyny Technologiczne* 2020, 4, 21-23.
- **Salasińska K.**, Celiński M., Borucka M., Gajek A., *Wpływ nowych uniepalniaczy spęczniających na palność i emisję dymu sztywnej pianki poliuretanowej*, *Tworzywa Sztuczne w Przemysle* 2018, 5, 50-52.

- **Salasińska K.**, Celiński M., Borucka M., Gajek A., *Wpływ nowych uniepalniaczy intumescent na palność oraz emisję dymu żywicy epoksydowej*, *Plastics Review* 2018, 3 74-77.
- **Salasińska K.**, Sankowska M., Celiński M., Gajek A., Zatorski W., *Nanonapełniacze i antypireny bezhalogenowe wpływ na palność i dymotwórczość kompozytów epoksydowych*, *Chemical Review* 2016, 4, 46-50.
- Zatorski W., **Salasińska K.**, *Wykorzystanie nanocząstek do ograniczania palności tworzyw sztucznych*, *Chemical Review* 2015, 4, 24-26.
- Ryszkowska J., **Salasińska K.**, Dąbrowski M., *Kompozyty z recyklatu oksybiodegradowalnego polietylenu i naturalnych napełniaczy*, *Tworzywa Sztuczne w Przemysle, dodatek Recykling i Techniki Odzysku* 2011, 1, 10-12.

W celu popularyzacji prowadzonych prac naukowo – badawczych w 2020 roku został nakręcony film przedstawiający zakres działalności Zakładu Zagrożeń Chemicznych, Pyłowych i Biologicznych CIOP-PIB dostępny za pośrednictwem kanału YouTube:

- <https://www.youtube.com/watch?v=h1mdqJ6f1TU>

Kilkuminutowy film, który powstał we współpracy z pracownikami Instytutu, w ciekawy i przystępny sposób prezentuje prace naukowców poprzez pokazanie ich w trakcie aktywności badawczo-naukowych. Znaczny fragment filmu dotyczy badań palności oraz tworzenia nowych rozwiązań z obszaru ograniczania palności tworzyw sztucznych, w tym poprzez zastosowanie łupin orzecha laskowego.

Dodatkowo na zaproszenie pracownika merytorycznego Stacji Naukowej PAN w Paryżu został przygotowany wykład popularnonaukowy, który zostanie rozpowszechniony za pomocą kanałów medialnych Stacji. Wykład ma formę 15 minutowego filmu, podczas którego wraz z dr inż. Maciejem Celińskim przedstawiamy i omawiamy zagadnienia stanowiące przedmiot patentu P.426677 oraz zgłoszenia patentowego P.431669. Zadaniem filmu, przygotowanego w języku angielskim, jest popularyzacja polskiej nauki w krajach Europy Zachodniej.

Istotną kwestię dotyczącą popularyzacji wyników badań naukowych stanowią przygotowane i udostępnione w formie broszur lub za pośrednictwem Internetu wytyczne oraz materiały informacyjne, mające za zadanie szerzenie dobrych praktyk i zwiększenie bezpieczeństwa pracowników w miejscu pracy:

- Mizera K., **Salasińska K.**, Celiński M., *Bezpieczna produkcja tworzyw sztucznych zawierających układy antypirenów spęczniających typu intumescent na przykładzie*

procesu odlewania przeprowadzonego dla nienasyconej żywicy poliestrowej, 2019, dostępne na stronie CIOP-PIB – <https://www.ciop.pl/CIOPPortalWAR/file/88344/2019100452432&Materialy-informacyjne-III-N-07-K-Salasincka-i-in.pdf>.

- Sobiech P., **Salasińska K.**, *Wytyczne dotyczące bezpiecznej produkcji nanokompozytów polimerowych*, 2016, dostępne na stronie CIOP-PIB – https://www.ciop.pl/CIOPPortalWAR/file/79702/Wytyczne-dotyczace-bezpiecznej-produkcji-kompozytow-polimerowych-P_Sobiech-K_Salasincka.pdf
- Celiński M., Gajek A., Borucka M., **Salasińska K.**, *Nienasycone poliestry charakterystyka pożarowo wybuchowa w trakcie produkcji, przetwarzania i magazynowania*, CIOP-PIB 2016.
- Celiński M., Gajek A., Borucka M., **Salasińska K.**, *Nienasycone poliestry charakterystyka pożarowo wybuchowa w trakcie produkcji, przetwarzania i magazynowania*, CIOP-PIB 2016.

Jedno z opracowanych rozwiązań, stanowiące przedmiot zgłoszenia patentowego P.431669, zostało przedstawione międzynarodowemu gronu odbiorców poprzez prezentację na *Międzynarodowych Targach Wynalazczości CONCOURS LÉPINE 2020* we Francji. Przygotowane w tym celu materiały promocyjne (prezentacja i ulotki) zaowocowały zdobyciem Złotego Medalu.

7. Pozostałe informacje dotyczące kariery zawodowej

7.1. Działalność recenzencka

W ramach dotychczasowej pracy naukowej zrecenzowałam artykuły w następujących czasopismach:

- Journal of Thermal Analysis and Calorimetry (ISSN: 1388-6150) – 4 recenzje
- Materials (ISSN: 1996-1944) – 3 recenzje
- Journal of Natural Fiber (ISSN: 1544-046X) – 3 recenzje
- Polymer Bulletin (ISSN: 0170-0839) – 2 recenzje
- Advanced in Polymer Technology (ISSN: 0730-6679) – 2 recenzje
- Polymers (ISSN: 2073-4360) – 2 recenzje
- Process Safety and Environmental Protection (ISSN: 0957-5820) – 1 recenzja
- Proces in Organic Coating (ISSN: 0300-9440) – 1 recenzja
- International Journal of Sustainable Engineering (ISSN: 1939-7038) – 1 recenzja

- Journal of the Chemical Society of Pakistan (ISSN: 0253-5106) – 1 recenzja
- Journal of Reinforced Plastics and Composites (ISSN: 0731-6844) – 1 recenzja
- Molecules (ISSN: 1420-3049) – 1 recenzja
- Polymer Testing (ISSN: 0142-9418) – 1 recenzja
- Iranian Polymer Journal (ISSN: 1026-1265) – 1 recenzja
- Journal of Composites Science (ISSN: 2504-477X) – 1 recenzja
- Engineering Review (ISSN 1330-9587) – 1 recenzja
- Journal of Materials Science (0022-2461) – 1 recenzja
- Nanomaterials (ISSN 2079-4991) – 1 recenzja

7.2. **Udział w konferencjach naukowych**

7.2.1. **Recenzowane materiały konferencyjne**

- Celiński M., **Salasińska K.**, Mirowski J., Kozikowski P., Mizera K., Borucka M., Gajek A., *Flammability assessment of an intumescent flame retardant thermoplastics polymer*, 9th ISFEH, Proceedings of the Ninth International Seminar of Fire and Explosion Hazards, 21-26 kwietnia 2019, St. Petersburg, Rosja, Vol. 2, 1019-1028.
- Celiński M., **Salasińska K.**, Borucka M., Gajek A., *Artificial Sweeteners or High Risk Sugar Alcohols*, 9th ISFEH, Proceedings of the Ninth International Seminar of Fire and Explosion Hazards, 21-26 kwietnia 2019, St. Petersburg, Rosja, Vol. 2, 1029-1039.
- Borucka M., Celiński M., **Salasińska K.**, Gajek A., *Thermal Degradation and Combustion of Plant Protection Products*, 9th ISFEH, Proceedings of the Ninth International Seminar of Fire and Explosion Hazards, 21-26 kwietnia 2019, St. Petersburg, Rosja, Vol. 2, 1187-1196.
- **Salasińska K.**, Ryszkowska J., *Physico-mechanical properties and dimensional stability of natural fibre composites fabricated from polyethylene waste and walnut shells*, ECCM 2012 – Composites at Venice, Proceedings of the 15th European Conference on Composite Materials, 24-28 sierpnia 2012, Wenecja, Włochy.
- Ryszkowska J., **Salasińska K.**, *Description methods of the properties of composites from oxybiodegradable foil waste and wood*, 5th International Conference on Computational Methods and Experiments in Materials Characterisation, MC11, 13-15 czerwca 2011, Kos, Grecja, WIT Transaction on Engineering Science, Materials Characterisation V, 2011, 72, 387 - 395.

7.2.2. Prezentacje ustne – konferencje międzynarodowe (z wyłączeniem prezentacji przedstawionych w pkt. 4.3.5)

- Mizera K., **Salasińska K.**, Kirpluks M., Cabulis P., Kovalovs A., Skukis E., Kozikowski P., Celiński M., Gałęcka M., Kalnins K., Cabulis U., *Investigation of the Mechanical Properties and Fire Behavior of Epoxy Composites Reinforced by Fabrics and Powder Fillers*, The 6th International Conference on Frontiers of Composite Materials, 20-22 listopada 2021, on-line.
- Borucka M., Mizera K., Celiński M., **Salasińska K.**, Gajek A., *Thermal properties and fire behaviour of polyisocyanurate foams*, The 6th International Conference on Frontiers of Composite Materials, 20-22 listopada 2021, on-line.
- Celiński M., **Salasińska K.**, Borucka M., Gajek A., *Artificial Sweeteners or High Risk Sugar Alcohols*, 9th ISFEH, Proceedings of the Ninth International Seminar of Fire and Explosion Hazards, 21-26 kwietnia 2019, St. Petersburg, Rosja.
- Borucka M., Celiński M., **Salasińska K.**, Gajek A., *Thermal Degradation and Combustion of Plant Protection Products*, 9th ISFEH, Proceedings of the Ninth International Seminar of Fire and Explosion Hazards, 21-26 kwietnia 2019, St. Petersburg, Rosja.
- Barczewski M., **Salasińska K.**, Kloziński A., Skórczewska K., Szulc J., Piasecki A., *Basalt powder as a waste filler for thermoplastic composites with improved thermo-mechanical stability and reduced flammability*, 9th Conference on Green Chemistry and Nanaotechnologies in Polymeric Materials, 9-13 października 2018, Kraków.
- Sankowska M., **Salasińska K.**, Celiński M., Gajek A., *Nanocomposites based on the polyurethane foam – combustibility studies*, 11th Seminar on Thermal Analysis and Calorimetry, 26-29 września 2016, Płock, Polska.
- **Salasińska K.**, Półka M., Ryszkowska J., *The mechanical properties and fire stability of natural fibre composites from PE-HD foil and walnut shell*, Conference on Advances in Composites Materials and Structures, 13-15 kwietnia 2015, Istambuł, Turcja.
- **Salasińska K.**, Ryszkowska J., *Properties and dimensional stability of natural fiber composites with sunflower husk*, 22th Annual International Conference on Composites/Nano Engineering (ICCE-22), 13-19 lipca 2014, Malta.
- **Salasińska K.**, Ryszkowska J., *Description methods of the properties of composites from oxo-biodegradable foil waste and wood*, Materials Characterisation V Computational Methods and Experiments, 13-15 czerwca 2011, Kos, Grecja.

- **Salasińska K.**, Osica I., Ryszkowska J., *Natural fibre composites as form of utilization of the waste from chemical, farm and food industries*, 2nd Workshop Green Chemistry and Nanotechnologies in Polymer Chemistry, 5-6 maja 2011, Ryga, Łotwa.

7.2.3. Prezentacje ustne – konferencje krajowe lub prezentacje wygłoszone w języku polskim (z wyłączeniem prezentacji przedstawionych w pkt. 4.3.5)

- **Salasińska K.**, Cabulis P., Kirpluks M., Kovalovs A., Kozikowski P., Celiński M., Kalnins K., Cabulis U., Boczkowska A., *Wpływ procesu wytwarzania na właściwości mechaniczne i palność laminatów epoksydowych*, XIII Konferencja Naukowo-Techniczna Materiały Węglowe i Kompozyty Polimerowe, Nauka-Przemysł' 2021, 23-26 listopada 2021, Ustroń-Jaszowiec.
- **Salasińska K.**, Celiński M., Kozikowski P., Barczewski M., Kirpluks M., Cabulis P., Skukis E., Kalnins K., Cabulis U., *Ocena palności kompozytów epoksydowych*, XIV Konferencja Naukowo-Techniczna Kierunki Modyfikacji i Zastosowań Tworzyw Polimerowych, XXIII Warsztaty Profesorskie, 19-21 października 2020, on-line.
- **Salasińska K.**, Celiński M., Barczewski M., Mizera K., Gajek A., *Ocena palności kompozytów epoksydowych wykonanych metodą infuzji*, Analiza Zagadnienia, Analiza Wyników - Wystąpienie Młodego Naukowca, 17-18 października 2020, on-line – **uczestnictwo w związku z członkostwem w Komitecie Naukowym Konferencji.**
- **Salasińska K.**, Barczewski M., *Właściwości kompozytów polimerowych modyfikowanych napełniaczami roślinnymi, Wpływ Młodych Naukowców Na Osiągnięcia Polskiej Nauki X Edycja*, 21 stycznia 2017, Poznań – **uczestnictwo w związku z członkostwem w Komitecie Naukowym Konferencji.**
- **Salasińska K.**, Ryszkowska J., *Kompozyty polimerowe z napełniaczami pochodzenia roślinnego otrzymywane z materiałów odpadowych*, VIII Ogólnopolska Konferencja Naukowa POLIMER Innowacyjność w Przetwórstwie Tworzyw Sztucznych - nauka we współpracy z przemysłem, 24 kwietnia 2013, Warszawa.
- **Salasińska K.**, Ryszkowska J., *Kompozyty z odpadów folii HDPE i napełniacza roślinnego w postaci liści*, Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna Problemy Recyklingu 2011, 5-8 października 2011, Józefów k. Otwocka.
- **Salasińska K.**, Ryszkowska J., *Właściwości kompozytów polimerowo-drzewnych wykonanych z odpadów pozyskanych z przemysłu meblarskiego oraz budowlanego*, XIII Seminarium PTMK Kompozyty 2009, 22-24 kwietnia 2009, Ustroń-Jaszowiec.

- **Salasińska K.**, Ryszkowska J., *Właściwości kompozytów wykonanych z drewna i folii oksydegradowalnej pochodzącej z recyklingu*, XII Seminarium Tworzywa Sztuczne w Budowie Maszyn, 28-30 września 2009, Kraków.

7.2.4. Prezentacje plakatu – konferencje międzynarodowe (z wyłączeniem prezentacji przedstawionych w pkt. 4.3.5)

- **Salasińska K.**, Ryszkowska J., *Natural fiber composites from polyethylene waste and sunflower husk*, 17th International Conference on Composite Structures (ICCS17), 17- 19 czerwiec 2013, Porto, Portugalia.
- **Salasińska K.**, Półka M., Ryszkowska J., *Composites from pe-hd foil and pistachio shell or sunflower husk: effect of chemical structure and filler content on the dimensional and fire stability*, 4th International Conference on BIOdegradable and BIObased POLymers (BIOPOL-2013), 1-3 października 2013, Rzym, Włochy.
- Bryśkiewicz A., **Salasińska K.**, Zielecka M., Ryszkowska J., *Polyurethane materials modified by the addition of nanofillers*, MoDeSt 2013, 8-10 września 2013, Warszawa, Polska.
- **Salasińska K.**, Ryszkowska J., *Physico-mechanical properties and dimensional stability of natural fibre composites fabricated from polyethylene waste and walnut shells*, 15th European Conference on Composite Materials, 24-28 czerwca 2012, Wenecja, Włochy.
- **Salasińska K.**, Ryszkowska J., *Natural fibre composites from polyethylene waste and hazelnut shell*, An International Conference on Bio-Based Polymers and Composites BiPoCo 2012, 27-31 maja 2012, Siófok, Węgry.
- **Salasińska K.**, Ryszkowska J., *Natural fiber composites from polyethylene waste and leaves*, International Nordic Bioenergy Conference, 5-9 września 2011, Jyväskylä, Finlandia.
- **Salasińska K.**, Ryszkowska J., *Natural fiber composites from polyethylene waste and straw*, 19th European Biomass Conference and Exhibition From Research to Industry and Markets, 6-10 czerwca 2011, Berlin, Niemcy.
- **Salasińska K.**, *Recycling of polymer materials for the matrix of wood-plastic composites*, The 7th IdentiPlast biennial conference on the recycling and recovery of plastics 2009, 20-21 kwietnia 2009, Bruksela, Belgia.

7.2.5. Prezentacje plakatywne – konferencje krajowe

- **Salasińska K.**, Latko-Durałek P., Rzempoluch J., Staniszevska M., Rosloniec K., Grodzik M., Szczepaniak J., Bażanów B., Pogorzelska A., Malinowska E., Boczkowska A., *Właściwości kompozytowych włókien PA12 modyfikowanych dodatkami przeciwdrobnoustrojowymi*, XIII Konferencja Naukowo-Techniczna Materiały Węglowe i Kompozyty Polimerowe, Nauka-Przemysł' 2021, 23-26 listopada 2021, Ustroń-Jaszowiec.
- Mizera K., **Salasińska K.**, Barczewski M., Celiński M., Gajek A., *Palność i wytrzymałość kompozytów hybrydowych*, Niebezpieczne substancje chemiczne a bezpieczna praca 2021, 31 sierpnia 2021, Warszawa.
- Borucka M., Mizera K., Celiński M., Gajek A., **Salasińska K.**, *Substancje niebezpieczne emitowane podczas rozkładu termicznego i spalania chemoutwardzalnych tworzyw sztucznych stosowanych w budownictwie i transporcie*, Niebezpieczne substancje chemiczne a bezpieczna praca 2021, 31 sierpnia 2021, Warszawa.
- **Salasińska K.**, Celiński M., Barczewski M., Mizera K., Gajek *Właściwości palne kompozytów epoksydowych wykonanych metodą worka próżniowego*, Analiza Zagadnienia, Analiza Wyników - Wystąpienie Młodego Naukowca, 17-18 października 2020, on-line – **uczestnictwo w związku z członkostwem w Komitecie Naukowym Konferencji.**
- Barczewski M., Matykiewicz D., **Salasińska K.**, Kozicki D., Piasecki A., Skórczewska K., Lewandowski K., *Zastosowanie proszku polichlorowinyłowego do wytwarzania kompozytów epoksydowych o obniżonej palności*, XXII Profesorskie Warsztaty Naukowe, 30 czerwca – 2 lipca 2019, Aleksandrów Łódzki.
- Barczewski M., **Salasińska K.**, Celiński M., *Wpływ dodatku środków ograniczających palność na krystalizację kompozytów polietylenowych*, VII Konferencja Naukowa Materiały Polimerowe Pomerania-Plast 2019, 5-7 czerwca 2019, Międzyzdroje.
- Mysiukiewicz O., Bohuszewicz K., Sterzyński T., **Salasińska K.**, Skórczewska K., *Wpływ grafenu na właściwości termiczne kompozytów polipropylenowych*, XIII Konferencję Naukowo-Techniczną *Kierunki Modyfikacji i Zastosowań Tworzyw Polimerowych*, 15-17 maja 2017, Rydzyna.
- **Salasińska K.**, Ryszkowska J., *Kompozyty odpadowych poliolefin z odpadami z przemysłu rolno-spożywczego – kierunki zastosowań*, INNOWACJE W PRAKTYCE konferencja – warsztaty – wystawa – spotkania panelowe, 10-11 grudnia 2014, Lublin.

- **Salasińska K.**, Ryszkowska J., *Kompozyty polilaktydu z napelniającami pochodzenia roślinnego pozyskanymi z przemysłu rolno – spożywczego*, Konferencja Materiały Polimerowe Pomierania-Plast 2013, 4-7 czerwca 2013, Międzyzdroje.
- **Salasińska K.**, Ryszkowska J., *Kompozyty z odpadów folii HDPE i napelniacza roślinnego w postaci łuski owsa*, 11 Środkowo–Europejska Konferencja Recykling i odzysk syntetycznych i naturalnych materiałów polimerowych Nauka-Przemysł, 30 sierpnia - 2 września 2012, Augustów-Wilno.
- **Salasińska K.**, Ryszkowska J., *Kompozyty z odpadów folii HDPE i mączki lupin orzecha włoskiego*, VII Konferencja POLIMER 2011 Innowacyjność w Przetwórstwie Tworzyw Sztucznych - nauka we współpracy z przemysłem, 19 kwietnia 2012, Warszawa.
- **Salasińska K.**, Ryszkowska J., *Kompozyty z odpadów folii polietylenowej i zmikronizowanej słomy*, Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna Problemy Recyklingu 2011, 5-8 października 2011, Józefów k. Otwocka.
- **Salasińska K.**, Ryszkowska J., *Kompozyty polimer-napelniaz naturalny z odpadami pozyskanymi z przemysłu rolno-spożywczego*, XX Konferencja Naukowa Modyfikacja Polimerów, 12-14 września 2011, Wrocław.
- **Salasińska K.**, Ryszkowska J., *Kompozyty polimerowe z biomasą*, VI Ogólnopolska Konferencja Naukowa POLIMER 2011 Innowacyjność w Przetwórstwie Tworzyw Sztucznych - nauka we współpracy z przemysłem, 20 kwietnia 2011, Warszawa.
- **Salasińska K.**, Ryszkowska J., *Kompozyty polimerowo – drzewne z folii oksy-biodegradowalnej*, Konferencja Materiały Polimerowe Pomierania-Plast 2010, 8-11 czerwca 2010, Kołobrzeg.
- Ryszkowska J., **Salasińska K.**, Zajchowski S., Tomaszewska J., Mirowski J., *Kompozyty drewno – polimer z regranulatu polietylenu i odpadów drewna bukowego*, 7 Środkowo-Europejska Konferencja Recykling i odzysk materiałów polimerowych Nauka-Przemysł, 13-16 października 2008, Międzyzdroje-Kopenhaga.
- Ryszkowska J., Zajchowski S., Tomaszewska J., Mirowski J., **Salasińska K.**, *Struktura i właściwości kompozytów drewno – polimer z odpadów przemysłu meblarskiego*, 7 Środkowo-Europejska Konferencja Recykling i odzysk materiałów polimerowych Nauka-Przemysł, 13-16 października 2008, Międzyzdroje-Kopenhaga.

7.3. Współpraca z jednostkami naukowymi potwierdzona publikacjami

- Latvian State Institute of Wood Chemistry in Riga
- Riga Technical University
- Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
- Politechnika Poznańska
- Politechnika Krakowska
- Politechnika Bydgoska im. J. J. Śniadeckich
- Instytut Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk
- Uniwersytet Adama Mickiewicza w Poznaniu
- Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
- Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych
- Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Inżynierii Materiałów Polimerowych i Barwników, Oddział Elastomerów i Technologii Gumy w Piastowie
- Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie.

7.4. Osiągnięcia projektowe i technologiczne

7.4.1. Patenty i zgłoszenia patentowe

Wymienione w pkt. 4.3.5

7.4.2. Receptury i metody wytwarzania

- **Salasińska K.**, Zatorski W., Receptury nanokompozytów polimerowych modyfikowanych bezhalogenowymi związkami zmniejszającymi palność oraz nanocząsteczkami: *Nanokompozyty o osnowie z żywicy epoksydowej o obniżonej palności*, CIOP-PIB, Warszawa, 2016.
- **Salasińska K.**, Zatorski W., Receptury nanokompozytów polimerowych modyfikowanych bezhalogenowymi związkami zmniejszającymi palność oraz nanocząsteczkami: *Nanokompozyty o osnowie z nienasyconej żywicy poliestrowej o obniżonej palności*, CIOP-PIB, Warszawa, 2016.
- **Salasińska K.**, Zatorski W., Receptury nanokompozytów polimerowych modyfikowanych bezhalogenowymi związkami zmniejszającymi palność oraz nanocząsteczkami: *Nanokompozyty o obniżonej palności o osnowie ze sztywnej pianki poliuretanowej EKOPRODUR 0612*, CIOP-PIB, Warszawa, 2016.

- **Salasińska K.**, Zatorski W., *Receptury nanokompozytów polimerowych modyfikowanych bezhalogenowymi związkami zmniejszającymi palność oraz nanocząsteczkami: Nanokompozyty o osnowie ze sztywnej pianki poliuretanowej o obniżonej palności*, CIOP-PIB, Warszawa, 2016.
- **Salasińska K.**, Zatorski W., *Technologia wprowadzenia nanocząstek do nienasyconej żywicy poliestrowej metodami mechanicznymi i ultradźwiękowymi w warunkach laboratoryjnych*, CIOP-PIB, Warszawa, 2016.
- **Salasińska K.**, Zatorski W., *Technologia wprowadzenia nanocząstek do nienasyconej żywicy epoksydowej metodami mechanicznymi i ultradźwiękowymi w warunkach laboratoryjnych*, CIOP-PIB, Warszawa, 2016.
- Celiński M., **Salasińska K.**, *Dokumentacja techniczna dotycząca receptur nowych antypirenów*, CIOP-PIB, Warszawa, 2019.
- **Salasińska K.**, Celiński M., *Dokumentacja techniczna dotycząca receptur usieciowanych tworzyw sztucznych z antypirenami intumescent*, CIOP-PIB, Warszawa, 2019.
- **Salasińska K.**, Celiński M., *Dokumentacja techniczna dotycząca receptur polimerów termoplastycznych z antypirenami intumescent*, CIOP-PIB, Warszawa, 2019.

7.5. Nagrody i wyróżnienia

- 2020 – Złoty medal Międzynarodowego Konkursu Wynalazków Concours Lepine 2020 we Francji.
- 2020 – Złoty Laur Innowacyjności 2020 Naczelnej Organizacji Technicznej w kategorii Budownictwo i obiekty użyteczności publicznej, bezpieczeństwo i pożarnictwo.
- 2020 – finalistka konkursu EUREKA! DGP Odkrywamy Polskie Wynalazki,
- 2018 – Złoty Laur Innowacyjności 2018 Naczelnej Organizacji Technicznej w kategorii Budownictwo i obiekty użyteczności publicznej, bezpieczeństwo i pożarnictwo.
- 2016 – finalistka konkursu na najlepszą pracę doktorską z zakresu tworzyw sztucznych organizowanego przez Polski Związek Przetwórców Tworzyw Sztucznych.
- 2009 – finalistka międzynarodowego konkursu na najlepszą pracę dyplomową organizowanego przez organizację Plastics Europe.