

dr inż. Marzena Fejdyś
Instytut Technologii Bezpieczeństwa MORATEX
ul. Marii Skłodowskiej-Curie 3
90-505 Łódź

AUTOREFERAT

Spis treści

I	Dane personalne	2
II	Stopnie i tytuły naukowe.....	2
III	Historia zatrudnienia i przebieg pracy zawodowej	2
IV	Wskazanie osiągnięcia naukowego, uzyskanego po otrzymaniu stopnia doktora, stanowiącego znaczny wkład w rozwój dyscypliny Włókiennictwo zgodnie z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule z zakresu sztuki	8
IV.1	Tytuł osiągnięcia naukowego	9
IV.2	Wykaz prac naukowych	9
IV.3	Omówienie celu naukowego w/w prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania	11
IV.4	Podsumowanie	29
V	Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych.....	29
V.1	Publikacje	29
V.2	Wyróżnienia wynikające z prowadzonych badań naukowych i prac rozwojowych	30
V.3	Działalność recenzencka.....	30
V.4	Udział w projektach badawczych	30
V.5	Zgłoszone do ochrony patenty i wzory użytkowe poza wskazanymi w cyklu publikacji traktowanymi jako osiągnięcie naukowe:.....	37
V.6	Uczestnictwo w konferencjach naukowych	37
V.1	Wykaz opracowanych dokumentacji prac badawczych (materiały niepublikowane) poza wskazanymi w cyklu publikacji traktowanymi jako osiągnięcie naukowe:	38
V.2	Wykaz wdrożeń do praktyki przemysłowej technologii/produktu	39
V.3	Uzyskane nagrody i medale poza wskazanymi w cyklu publikacji traktowanymi jako osiągnięcie naukowe	39
V.4	Sumaryczny dorobek publikacyjny	40
V.5	Opieka nad studentami w ramach praktyk studenckich	40
VI	Przebieg pracy naukowej.....	40
VI.1	Okres przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora	40

I Dane personalne

Marzena Fejdyś

II Stopnie i tytuły naukowe

- Stopień doktora nauk technicznych w zakresie technologii chemicznej – 2009 r., Wydział Chemiczny, Politechniki Łódzkiej.

Tytuł rozprawy: Otrzymywanie, charakterystyka i wybrane zastosowania nowych liniowych i rozgałęzionych polimetylohydrosiloksanów oraz polimetyloborohydrosiloksanów.

Promotor pracy: prof. dr hab. Zofia Michalska

Recenzenci:

- dr hab. Inż. Hieronim Maciejewski, prof. UAM;
- prof. dr hab. inż. Marian Zaborski.

Kopię dokumentu nadania stopnia naukowego doktora nauk technicznych w zakresie technologii chemicznej przedstawiłam w **Załączniku nr 2** do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego.

- Tytuł magistra inżyniera, kierunek inżynieria materiałowa – 2003 r., Wydział Chemiczny, Politechniki Łódzkiej.

Tytuł pracy: Modyfikacja chemiczna, sieciowanie i badania właściwości kauczuków silikonowych typu RTV.

Promotor: dr Jerzy Chruściel

Recenzenci:

- prof. dr hab. inż. Zofia Michalska;
- dr hab. inż. Władysław Rzymski, prof. PŁ.

Kopię dokumentu potwierdzającego ukończenie studiów magisterskich przedstawiłam w **Załączniku nr 2** do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego.

- Studia podyplomowe, kierunek zarządzanie projektami – 2012 r., Wydział Organizacji i Zarządzania, Politechniki Łódzkiej.

Tytuł pracy: Zarządzanie konfiguracją w projektach rozwojowych.

Promotor: dr inż. Agnieszka Pietras.

Kopię dokumentu potwierdzającego ukończenie studiów podyplomowych przedstawiłam w **Załączniku nr 2** do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego.

Studium Menedżerskie Mini MBA, Wydział Zarządzania, Uniwersytet Łódzki/R.H. Smith School of Business University of Maryland (Polsko- Amerykańskie Centrum Zarządzania) – 2013 r.

Kopię dokumentu potwierdzającego ukończenie Studium Menedżerskiego Mini MBA przedstawiłam w **Załączniku nr 2** do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego.

III Historia zatrudnienia i przebieg pracy zawodowej

2007 – obecnie: Instytut Technologii Bezpieczeństwa MORATEX

Stanowiska:

2007 – 2008: technolog,

2008 – 2009: asystent,

2009 – obecnie: adiunkt.

Pełnione stanowiska funkcyjne:

2011 – 2013: Zastępca Kierownika Zakładu Oston i Sprzętu Balistycznego,

2013 – 2016: Kierownik Zakładu Materiałów Kompozytowych,

od lipca 2016 – obecnie: p.o. Zastępcy Dyrektora ds. naukowych.

Studia dyplomowe ukończyłam w roku 2003 na Wydziale Chemicznym Politechniki Łódzkiej i w tymże roku rozpoczęłam studia doktoranckie, kontynuując naukę w miejscu obrony pracy dyplomowej.

Pracę w Instytucie Technologii Bezpieczeństwa MORATEX, rozpoczęłam w 2007 r na stanowisku technologa w Zakładzie Architektury Tekstyliów, a następnie asystenta naukowo – badawczego.

W roku 2008 w Instytucie tworzyłam nowy zakład naukowy - Zakład Oston i Sprzętu Balistycznego, w którym to objęłam od roku 2011 funkcję zastępcy Kierownika.

Do podstawowych zadań Zakładu Oston i Sprzętu Balistycznego, zgodnie z Regulaminem Organizacyjnym ITB MORATEX, należało prowadzenie badań naukowych i prac rozwojowych związanych z tematyką włókienniczych wyrobów technicznych, w zakresie:

- (a) balistycznych oston osobistych (kamizelki, hełmy, tarcze, itp.),
- (b) opancerzeń środków transportu i obiektów stałych,
- (c) oston przeciwwybuchowych,
- (d) włóknistych materiałów kompozytowych, zwłaszcza o przeznaczeniu balistycznym.

W roku 2008 Instytut pozyskał środki finansowe na realizację projektu kluczowego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka (POIG 2007 - 2013), nr WND-POIG.01.03.01-10-005/08, pt.: „Nowoczesne osobiste ochrony balistyczne oraz zabezpieczenia środków transportu i obiektów stałych wykonane na bazie kompozytów włóknistych” (ITB MORATEX – Lider projektu), w którym to nadzorowałam (Kierownik zespołu ds. hełmów) i prowadziłam prace merytoryczne w zakresie opracowania technologii hybrydowego hełmu balistycznego. Badania i prace rozwojowe były prowadzone w oparciu o wieloinstytucjonalny zespół badawczy (4 jednostki naukowe: ITB MORATEX, Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia w Zielonce, Centralny Instytut Ochrony Pracy – PIB, Politechnika Łódzka).

Podstawą opracowania wymagań ogólnych i szczegółowych dla technologii hybrydowego hełmu kulo- i odłamkoodpornego była polska norma PN-V-87001:2011 oraz inne dokumenty standaryzujące określające zakładany poziom zabezpieczeń przed pociskami: NIJ 0108.01:1985, NIJ 0106.01:1981, STANAG 2902:1979, STANAG 2920:1996 oraz własne, autorskie procedury badawcze.

Równolegle, intensywnie zaczęłam realizować badania naukowe związane z oceną wpływu starzenia na właściwości użytkowe i bezpieczeństwo wyrobów balistycznych, prowadzone w czasie rzeczywistym i symulowanym (badania przyspieszonego starzenia).

W ostatnich trzech latach rozszerzałam moje zainteresowania o nowe obszary badawcze: inteligentne systemy transportowe, technologie kompozytowe do konstrukcji bezzałogowców, technologie kompozytów konstrukcyjnych dla środków transportu publicznego i towarowego, wykorzystanie elementów wirtualnej rzeczywistości do badań naukowych służących ocenie wpływu rozwiązań konstrukcyjnych i materiałowych wyrobów włókienniczych o przeznaczeniu specjalnym na sprawność psychofizyczną użytkownika, zarządzanie przedsiębiorstwem i projektami oraz szacowanie ryzyka.

W 2011 roku podjęłam prace, jako kierownik merytoryczny, nad opracowaniem nowatorskiego hełmu strażackiego w technologii formowania wtryskowego w ramach projektu Nr ROB001401/ID 14/1 na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa, pt.: „Nowoczesne ochrony osobiste służb ratowniczych KSRG w oparciu o potrzeby użytkowników końcowych”. Projekt był zrealizowany na podstawie Umowy Nr 0014/R/ID1/2011/01 zawartej między Narodowym Centrum Badań i Rozwoju i Szkołą Główną Służby Pożarniczej. ITB MORATEX był jednym z 10 konsorcjantów naukowych i przedsiębiorców realizujących ww. projekt.

Technologia hełmu strażackiego, będąca jedną z dwóch technologii stanowiących rezultat niniejszego projektu, została opracowana przy współudziale przedsiębiorcy: Kaliskich Zakładów Przemysłu Terenowego oraz Centralnego Instytutu Ochrony Pracy - PIB. Opracowany hełm ochronny charakteryzował się wymienionymi poniżej, innowacyjnymi rozwiązaniami:

- skorupa hybrydowa, wykonana w technologii formowania wtryskowego, zaprojektowana została z zastosowaniem termoplastu o właściwościach dedykowanych obszarem aplikacyjnym i przewyższających materiały stosowane w wyrobach ekwiwalentnych (parametry mechaniczne i barierowość termiczną). Dodatkowo, jednorodna, oryginalnie zaprojektowana struktura włókiennicza na bazie włókien para-aramidowych, wprowadziła wysoki poziom odporności skorupy na przebicie,
- konstrukcja wyrobu zapewniła ergonomię wymaganą obszarem stosowania, a optymalizacja kształtu czaszy zapewniła uzyskania złożonego kształtu ze zintegrowanymi funkcjami, co umożliwiło właściwą eksploatację i użytkowanie wyrobu (co zostało potwierdzone demonstracją w warunkach operacyjnych oraz osiągnięciem TRL VIII),
- wyrób został wyposażony w podwójną sferyczną osłonę oczu i twarzy z naniesionymi powłokami ochronnymi o działaniu refleksyjnym, umożliwiającą zastosowanie w warunkach oddziaływania wysokich temperatur,
- wyposażenie wewnętrzne wyrobu, bezpośrednio kontaktujące się ze skórą użytkownika, zaprojektowano na bazie zaawansowanych materiałów o właściwościach bakteriostatycznych, co pozwoliło na utrzymanie naturalnej równowagi mikrobiologicznej skóry i de facto wyeliminowało dyskomfort wynikający z długiego użytkowania wyrobu w krytycznych temperaturowo warunkach.

Rozwiązania powyższe miały na celu zapewnienie ochronie osobistej poziomów parametrów definiujących właściwości użytkowe na poziomie wyższym niż w przypadku wyrobów dotychczas stosowanych przez jednostki straży pożarnej, spełniających wymogi obowiązującej normy zharmonizowanej PN-EN 443:2008 "Hełmy stosowane podczas walki z ogniem w budynkach i innych obiektach".

Innowacyjny hełm strażacki opracowany w ramach projektu zabezpieczał głowę użytkownika przed urazami i obrażeniami typu tępego i ostrego. W związku z powyższym nowo zaprojektowany wyrób charakteryzował się:

- odpornością na przebicie, determinującą brak ryzyka zetknięcia głowy człowieka z niebezpiecznym obiektem o ostrych kształtach,
- zdolnością amortyzacji, która określa, w jakim stopniu hełm (skorupa, wieżba, wykładzina amortyzująca) jest w stanie złagodzić uderzenie poruszającego się obiektu lub uderzenie głową o niebezpieczny przedmiot (założono zdolność amortyzacji zarówno uderzeń w część ciemieniową głowy, jak i poza część ciemieniową),

- odpornością na działanie poprzecznych sił ściskających, która określa na ile czerep hełmu jest w stanie zabezpieczyć użytkownika przed zginięciem w kierunku skroni oraz czoło-potylicy, a ponadto:

- odpornością na działanie płomienia,
- odpornością na gorąco,
- odpornością na promieniowanie cieplne,
- odpornością na gorące ciała stałe,
- odpornością stopiony metal,
- odpornością na ciekłe chemikalia,
- izolacyjnością termiczną.

Innowacyjne rozwiązania konstrukcyjne i materiałowe oraz technologie zastosowane w projekcie celem wytwarzania hełmu strażackiego odpornego na promieniowanie termiczne miały także na celu zmodyfikowanie termicznie wysokoodpornych, wyselekcjonowanych materiałów (przeznaczonych na skorupę, wizjer) cienkimi warstwami ochronnymi o działaniu refleksyjnym. Nowoczesne warstwy ochronne były nanoszone na wytypowane elementy hełmu strażackiego metodami fizycznego osadzania z fazy gazowej PVD (Physical Vapour Deposition).

Wielopodmiotowy projekt rozwojowy (konsorcjum naukowe z przedsiębiorcą) „Wypracowanie nowoczesnej, trudnopalnej kamizelki z kompozytów włóknistych i polietylenowych z zastosowaniem pełnych 3D płyt twardych z uwzględnieniem ochrony przed nowoczesnymi pociskami pola walki.” (akronim: HARD-VEST), którego byłam Kierownikiem, był realizowany na podstawie umowy nr DOBR/0001/R/ID1/2012/03, zawartej w dniu 20 grudnia 2012 r. między Narodowym Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR) a Instytutem Technologii Bezpieczeństwa MORATEX, Liderem projektu. Rezultatem jego realizacji stała się technologia zestawu kamizelek kulo- i odłamkoodpornych HARD-VEST® opracowywana na potrzeby Biura Ochrony Rządu. Produktem projektu był demonstrator (TRL IX) modułowej ochrony balistycznej ciała składający się z następujących elementów:

- modułu bazowego: kamizelki balistycznej z systemem modułowym w standardzie MOLLE wraz z systemem szybkiego wypięcia (QR) wraz z podstawowym pakietem balistycznym;
- uzupełniającego pakietu balistycznego: osłona krocza, zewnętrzne osłony ramion i bicepsów, osłona szyi i karku (kołnierz);
- szelek niskoprofilowych z pasem balistycznym oraz osłoną ud;
- kamizelki lekkiej lub skrytego noszenia składającej się z niskoprofilowego poszycia na podstawowy pakiet balistyczny;
- noszaka płyt balistycznych mieszczącego podstawowy pakiet balistyczny;
- płate carrier, z systemem modułowym w standardzie MOLLE wraz z systemem szybkiego wypięcia (QR) oraz z podstawowym pakietem balistycznym;
- zestawu kieszeni modułowych;
- torby transportowej;
- podstawowego pakietu balistycznego tworzonego przez:
 - podstawowe wkłady balistyczne, zapewniające ochronę balistyczną w klasie K2/O3 wg PN-V- 87000:2011, IIIA wg NIJ 0101.04;
 - dodatkowe wkłady balistyczne w dwóch wariantach:

1) dodatkowe wkłady balistyczne przeznaczone do stosowania w połączeniu z podstawowymi wkładami balistycznymi, zapewniające ochronę balistyczną na poziomie: K3 wg PN-V-87000:2011 (odporność na pociski: 7,62×39 mm PS; 5,56×45 mm SS109; 7,62×51mm FMJS); III wg NIJ 0101.04 (odporność na pociski: 7,62×51 mm FMJ (NATO)); klasy specjalnej wg PN-V-87000:2011, odporność na pociski: 5,7×28 mm, typ SS190 (AP) oraz typ SS192 (SJHP), 4,6mm×30 mm AP, 4,6mm×30 mm FMJ); multihit – ochrona przed więcej niż jednym strzałem (odporność na pociski: 7,62×51 mm FMJS, 5,56×45 mm SS109, 7,62×39 mm PS);

2) dodatkowe wkłady balistyczne (przedni, tylny, 2 boczne) przeznaczone do stosowania w połączeniu z podstawowymi wkładami balistycznymi, zapewniające ochronę balistyczną na poziomie: K5 wg PN-V-87000:2011 (odporność na pociski: 7,62×51 mm AP, 7,62×54 mm B32); IV wg NIJ 0101.04 (odporność na pociski: kaliber .30 M2 AP).

Przedmiotowy zestaw kamizelek jest komplementarny i modułowy – jego poszczególne elementy wzajemnie i kompatybilnie uzupełniają się oraz umożliwiają łączenie w dowolną konfigurację, co zostało potwierdzone podczas przeprowadzenia badań użytkowych i eksploatacyjnych, w których uczestniczyli funkcjonariusze BOR. Demonstracja procesowa (technologiczna możliwość wykonania opracowanego wyrobu) została przeprowadzona w PSO MASKPOL w czasie procesu wytwarzania w warunkach rzeczywistych partii Zestawu przeznaczonej do demonstracji poligonowej.

Największym wyzwaniem technologicznym ww. projektu było jednoczesne zachowanie wysokich parametrów balistycznych, chroniących użytkownika przed więcej niż jednym strzałem (multihit), a także możliwość ochrony przed nowoczesnymi pociskami pola walki (7,62×51 mm AP, 7,62×54 mm B32, .30 M2 AP) oraz zapewnienie funkcjonalności wynikającej z maksymalnego obniżenia masy całego zestawu.

Odporność balistyczna kamizelek została potwierdzona badaniami w akredytowanych Laboratorium Badań Balistycznych Instytutu Technologii Bezpieczeństwa MORATEX oraz w Laboratorium Badań Uzbrojenia Strzeleckiego i Oston Zabezpieczających (LBUSO) Wojskowego Instytutu Technicznego Uzbrojenia zgodnie z procedurami zatwierdzonymi przez Polskie Centrum Akredytacji i obowiązującymi dokumentami normatywnymi.

Opracowany wyrób charakteryzuje się, wymaganymi obszarem stosowania, parametrami trudnopalności oraz maksymalnie ograniczoną widzialnością w paśmie bliskiej podczerwieni, a także odpornością na działanie wilgoci.

W roku 2013 objęłam stanowisko Kierownika Zakładu Materiałów Kompozytowych. W tymże roku rozpocząłem prace związane z realizacją badań naukowych i prac rozwojowych w obszarze przetomowych technologii włókienniczych, w zakresie:

- a. zaawansowanych włókienniczych materiałów kompozytowych, w tym nanokompozytów włóknistych,
- b. zaawansowanych warstw i pokryć (heterowarstwy, nanowarstwy), w tym kompozytów włóknistych,
- c. konstrukcyjnych i funkcjonalnych materiałów kompozytowych opartych o surowce włókniste,
- d. włóknistych kompozytów hybrydowych, w tym opartych o warstwy z lub dodatki mikro- i nanomateriałów (metale, stopy, szkła, ceramika, elastomery),
- e. technologie modyfikacji zaawansowanych włóknistych materiałów kompozytowych wraz z ich adopcją w obszarze bezpieczeństwa wewnętrznego.

W Zakładzie Materiałów Kompozytowych ITB MORATEX nadzorowałam bezpośrednio pracę interdyscyplinarnego zespołu badawczego odpowiadając za realizację celów i osiąganie założonych wskaźników badań naukowych i prac rozwojowych w ramach zadań badawczych prowadzonych w zakresie działalności statutowej Instytutu oraz w ramach projektów badawczych oraz rozwojowych (finansowanych przez NCN, NCBiR, Fundusze Strukturalne oraz przez Komisję Europejską w ramach VII Programu Ramowego).

Od roku 2014 zintensyfikowałam proces zdobywania i poszerzenia wiedzy w zakresie zarządzania kryzysowego i realizacji procesów analizy ryzyka w tym obszarze. Wynikiem powyższego było pozyskanie w roku 2015 projektu rozwojowego realizowanego przez konsorcjum naukowe, którego Liderem jest Wyższa Szkoła Policji w Szczytnie. Podstawą prawną do realizacji niniejszego projektu jest umowa Nr DOB-BI07/02/01/2015, zawarta w dniu 22 grudnia 2015 r. między Narodowym Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR) i Liderem projektu. Ze strony ITB MORATEX pełnię funkcję Kierownika Merytorycznego projektu i odpowiadam za opracowanie metodyki oceny ryzyka uwzględniającej poniższe aspekty:

- procesowe (cykliczne działania organizacyjne i merytoryczne),
- organizacyjne (posługiwanie się strukturą organizacyjną i zespołem ludzi oraz innymi zasobami),
- metodologiczne (zestaw rekomendowanych metod, technik i zasad postępowania analitycznego).

Rezultatem projektu stanie się informatyczny system wsparcia decydentów (sztabów) Policji, umożliwiający określenie i odzwierciedlenie źródeł rozwoju zagrożeń bezpieczeństwa i porządku publicznego oraz działań dysponowanych zasobów policyjnych. Efektem pracy systemu będą informacje dotyczące prawdopodobieństwa powodzenia i niezbędnych nakładów związanych z możliwymi wariantami działań (m.in. zabezpieczenie imprez i zgromadzeń, ochrona obiektów infrastruktury krytycznej, działania antyterrorystyczne, działania pościgowo-blokadowe) w konkretnej sytuacji zagrożenia bezpieczeństwa i porządku publicznego. System wskaże, dla każdego wariantu, niezbędne siły i środki, sposób i taktykę działań oraz charakterystykę elementów infrastruktury bezpieczeństwa (m.in. długości, szerokości i struktury nawierzchni ciągów komunikacyjnych; wejść i wyjść do budynków; technicznych elementów zabezpieczeń).

W latach 2013 - 2016 w ramach prac Zakładu Materiałów Kompozytowych, prowadzonych było:

- 6 zadań badawczych w ramach działalności statutowej Instytutu:
 1. Hybrydowa tarcza balistyczna na bazie kompozytu włóknistego i tytanu.
 2. Narzędzie do modelowania odporności balistycznej kompozytów włóknistych.
 3. Aktualizacja bazy danych umożliwiającej szybką ocenę odporności balistycznej nowych materiałów balistycznych.
 4. Analiza możliwości wykorzystania grafenu w materiałach kompozytowych stosowanych w środkach ochrony indywidualnej (PPE – *personal protective equipment*).
 5. Opracowanie zaawansowanych układów materiałowych typu smart absorbujących lub rozpraszających energię uderzenia.
 6. Opracowanie demonstratora technologii elastycznego pancerza ceramicznego
- 4 projekty rozwojowe:

1. Wypracowanie nowoczesnej, trudnopalnej kamizelki z kompozytów włóknistych i polietylenowych z zastosowaniem pełnych 3D płyt twardych z uwzględnieniem ochrony przed nowoczesnymi pociskami pola walki. (TRL IX)
2. Nowoczesne ochrony osobiste służb ratowniczych KSRG w oparciu o potrzeby użytkowników końcowych.(TRL VIII)
3. System informacyjno-analityczny wspomagający zarządzanie ryzykiem podczas planowania i realizacji działań Policji. (TRL IX)
4. Inteligentne pancerze pasywne z zastosowaniem cieczy reologicznych ze strukturami nano. (TRL VII)

- oraz 1 projekt badawczy (badania podstawowe):

1. Badania nad funkcjonalizacją materiałów balistycznych.

W lipcu 2016 roku zostało mi powierzone stanowisko p.o. Zastępcy Dyrektora ds. Naukowych w Instytucie Technologii Bezpieczeństwa MORATEX. Na obecnym stanowisku nadzoruję pracę 4 zakładów naukowych:

- Materiałów Kompozytowych,
- Oślon i Sprzętu Balistycznego,
- Architektury Materiałów i Wyrobów Włókienniczych,
- Konfekcji Technicznej

oraz Biura Zarządzania Projektami i Rzecznika Patentowego.

W ramach Zakładów naukowych koordynuję prace w ramach działalności badawczo-rozwojowej Instytutu w zakresie:

- zadań badawczych finansowanych z dotacji Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego na utrzymanie potencjału badawczego Instytutu,
- projektów badawczych finansowanych przez Narodowe Centrum Nauki,
- projektów rozwojowych finansowanych przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, służby nadzorowane lub podległe Ministrowi Spraw Wewnętrznych i Administracji lub przedsiębiorców,
- projektów wdrożeniowych i innowacyjno-wdrożeniowych finansowanych przez przedsiębiorstwa oraz służby nadzorowane lub podległe Ministrowi Spraw Wewnętrznych i Administracji,
- własnych badań oraz prac rozwojowych, finansowanych z Funduszu Badań Własnych,
- badań naukowych i prac rozwojowych finansowanych ze środków unijnych, m.in z Funduszy Strukturalnych (Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka 2007-2013) oraz VII Programu Ramowego UE,
- usług badawczych realizowanych na rzecz przedsiębiorców,
- przystosowywania wyników badań naukowych i prac rozwojowych do potrzeb praktyki w obszarze bezpieczeństwa wewnętrznego.

IV Wskazanie osiągnięcia naukowego, uzyskanego po otrzymaniu stopnia doktora, stanowiącego znaczny wkład w rozwój dyscypliny Włókiennictwo zgodnie z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule z zakresu sztuki

Zgodnie z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule z zakresu sztuki (Dz. U. 2003 nr 65 poz. 595; tekst ujednolicony

– obwieszczenie Marszałka Sejmu z dnia 2 grudnia 2014 r. Dz. U. 2014, poz. 1852) niniejszym przedstawiam cykl publikacji powiązanych tematycznie.

Powyższe stanowi podstawę wniosku habilitacyjnego jako osiągnięcie naukowe.

Cykl badań naukowych i prac rozwojowych przedstawionych w cyklu publikacji obejmuje obszar nauk technicznych w dziedzinie: Włókiennictwo. Ze względu na interdyscyplinarny charakter prowadzonych przeze mnie badań i prac rozwojowych cykl ten uwzględnia obszary kompetencji w dziedzinie materiałów kompozytowych.

IV.1 Tytuł osiągnięcia naukowego

Projektowanie technologii i walidacja wielofunkcjonalnych, włóknistych układów kompozytowych przeznaczonych do aplikacji w nowoczesnych ochronach osobistych.

IV.2 Wykaz prac naukowych

Osiągnięcie naukowe, stanowiące podstawę wniosku habilitacyjnego, zostało opisane w cyklu publikacji, w skład którego wchodzi 7 publikacji naukowych, 6 rozdziałów monograficznych oraz prawa własności przemysłowej: 3 patenty, 1 wzór użytkowy i 2 zgłoszenia patentowe.

Publikacje

H.1 Fejdyś M., Łandwiji M., Struszczyk M. H.: Effect of accelerated ageing conditions on the degradation process of Dyneema® polyethylene composites, FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe, 19, 1(84), 60–65 (2011).

[IF=0,539, MNiSW= 25. Mój udział w pracy: 90 %]

H.2 Zwolińska M., Bogdan A., **Fejdyś M.**: Influence of different types of the internal system of the ballistic helmet shell on the thermal insulation measured by a manikin headform, International Journal of Industrial Ergonomics, 44, 421-427 (2014).

[IF=1,399, MNiSW= 30. Mój udział w pracy: 25 %]

H.3 Fejdyś M., Łandwiji M., Habaj W., Struszczyk M. H.: Ballistic helmet development using UHMWPE fibrous materials, FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe, 23, 1(109), 89-97 (2015).

[IF=0,566, MNiSW= 25. Mój udział w pracy: 85 %]

H.4 Fejdyś M., Cichecka M., Łandwiji M., Struszczyk M. H.: Prediction of the durability of composite soft ballistic inserts, FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe, 22, 6(108), 81-89 (2014).

[IF=0,566, MNiSW= 20. Mój udział w pracy: 90 %]

H.5 Fejdyś M., Kośła K., Kucharska-Jastrzębek A., Łandwiji M.: Hybride composite armour systems with advanced ceramics and UHMWPE, FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe, 24, 3(117), 79-89 (2016).

[IF=0,667, MNiSW= 25. Mój udział w pracy: 80 %]

H.6 Fejdyś M., Łandwiji M., Kucharska-Jastrzębek A., Struszczyk M. H.: The effect of processing conditions on the performance of UHMWPE-fibre reinforced polymer matrix composites, FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe, 24, 4(118), 112-120 (2016).

[IF=0,667, MNiSW= 25. Mój udział w pracy: 80 %]

H.7 Fejdyś M., Olszewska K., Kaczmarczyk S., Owczarek G.: Coatings manufactured using magnetron sputtering technology to protect against infrared radiation for use in firefighter helmets, Polish Journal of Chemical Technology, 18, 3, 10.1515/pjct-2016-0048 (2016).

[IF=0,536, MNiSW= 15. Mój udział w pracy: 80 %]

Rozdziały w monografiach

M.1 Fejdyś M.: Badanie wpływu procesów starzeniowych na właściwości ochronne wyrobów balistycznych, Monografia pod redakcją Witczak E.: Specjalistyczne ostoni osobiste, ISBN 978-83-60604-94-6, Łódź (2011).

[Mój udział w pracy: 100 %]

M.2 Fejdyś M., Błaszczuk W., Kucińska-Król I., Łandwiji M., Struszczyk M. H.: Hybrydowe hełmy balistyczne, Monografia pod redakcją Struszczyk M. H.: Nowoczesne balistyczne ochrony osobiste oraz zabezpieczenia środków transportu i obiektów stałych wykonane na bazie kompozytów włóknistych, ISBN 978-83-63199-20-3, Łódź (2012).

[Mój udział w pracy: 80 %]

M.3 Łandwiji M., Habaj W., Błaszczuk W., **Fejdyś M.,** Struszczyk M. H.: Material compositions covers for transportation means, Monografia konferencyjna LWAG 2011: Light-Weight Armour for Defence & Security, ISBN 978-972-99784-1-8, Aveiro, Portugalia (2011).

[Mój udział w pracy: 30 %]

M.4 Wilbik-Hałgas B., **Fejdyś M.:** Badania surowców balistycznych, Monografia pod redakcją Struszczyk M. H.: Nowoczesne balistyczne ochrony osobiste oraz zabezpieczenia środków transportu i obiektów stałych wykonane na bazie kompozytów włóknistych, ISBN 978-83-63199-20-3, Łódź (2012).

[Mój udział w pracy: 50 %]

M.5 Łandwiji M., **Fejdyś M.,** Błaszczuk W., Struszczyk M. H.: Opancerzenia środków transportu i zabezpieczeń obiektów stałych, Monografia pod redakcją Struszczyk M. H.: Nowoczesne balistyczne ochrony osobiste oraz zabezpieczenia środków transportu i obiektów stałych wykonane na bazie kompozytów włóknistych, ISBN 978-83-63199-20-3 Łódź (2012).

[Mój udział w pracy: 40 %]

M.6 Błaszczuk W., Łandwiji M., **Fejdyś M.,** Kucińska-Król I., Struszczyk M. H.: Tarcza balistyczna, Monografia pod redakcją Struszczyk M. H.: Nowoczesne balistyczne ochrony osobiste oraz zabezpieczenia środków transportu i obiektów stałych wykonane na bazie kompozytów włóknistych, ISBN 978-83-63199-20-3, Łódź (2012).

[Mój udział w pracy: 25 %]

Patenty i wzory użytkowe

P.1 Fejdyś M., Błaszczuk W., Łandwiji M., Kucińska-Król I., Struszczyk M. H., Habaj W., Podgórzak P., Stępnia W., Szuflińska W., Jackiewicz T., Sykuła P. : Sposób wykonania kompozytowego czerepu hełmu balistycznego, patent RP nr 220617 (2015).

[Mój udział w pracy: 21 %]

P.2 Łandwiji M., **Fejdyś M.,** Błaszczuk W., Kucińska-Król I., Struszczyk M. H.: Warstwowy układ materiałów, zwłaszcza do opancerzeń pojazdów i obiektów stałych, patent RP nr 220444 (2015).

[Mój udział w pracy: 25 %]

P.3 Błaszczuk W., **Fejdyś M.,** Łandwiji M., Delczyk-Olejniczak B., Kucińska-Król I., Struszczyk M. H., Grabowska G., Błaszczuk J.: Tarcza balistyczno-maskująca, patent RP nr 220041 (2015).

[Mój udział w pracy: 7,5 %]

P.4 Fejdyś M., Łandwiji M., Struszczyk M. H.: Wkładka amortyzująca, prawo ochronne na wzór użytkowy nr Ru.67620 (2015).

[Mój udział w pracy: **70 %**]

Zgłoszone patenty i wzory użytkowe

Z.1 Fejdyś M., Kośla K., Kucharska-Jastrzębek A., Łandwiji M. i inni: Kompozyt balistyczny o zwiększonej odporności na wielokrotne uderzenie pociskiem, Zgłoszenie patentowe RP nr P.413587 (2015).

[Mój udział w pracy: **40 %**]

Z.2 Fejdyś M., Kośla K., Kucharska-Jastrzębek A., Łandwiji M. i inni: Pancerz balistyczny z powłoką zabezpieczającą, Zgłoszenie wzoru użytkowego RP nr W.124331 (2015).

[Mój udział w pracy: **40 %**]

Wynalazki, wzory użytkowe i przemysłowe, które uzyskały ochronę i zostały wystawione na międzynarodowych lub krajowych wystawach lub targach

W.1 Złoty Medal za hybrydowy hełm kulo- i odłamkoodporny, Międzynarodowa Wystawa Innowacji IWIS w Warszawie, Polska (2012): **Fejdyś M.**, Błaszczak J., Grabowska G., Kucińska-Król I., Łandwiji M., Struszczyk M.H.

W.2 Srebrny medal za Kompozyt balistyczny o zwiększonej odporności na wielokrotne uderzenie pociskiem, Międzynarodowe Targi Wynalazczości, Badań Naukowych i Nowych Technik BRUSSELS INNOVA 2015 w Brukseli, Belgia (2015): **Fejdyś M.**, Kucharska Jastrzębek A., Kośla K., Łandwiji M., Struszczyk M. H., Habaj W., Stępiak W., Cegła M., Podgórzak P., Szuflika W., Sykuła P., Knopik E., Pieniążek D.

W.3 Brązowy medal za Kompozyt balistyczny o zwiększonej odporności na wielokrotne uderzenie pociskiem, Międzynarodowe Targi Wynalazczości Concours Lepine, Paryż, Francja (2015): **Fejdyś M.**, Kucharska Jastrzębek A., Kośla K., Łandwiji M., Struszczyk M. H., Habaj W., Stępiak W., Cegła M., Podgórzak P., Szuflika W., Sykuła P., Knopik E., Pieniążek D.

Powyższe medale zostały uzyskane jako rezultaty projektów wynalazczych, odpowiednio:

W.1 → P.1

W. 2; W.3 → Z.1

Kopie w/w publikacji, stanowiących moje osiągnięcie naukowe, zawiera **Załącznik nr 7**.

IV.3 Omówienie celu naukowego w/w prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Głównym obszarem moich zainteresowań naukowo-badawczych, rozwijanych w oparciu o szereg prac realizowanych w Instytucie Technologii Bezpieczeństwa „MORATEX”, we współpracy z innymi ośrodkami naukowymi i przedsiębiorcami, było, i jest nadal, poszukiwanie optymalnych rozwiązań materiałowych, konstrukcyjnych i procesowych w obszarze nowych, włóknistych wielofunkcyjnych materiałów kompozytowych i ich innowacyjnych technologii, m.in. poprzez realizację kompleksowych i interdyscyplinarnych badań strukturalnych nowo opracowanych materiałów, ocenę ich właściwości mechanicznych, fizycznych, balistycznych, odporności na warunki środowiskowe, w celu wykorzystania nowych zasobów wiedzy do projektowania bezpiecznych i ergonomicznych wyrobów ochronnych, także w aspekcie możliwości ich recyklingu i odzysku materiałów.

Moje zainteresowania naukowe w obszarze technologii nowoczesnych, włóknistych, wielofunkcyjnych systemów kompozytowych wyniknęły z coraz większego zapotrzebowania na wyroby ochronne, spełniające rosnące wymagania w zakresie ochrony człowieka przed różnego typu zagrożeniami, a jednocześnie wykazującymi wysoki komfort użytkowania.

Na przestrzeni lat dokonano znacznego postępu w rozwoju materiałów kompozytowych stosowanych do wytwarzania wyrobów ochronnych. Najnowsze konstrukcje tychże wyrobów, mimo znacznego zaawansowania technicznego, w dalszym ciągu nie spełniają w pełni wszystkich wymagań użytkownika w obszarze działań taktycznych i operacyjnych. Obszary technologii związane z materiałami przeznaczonymi do wytwarzania wyrobów ochronnych rozwijają się bardzo szybko, ponieważ ich zastosowanie jest często jedynym sposobem pogodzenia, czasami sprzecznych, wymagań stawianych przed współczesnymi wyrobami ochronnymi (np. spełnienie kombinacji kryteriów wymagalności związanych z wysoką odpornością na uderzenia, odpornością balistyczną, temperaturą użytkowania, naprężeniami mechanicznymi, specyficznymi właściwościami optycznymi, twardością powierzchni, współczynnikiem tarcia, odpornością na ścieranie, etc.).

Głównym celem moich badań było projektowanie technologii i walidacja właściwości wielofunkcyjnych, włóknistych układów kompozytowych, a następnie sprawdzenie możliwości ich implementacji do konstrukcji wyrobów ochronnych, celem uzyskania właściwości tych wyrobów przewyższających dotychczas stosowane.

Jednocześnie, spełnienie wymagalności w zakresie właściwości opracowanych, włóknistych materiałów kompozytowych umożliwia optymalizację konstrukcji projektowanych elementów wyrobów ochronnych, czyli dalszą poprawę właściwości użytkowych wyrobów finalnych, a co za tym idzie bezpieczeństwa użytkowania.

Tezę mojej pracy stanowi założenie, iż maksymalizacja poziomów założonych funkcjonalności oraz właściwości skutkujących długotrwałym bezpieczeństwem w procesie projektowania włókienniczych osłon osobistych wymaga synergizmu w doborze materiałów (w odniesieniu do ich jednostkowych właściwości) oraz procesów przetwórczych. Odnosi się to także do efektów post-projektowych, w tym związanych z degradacją materiałów w trakcie ich eksploatacji, pod wpływem zmiennych czynników środowiska.

Tematyka realizowanych przeze mnie badań naukowych i prac rozwojowych, jak też moich publikacji wymienionych w wykazie dorobku naukowego, powiązana jest przede wszystkim z technologiami włókienniczych wyrobów ochronnych i charakteryzuje się interdyscyplinarnością, obejmując w szczególności poniższe zagadnienia:

- technologie wytwarzania lekkich, wielowarstwowych, włóknistych kompozytów o wysokich parametrach wytrzymałościowych i balistycznych do zastosowań w konstrukcjach osłon balistycznych:

Publikacje: **H.2, H.3, H.5**

Rozdziały w monografiach: **M.2, M.3, M.5, M.6**

Patenty i wzory użytkowe: **P.1, P.2, P.3, P.4**

Zgłoszone patenty i wzory użytkowe: **Z.1, Z.2**

Wynalazki, wzory użytkowe i przemysłowe, które uzyskały ochronę i zostały wystawione na międzynarodowych lub krajowych wystawach lub targach:

W.1, W.2, W.3

- doświadczalne określenie właściwości fizyko-mechanicznych, strukturalnych i balistycznych materiałów i opracowanych na ich bazie włóknistych, wielofunkcyjnych układów kompozytowych

Publikacje: **H.5**

Rozdziały w monografiach: **M.4**

- opis procesów zachodzących w czasie wytwarzania włóknistych kompozytów wielowarstwowych oraz symulowania ich czasu użytkowania i przechowywania

Publikacje: **H.6**

- zmiany we właściwościach i strukturze opracowanych wielofunkcyjnych kompozytów włóknistych zachodzące podczas badań przyspieszonego starzenia

Publikacje: **H.1, H.4**

Rozdziały w monografiach: **M.1**

- technologie wytwarzania powłok ochronnych, stanowiących bariery termiczne, wykorzystane do projektowania środków ochrony indywidualnej, o właściwościach umożliwiających zastosowanie w ekstremalnych warunkach eksploatacji.

Publikacje: **H.7**

Poniżej przedstawiam omówienie najważniejszych osiągnięć naukowych i aplikacyjnych, w zakresie wyżej wymienionych obszarów.

Część 1

Technologie wytwarzania lekkich wielowarstwowych, włóknistych kompozytów o znacznych parametrach wytrzymałościowych i balistycznych do zastosowań w konstrukcjach osłon balistycznych.

W latach 2009-2012, prowadziłam prace w projekcie rozwojowym (kluczowym), nr WND-POIG.01.03.01-10-005/08, "Nowoczesne balistyczne ochrony osobiste oraz zabezpieczenia środków transportu i obiektów stałych wykonane na bazie kompozytów włóknistych", w ramach kierowanego przeze mnie zespołu ds. technologii hełmów balistycznych. Moje zadanie badawcze było celowane na opracowanie technologii hybrydowego hełmu kulo- i odłamkoodpornego. Postawiony problem (zarówno w ujęciu procesowym, materiałowym, jak i konstrukcyjnym) był nowatorski w momencie prowadzonych przeze mnie i zespół badań. Założono, że proces projektowania technologii balistycznych kompozytów włóknistych będzie skupiony na osiągnięciu jednego z wymagań:

- 1) utrzymania wymaganej odporności balistycznej przy zmniejszonej masie kompozytu włóknistego,
- 2) utrzymania masy kompozytu włóknistego, przy zwiększeniu poziomu odporności balistycznej.

W konstrukcji hybrydowego hełmu kulo- i odłamkoodpornego zastosowano innowacyjne rozwiązanie w postaci technologii formowania hybrydowego kompozytu włóknistego zapewniającego właściwości użytkowe na poziomie wyższym niż w przypadku hełmów dotychczas stosowanych. W celu wytworzenia hełmu wykorzystano kompozyt składający się

z preimpregnatu na bazie tkaniny z włókien paraaramidowych i żywicy fenolowej modyfikowanej poliwinyllobutyralem (PVB) (prepreg jednostronny) oraz włókien z polietylenu o znacząco wysokim ciężarze cząsteczkowym (UHMWPE). Zastosowanie ww. układu materiałowego w konstrukcji hełmu pozwoliło na opracowanie wyrobu charakteryzującego się wyższą odpornością balistyczną V50 (granica ochrony balistycznej, prędkość odłamka standardowego, przy której prawdopodobieństwo przebicia czerepu wynosi 50 %) i niższymi wartościami ugięcia¹ w stosunku do hełmu wykonanego z jednorodnego kompozytu aramidowego, przy zachowaniu porównywalnych mas ochrony głowy. Jednocześnie takie rozwiązanie materiałowe pozwoliło na obniżenie kosztów technologii wyrobu projektowanego w stosunku do hełmu, który wykonany byłby z jednorodnego, droższego materiału, jakim jest UHMWPE. Optymalizacja kształtu czerepu hełmu umożliwiała właściwą eksploatację i obsługę nowoczesnego uzbrojenia i wyposażenia indywidualnego w warunkach operacyjnych. Konstrukcja wyposażenia wewnętrznego w postaci systemu „poduszek” mocowanych do czerepu za pomocą rzepów przyklejonych do wewnętrznej jego części, zapewniała dopasowanie hełmu do kształtu głowy przy jednoczesnym zachowaniu odpowiedniej zdolności amortyzacji. Rozwiązanie takie dodatkowo zapewnia stabilne osadzenie hełmu na głowie użytkownika oraz niezbędny komfort jego użytkowania.

Wyniki tych badań przedstawiłam w:

- publikacji: **H.3**,
- rozdziale w monografii: **M.2**.

W ramach w/w prac rozwojowych zaprojektowano hybrydowy, balistyczny układ materiałowy z warstw włóknistych przeznaczony na czerep hełmu uwzględniając jego konstrukcję, wymagane właściwości, technologię, trwałość oraz walory bezpieczeństwa. Autorski program badań modelowania odporności balistycznej kompozytów, przeznaczonych do wykonania hybrydowego hełmu balistycznego, obejmował cztery etapy:

1. opracowanie modeli płaskich kompozytów balistycznych jednowarstwowych o jednakowej masie powierzchniowej i wymiarach (etap 1).
2. opracowanie modeli płaskich kompozytów balistycznych jednowarstwowych o jednakowej odporności balistycznej i wymiarach (etap 2).
3. opracowanie modeli płaskich kompozytów hybrydowych dwuwarstwowych o odporności balistycznej $V50=660\pm 10$ m/s (etap 3).
4. opracowanie prototypu hybrydowego hełmu balistycznego (etap 4).

Wykonanie hybrydowego hełmu balistycznego wymagało opracowania termiczno - ciśnieniowej metody łączenia warstw różnych typów balistycznych materiałów włókienniczych: preimpregnatu tkaniny para-amidowej powlekanej żywicą termoutwardzalną oraz polietylenu o znacząco wysokim ciężarze cząsteczkowym (UHMWPE), co stanowi istotny wkład w wiedzę o konstrukcji i formowaniu hybrydowych kompozytów włóknistych.

Kompozyt hybrydowy uzyskano dzięki wytworzeniu międzywarstwy na powierzchni kompozytu aramidowego w postaci stopu jednej warstwy włóknistego materiału polietylenowego oraz żywicy fenolowej modyfikowanej PVB stanowiącej warstwę klejącą w tkaninowym preimpregnacie para-aramidowym. Warstwa włókienniczej konstrukcji polietylenowej w

¹ dynamiczne odkształcenie czerepu w chwili uderzenia odłamka standardowego, mierzone strzałką odkształcenia wewnętrznej powierzchni czerepu w kierunku uderzenia, wg. PN-V-87001:2011

temperaturze 170°C przekształcała się w błonę na powierzchni kompozytu para-aramidowego, trwale z nim połączony. Dzięki wytworzonej międzywarstwie możliwe było związanie wielowarstwowej konstrukcji aramidowej z konstrukcją z włókien UHMWPE w temperaturze 130°C, pod ciśnieniem 20 MPa. Zastosowanie takiego układu materiałowego oraz procesu wytwórczego pozwoliło na obniżenie masy gotowego wyrobu przy jednoczesnym wzroście jego odporności balistycznej.

Przeprowadzone badania wskazały również, iż odporność balistyczna wyrażona przez parametr V50 w istotnym stopniu zależała od udziału procentowego materiału z włókien UHMWPE w konstrukcji czerepu. Porównując parametry balistyczne czerepów hybrydowych składających się z różnej ilości surowców z włókien UHMWPE i para-aramidowych, zaobserwowano istotną poprawę V50 wraz ze wzrostem udziału materiału z włókien UHMWPE w czerepie hełmu. Oprócz badań V50 dokonano również oceny ugięcia hybrydowych hełmów balistycznych zgodnie z własną procedurą badawczą opartą o normę PN-V-87001:1999. Ugięcie hełmu mierzono po obliczeniu wartości V50, przy prędkości ułamka standardowego $V = 0,9V_{50}$. Analizując ugięcia hełmów zaobserwowano wzrost ich wartości wraz ze wzrostem V50. Mając na uwadze powyższe badania zoptymalizowano konstrukcję hybrydowego hełmu tak, aby uzyskać jak najwyższy parametr V50 przy zachowaniu możliwie najniższej wartości ugięcia. Opracowaną, ostateczną konstrukcję hybrydowego hełmu balistycznego, składającą się w 80 % z preimpregnatu tkaninowego z para-aramidu, a w 20 % z materiału włóknistego z UHMWPE, zweryfikowano w zakresie odporności balistycznej zgodnie z normami lub dokumentami standaryzującymi: PN-V-87001:1999, PN-V-87001:2011, NIJ Standard 0106.01, NIJ Standard 0108.01.

Wyniki badań potwierdziły, że na właściwości końcowego wyrobu bezpośredni wpływ miały: odpowiedni dobór udziału objętościowego komponentów o różnych właściwościach i orientacji włókien (preimpregnat tkaniny para-amidowej powlekanej żywicą termoutwardzalną i polietylen o znacząco wysokim ciężarze cząsteczkowym (UHMWPE)) oraz połączenie tych materiałów, które w sposób bezpośredni jest zależne od parametrów technologicznych, co równocześnie i bezpośrednio wpływa na warunki eksploatacji.

Wyniki tych prac ze względu na swój nowatorski charakter, stanowiły podstawę do uzyskania patentu i wzoru użytkowego, których jestem głównym współautorem. Prawo własności przemysłowej **P.1** powstało na bazie moich koncepcji badawczych. Z tego powodu przedstawiam go jako moje osiągnięcie naukowe – pozycja: **P.1**.

Badania wykazały także, że opracowanie technologii hybrydowego, włóknistego materiału kompozytowego oraz zastosowanie go na czerep hełmu balistycznego, poza pozytywnym wpływem na komfort i bezpieczeństwo użytkowania, wpływa pozytywnie na, m.in.:

- zwiększenie odporności na czynniki atmosferyczne,
- zwiększenie zdolności do tłumienia drgań;
- znaczącą minimalizację odpadu produkcyjnego przy wykorzystaniu nowoczesnych technologii wytwarzania włóknistych kompozytów hybrydowych.

Badania własne potwierdziły też, że do pożądanych cech włókienniczych materiałów kompozytowych, które mogą wzbudzić żywotne zainteresowanie potencjalnych konstruktorów osłon osobistych, należą:

- wysoka odporność balistyczna;
- zdolność absorpcji energii.

Zajmując się zagadnieniem związanym z opracowaniem hybrydowego hełmu balistycznego, ważnym elementem badań było opracowanie systemu amortyzującego do tego wyrobu, wykonanego z surowców o dużej zdolności tłumienia uderzenia oraz maksymalnie ograniczających skutki ugięcia, wywołane pociskiem lub odłamkiem.

Wyniki tych badań przedstawiłam w opisie wzoru użytkowego **P.4** oraz w publikacji **H.2**, której jestem współautorem. Dokumentacja wzoru użytkowego **P.4** zawiera opis konstrukcji systemu amortyzującego, a także obrazuje właściwości materiałów składających się na system amortyzujący.

Z kolei w publikacji **H.2** przedstawiono wyniki izolacyjności cieplnej nowo opracowanego hełmu kulo- i odłamkoodpornego - decydującego parametru dla zapewnienia komfortu cieplnego wyrobów balistycznych, w zależności od zastosowanego wyposażenia wewnętrznego.

Jednym z pośrednich rezultatów projektu były Dokumentacje techniczno-technologiczne i Specyfikacje techniczne, które stanowiły podstawę dalszych prac związanych z uruchomieniem produkcji. Prace te ze względu na swój charakter i znaczenie dla służb operujących w obszarze bezpieczeństwa wewnętrznego, publicznego i obrony kraju, jak także to, że stanowiły element przekazany przedsiębiorcy na etapie wdrożenia technologii, nie zostały opublikowane.

Realizacja wyżej wymienionych badań, w zakresie opracowania hybrydowego hełmu balistycznego, umożliwiła opracowanie krajowej technologii nowoczesnych, lżejszych i bardziej komfortowych oraz innowacyjnych hełmów kulo- i odłamkoodpornych, które zostały wdrożone do produkcji w Przedsiębiorstwie Sprzętu Ochronnego Maskpol.

Hybrydowy hełm balistyczny został nagrodzony Złotym Medalem na VI Międzynarodowej Warszawskiej Wystawie Wynalazków 2012 – pozycja **W.1**.

Wnioski płynące z prac związanych z opracowaniem technologii hełmu hybrydowego wykazały, iż nowoczesne kompozyty balistyczne muszą charakteryzować się właściwościami, które pozwolą osiągnięcie konsensusu pomiędzy masą wyrobu, odpornością balistyczną (odłamkoodporność, kuloodporność) a ugięciem dynamicznym.

Aby zrozumieć relację między tymi parametrami należało pozyskać wiedzę pozwalającą na zrozumienie tych korelacji oraz opracować metodykę projektowania i wytwarzania kompozytów balistycznych biorąc pod uwagę kryterium optymalizacji odporności balistycznej, masy oraz redukcji ugięcia. Powyższe stanowi istotny wkład w dyscyplinę naukową Włókiennictwo.

Dalsze prace nad włóknistymi kompozytami balistycznymi były przeze mnie prowadzone w projekcie nr O ROB 0001 03 001 pt.: „Wypracowanie nowoczesnej, trudnopalnej kamizelki z kompozytów włóknistych i polietylenowych z zastosowaniem pełnych 3D płyt twardych z uwzględnieniem ochrony przed nowoczesnymi pociskami pola walki”, którego byłam Kierownikiem. Prace były realizowane na rzecz Ministra Obrony Narodowej, reprezentującego Skarb Państwa, zgodnie z zapisami art. 32., ust. 3. ustawy z dnia 30 kwietnia 2010 r. o Narodowym Centrum Badań i Rozwoju. Odbiorcą wyników ww. projektu było Biuro Ochrony Rządu.

Celem głównym projektu było opracowanie nowoczesnej kamizelki balistycznej odpornej na nowe typy pocisków pistoletowych i karabinowych. Badania naukowe oraz prace rozwojowe rozpoczęłam od przygotowania Wstępnych Założeń Taktyczno – Technicznych (WZTT). Przedmiotowe WZTT, podobnie jak Dokumentacja techniczno-technologiczna i specyfikacja

dla hybrydowego hełmu balistycznego, ze względu na swój charakter i znaczenie dla bezpieczeństwa publicznego i obrony kraju nie zostały opublikowane. Zgodnie z wymaganiami umowy o finansowanie projektu (paragraf 13), prawa majątkowe do Elementów autorskich przejmuje Skarb Państwa reprezentowany przez Ministra Obrony Narodowej.

Największym wyzwaniem technologicznym realizowanego projektu było maksymalizacja parametrów ochronnych wkładów balistycznych, chroniących użytkownika przed więcej niż jednym strzałem (tzw. „multihit”), a także możliwość ochrony przed nowoczesnymi pociskami pola walki (7,62×51 mm AP, 7,62×54 mm B32, .30 M2 AP) przy zapewnieniu wielofunkcyjności, wynikającej z maksymalnego obniżenia masy osłony tułowia.

Mając na uwadze konieczność zapewnienia wysokiej odporności balistycznej ochrony tułowia prowadzono badania nad wytworzeniem hybrydowych pancerzy ceramiczno – włóknistych. Do wytworzenia pancerzy ceramiczno – włóknistych wykorzystano dwa rodzaje ceramiki, wykonanej z węgla krzemu (SiC) oraz tlenku glinu (Al_2O_3) o różnej grubości (3,00 mm, 3,50 mm, 4,00 mm, 4,50 mm, 17,27 mm lub 13,35 mm) oraz kształcie (heksagonalny lub cylindryczny), które połączono z włóknistym kompozytem polietylenowym na bazie włókien z UHMWPE.

Prace badawcze wskazały, iż problematyczne jest opracowanie kompozytu balistycznego chroniącego przed więcej niż jednym strzałem (tzw. procedura multihit), przy użyciu różnego rodzaju amunicji, m. in.: 7.62×39 mm PS, 5.56×45 mm SS109, 7.62×51 mm FMJS.

Najważniejsze wnioski z tych badań przedstawiłam w publikacji **H.5**. Ostrzał opracowanych ochron balistycznych, przeprowadzony zgodnie z opracowaną procedurą (multihit), znacznie zwiększał ryzyko uszkodzeń konstrukcji ceramicznej, czego przyczyną z pewnością były niewielkie odległości (25.0 mm) punktów ostrzału. Jako jedną z przyczyn tego typu destrukcji struktury w materiale ceramicznym przyjęto mechanizm pęknięcia objętościowego płytek ceramicznych. Ponadto uderzenie pociskiem w pancerz generuje oprócz fali uderzeniowej również falę dźwiękową propagującą z określoną prędkością. Zjawiska wywołane falą dźwiękową zmieniają stan materiałowy pancerza ceramicznego zanim sam pocisk, jako ciało materialne, dotrze do jego obszarów. Fala dźwiękowa odbija się od kompozytu włóknistego znajdującego się za elementem ceramicznym pancerza i powraca w formie fali kulistej w kierunku przeciwnym do kierunku fali pierwotnej. Powstają warunki do interferencji fali generowanej penetracją pocisku i fali odbitej od tylnej części pancerza (kompozytu włóknistego). Tym samym, w obszarze jeszcze niespenetrowanym przez pocisk, generowane są periodyczne naprężenia ściskające i rozciągające. Zwłaszcza te drugie, wzmocnione efektem interferencji, są szczególnie destrukcyjne dla płytek ceramicznych, ponieważ ceramika nie posiada zbyt wysokiej odporności na rozciąganie. Znacząco zniszczona, na skutek wielokrotnego ostrzału, struktura ceramiczna przestaje pełnić funkcję ochronną w stosunku do kompozytu włóknistego, który, w takich warunkach, jest narażony na pochłanianie dużo większej energii, generując różne mechanizmy jej pochłaniania, głównie: odkształcenie włókien, przerwanie ciągłości włókien w wyniku przekroczenia granicy wytrzymałości, ścinanie włókien, delaminację i pękanie włókien.

Powyższe obserwacje stanowiły istotny wkład w nowe obszary wiedzy w zakresie projektowania hybrydowych kompozytów z udziałem warstwy kompozytu włóknistego.

Prototyp kompozytowego pancerza ceramiczno – włókienniczego wymagał dalszych badań, w których skupiono się na rozwiązaniu mającym zwiększyć efektywność osłony

warstwy ceramicznej. W rozwiązaniu tym należało ograniczyć uszkodzenia elementu ceramicznego do okolicy miejsca uderzenia pocisku, tak aby wyeliminować zjawisko rozprzestrzeniania fal oddziałujących na materiał. Główną przyczyną obserwowanych uszkodzeń było lokalne przekroczenie granicy wytrzymałości w froncie fali. Badania ukierowano na dobór odpowiedniego materiału włóknistego mogącego stanowić powłokę amortyzująco-zabezpieczającą dla przedniej części pancerza tj. ceramiki, tak aby wykazywał on odporność balistyczną na ostrzał zgodnie z procedurą badawczą „Multihit” amunicją: 7,62×39 mm PS, 5,56×45 mm SS109, 7,62×51 mm FMJS. Powłokę amortyzująco – zabezpieczającą według zgłoszonego patentu **2.1** otrzymano z dwóch warstw dzianego materiału włókienniczego na bazie poliamidu z naniesioną warstwą adhezyjną, do której ściśle przylegała powłoka antyodpryskowa w postaci jednostronnego preimpregnatu o wzmocnieniu z materiału z włókien para-aramidowych. Element antyugięciowy stanowiła co najmniej jedna warstwa pianki poliuretanowej na tylnej stronie pancerza. Opracowany kompozyt balistyczny wykazywał korzystny wzrost odporności balistycznej na wielokrotny ostrzał. Analiza pola powierzchni uszkodzeń po ostrzale, wykazała, iż w przypadku kompozytu niezabezpieczonego obszar zniszczenia warstwy ceramicznej był większy o około 25% w stosunku do kompozytu z powłoką zabezpieczającą. W przypadku kompozytu bez powłoki zabezpieczającej następowało odrywanie płytek ceramicznych od podłoża włóknistego na znacznej powierzchni, natomiast w przypadku kompozytu zabezpieczonego, uszkodzeniu ulega stosunkowo niewielka powierzchnia, umożliwiając tym samym zatrzymanie kolejnego pocisku w odległości skupienia nie większej niż 25mm ± 1mm. Analizę prowadzono dla próbek poddanych co najmniej sześciokrotnemu ostrzałowi. Energochłonne i ochronne właściwości opracowanego materiału kompozytowego i wykonanych z niego pancerzy ceramiczno - włókienniczych uzyskano przede wszystkim dzięki wprowadzeniu do jego konstrukcji odpowiednich materiałów włókienniczych, ceramicznych oraz polimerowych o wysokich wytrzymałościach, tworzących strukturę wielowarstwową. Badania pokazały, iż właściwości hybrydowego kompozytu balistycznego mogą być projektowane oraz osiąggane dla różnorodnych odporności balistycznych, najczęściej drogą zmiany udziału objętościowego i orientacji komponentów wchodzących w jego skład, również poprzez odpowiedni dobór pokryw barierowych i ochronnych. W ramach mojej pracy badawczej w tym obszarze wykazałam, że zastosowany układ materiałów włókienniczych, stanowiących powłokę amortyzująco – zabezpieczającą w kompozycie wpływa na wzrost odporności balistycznej kompozytu na wielokrotny ostrzał. Wiąże się to z uzyskaniem efektu synergii w zakresie impedancji akustycznej oraz optymalnym rozkładzie fali akustycznej w całej objętości kompozytu balistycznego, wpływając pozytywnie na jego efektywność ochronną w przypadku punktowego, wielokrotnego ostrzału. Badania w tym zakresie identyfikują obiecujący kierunek, jakim jest wykorzystanie materiałów włókienniczych do ochrony elementów ceramicznych wchodzących w skład nowych, zaawansowanych, wielowarstwowych materiałów kompozytowych.

Opracowane rozwiązanie materiałowe w zakresie hybrydowego kompozytu balistycznego z elementem kompozytu włóknistego zastosowano do wytworzenia dodatkowych wkładów balistycznych do zestawu kamizelek kulo- i odłamkoodpornych HARD-VEST®, które to wkłady są przedmiotem zgłoszenia wzoru użytkowego **2.2**.

Zostały one nagrodzone srebrnym medalem, „BRUSSELS INNOVA 2015” (pozycja **W.2**) oraz brązowym medalem na Międzynarodowych Targach Wynalazczości Concours Lepine w Paryżu w 2015 r. (pozycja **W.3**).

W ramach dalszych badań i prac rozwojowych nad kompozytami ceramiczno - włóknistymi podjęto próbę znalezienia korelacji między właściwościami fizykomechanicznymi ceramiki, a odpornością balistyczną kompozytu balistycznego. Wyniki tych badań przedstawiłam w publikacji pt.: “Influence of ceramic properties on the ballistic performance of the hybrid ceramic - multi-layered UHMWPE composite armour”, która została zgłoszona do publikacji w czasopiśmie International Journal of Applied Ceramic Technology [IF=1,534, MNiSW= 25].

W ramach projektu kluczowego, nr WND-POIG.01.03.01-10-005/08, „Nowoczesne balistyczne ochrony osobiste oraz zabezpieczenia środków transportu i obiektów stałych wykonane na bazie kompozytów włóknistych” oprócz hybrydowych hełmów kulo- i odłamkoodpornych opracowano także balistyczne tarcze ochronne, kompozycje materiałowe służące do opancerzania środków transportu i obiektów stałych.

W ramach prac nad tego typu wyrobami (balistyczne kompozyty włókniste), brałam również udział, a wyniki tych prac zostały przedstawione w rozdziałach monografii **M.3, M.5, M.6 oraz** pozycjach **P.2, P.3**. Mój udział w tych pracach polegał na współudziale w opracowaniu technologii nowych zaawansowanych lekkich kompozytów przeznaczonych do wykonania tych wyrobów.

Celem większości ww. badań naukowych oraz prac rozwojowych było i jest opracowywanie nowych zaawansowanych lekkich kompozytów, w tym włóknistych, przy zastosowaniu synergii procesów: technologia – struktura – właściwości – charakterystyki funkcjonalne – recykling. Niejednokrotnie przy takich pracach pojawia się również konieczność poszukiwania kompromisu pomiędzy oczekiwanymi właściwościami użytkowymi, a ekonomią zastosowanych rozwiązań.

Część 2

Doświadczalne określenie właściwości fizyko-mechanicznych, strukturalnych i balistycznych materiałów i opracowanych na ich bazie włóknistych układów kompozytowych

Liczba stosowanych nowych rodzajów materiałów, w tym materiałów kompozytowych, wzrasta głównie w obszarze wyrobów ochronnych. W prowadzonych badaniach naukowych i pracach rozwojowych z moim współudziałem znalazła potwierdzenie teza, że poprzez optymalizację badań i weryfikację jakości materiałów przeznaczonych do wytwarzania włóknistych, kompozytowych wyrobów ochronnych, możliwe jest znalezienie kompromisu pomiędzy pożądaną niezawodnością, a ekonomią nowoczesnych konstrukcji wyrobów ochronnych, również z uwzględnieniem wpływu procesów recyklingu.

W ramach realizacji projektu kluczowego nr WND-POIG.01.03.01-10-005/08 powstała monografia „Nowoczesne balistyczne ochrony osobiste oraz zabezpieczenia środków transportu i obiektów stałych wykonane na bazie kompozytów włóknistych”, w której znajduje się rozdział mojego współautorstwa, oznaczony w dorobku jako **M.4**.

W przedmiotowym rozdziale opisano badania prowadzone w Laboratorium Badań Metrologicznych ITB MORATEX, których celem była ocena włóknistych materiałów

balistycznych oraz ich selekcja pod kątem wytworzenia prototypowych innowacyjnych kompozytowych osłon balistycznych:

- hełmów kulo- i odłamkoodpornych,
- wkładów kompozytowych do kamizelek kulo- i odłamkoodpornych,
- tarcz balistycznych,
- kompozycji materiałowych do opancerzania środków transportu i zabezpieczeń obiektów stałych.

Przeprowadzone badania potwierdziły, iż materiały włókiennicze używane w osobistych osłonach balistycznych, jak i projektowanych kompozycjach do opancerzeń obiektów stałych i środków transportu, powinny charakteryzować się wysoką wytrzymałością na rozciąganie, wysokim module sprężystości oraz znaczącą zdolnością absorpcji energii, która przyczynia się do minimalizacji ugięcia, a tym samym do mniej inwazyjnego oddziaływania pocisku w momencie uderzenia w tekstylną barierę balistyczną.

Wyselekcjonowanymi surowcami do wytwarzania kompozytowych wyrobów ochronnych w ramach projektu kluczowego "Nowoczesne balistyczne ochrony osobiste oraz zabezpieczenia środków transportu i obiektów stałych wykonane na bazie kompozytów włóknistych" były tekstylia wykonane z włókien, które wyróżniały się wysoką wytrzymałością na rozciąganie, niskim wydłużeniem podczas zerwania i wysokim modułem przy rozciąganiu, niską gęstością i wysoką zdolnością pochłaniania energii. W badaniach weryfikowano stosunek wytrzymałości do gęstości (wytrzymałość właściwa), co miało decydujący wpływ na ostateczną masę wyrobu kompozytowego.

Przeprowadzone badania stanowią niewątpliwie wkład wiedzy w dziedzinę włókiennictwa w obszarze:

- jakości i nowoczesności włókienniczych wyrobów kompozytowych w aspekcie podniesienia ich innowacyjności i konkurencyjności,
- opracowania programu badań i oceny włókienniczych wyrobów kompozytowych stosowanych w ochronach osobistych dla zachowania bezpieczeństwa ich użytkowania,
- kompleksowych charakterystyk materiałowych włókienniczych wyrobów kompozytowych.

Analiza danych literaturowych z obszaru tekstyliów balistycznych, głównie z przeznaczeniem do wytwarzania kompozytowych wkładów balistycznych, skłoniła mnie do podjęcia badań w zakresie analizy składu chemicznego lepiszczy, wchodzących w skład tego typu wyrobów. Biorąc pod uwagę aspekt doboru optymalnych warunków formowania ciśnieniowego materiału z włókien UHMWPE, podjęłam próbę zidentyfikowania lepiszcza osnowy wchodzącego w skład komercyjnie dostępnego, wyjściowego materiału z włókien z UHMWPE znajdującego się na powierzchni tego materiału. Uzyskane dane spektroskopowe (FTIR, NMR) z analizy materiału z włókien z UHMWPE przedstawiłam w formie danych jakościowych i ilościowych w publikacji **H.5**.

Z danych eksperymentalnych wybrałam tylko niektóre, najbardziej prawdopodobne charakterystyczne sygnały. Kierowałam się przy tym dwoma istotnymi powodami: naciskiem nie na stronę techniczną analizy widm, lecz wykorzystaniem zanalizowanego widma do identyfikacji struktury cząsteczki lepiszcza osnowy materiału polietylenowego. W widmach FTIR materiału z włókien z UHMWPE obecne były pasma absorpcji odpowiadające drganiom atomów ugrupowań:

- CH₂ (2911 cm⁻¹, 2845 cm⁻¹; 1470 cm⁻¹; 730 cm⁻¹);
- CH₃ (1370 cm⁻¹, 1340 cm⁻¹);
- COC (1100 cm⁻¹).

Charakter widma FTIR badanego materiału wskazywał na obecność ugrupowań typowych dla cząsteczki polietylenu. Dodatkowo, w widmie pojawiło się charakterystyczne, intensywne pasmo absorpcyjne w zakresie liczby falowej $\lambda = 1100 \text{ cm}^{-1}$, które prawdopodobnie jest związane z drganiami rozciągającymi wiązania CO. Atom tlenu powoduje przesunięcie częstości charakterystycznych absorpcyjnych sąsiednich grup CH₂ w stosunku do ich położenia w węglowodorach, czego dowodem jest pasmo o wartości liczb falowych w pobliżu $\lambda = 1520 \text{ cm}^{-1}$, odpowiadające drganiom deformacyjnym w płaszczyźnie grupy metylenowej. Potwierdzenie obecności w cząsteczce ugrupowania CO znajdujemy w widmie ¹³C NMR, gdzie w alifatycznym zakresie przesunięć chemicznych obserwujemy cztery sygnały węglowe. Dwa z nich, przy $\delta = 74,48 \text{ ppm}$ oraz $\delta = 72,47 \text{ ppm}$, mają przesunięcia charakterystyczne dla atomu węgla o hybrydyzacji sp³ związanego z atomem tlenu, kolejny sygnał o wartości $\delta = 31,45 \text{ ppm}$ odpowiada węglom związanym z atomami węgla, natomiast sygnał o wartości $\delta = 16,94 \text{ ppm}$ można przypisać obecności grup metylowych. Z kolei na widmie ¹H NMR badanego materiału występują sygnały pochodzące od protonów grup CH₂ w zakresie $\delta = 2,20 - 2,90 \text{ ppm}$ oraz grup CH₃ w zakresie $\delta = -1 - 1,75 \text{ ppm}$. W toku analizy wnioskowałam, iż lepiszcz materiału z włókien z UHMWPE stanowi polimer typu poliuretanowo-eterowego. Dane uzyskane na temat budowy chemicznej lepiscza pozwoliły na dobór optymalnych warunków przetwarzania materiału z włókien z UHMWPE.

Badania przedstawione w publikacji **H.5** potwierdziły, że poczynione przeze mnie założenia merytoryczne, w postaci hipotez badawczych ukierunkowanych na opracowanie technologii włóknistych kompozytów balistycznych, mogą mieć także zastosowanie w obszarach technologii materiałów wielowarstwowych i lekkich kompozytów hybrydowych o zaawansowanych właściwościach mechanicznych i obniżonej masie. Przeprowadzone badania strukturalne wskazują na dużą różnorodność budowy lepisczy, wchodzących w skład materiałów włókienniczych przeznaczonych do wytwarzania balistycznych kompozytów włókienniczych. W związku z powyższym wskazuje to na potrzebę indywidualnego podejścia do każdego z materiałów przeznaczonych do wytwarzania osłon osobistych. Kompozyty o tej samej podstawie, a innym zbrojeniu (ze względu na skład chemiczny), wymagają każdorazowo zastosowania innego procesu technologicznego. Optymalizację technologii balistycznych kompozytów włóknistych osiągnięto w wyniku kompleksowych badań: strukturalnych, mechanicznych i balistycznych połączonych z analizą znaczenia wybranych czynników technologicznych (w procesie wytwarzania).

Tego typu badania stanowią niewątpliwie znaczący wkład w dziedzinę Włókiennictwa w obszarze włókienniczych wyrobów kompozytowych.

Część 3

Procesy zachodzące w czasie wytwarzania włóknistych kompozytów wielowarstwowych oraz symulowania ich czasu użytkowania i przechowywania

Istotnym w wytwarzaniu wielofunkcyjnych, włóknistych kompozytów balistycznych była analiza wpływu temperatury procesu prasowania nietkanego wyrobu polietylenowego (UHMWPE) na właściwości wytworzonego kompozytu polietylenowego przeznaczonego do

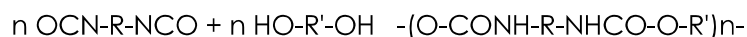
wytwarzania balistycznych ochron osobistych. Wyniki tych prac przedstawiłam w publikacji **H.6**. Celem naukowym pracy była analiza wpływu temperatury procesu prasowania nietkanego wyrobu polietylenowego (UHMWPE) na właściwości wytworzonego włóknistego kompozytu polietylenowego przeznaczonego do wytwarzania balistycznych ochron osobistych. Wytworzone w różnych temperaturach włókniste kompozyty polietylenowe poddano badaniom odporności balistycznej oraz właściwości: mechanicznych, termicznych (DSC) i strukturalnych (FTIR), a także badaniom morfologii powierzchni za pomocą elektronowej mikroskopii skaningowej (SEM). Podjęto próbę określenia zależności pomiędzy odpornością balistyczną, a właściwościami mechanicznymi zaprojektowanych włóknistych kompozytów polietylenowych, jak również ich właściwościami strukturalnymi i powierzchniowymi. W pracy przedyskutowano zjawiska towarzyszące ciśnieniowemu formowaniu włóknistych kompozytów polietylenowych w różnych temperaturach, a następnie podjęto próbę określenia mechanizmów tych procesów oraz oszacowania zmian zachodzących w kompozytach. Analiza wpływu temperatury prasowania nietkanego wyrobu polietylenowego na właściwości wytworzonego włóknistego kompozytu polietylenowego przeznaczonego do wytwarzania balistycznych ochron osobistych ujawniła istotną podatność wyrobu polietylenowego na temperaturę prasowania. Pomimo uzyskania struktury kompozytowej, badane próbki włóknistych kompozytów polietylenowych uzyskane metodą prasowania materiału wykazały znaczące zmiany właściwości zależne od temperatury procesu. Wyniki przeprowadzonych badań pozwoliły określić temperaturę prasowania nietkanego wyrobu polietylenowego, która jest optymalna ze względu na wymagane właściwości docelowego kompozytu. Temperatura prasowania materiału polietylenowego, powyżej temperatury optymalnej, miała negatywny wpływ na właściwości włóknistego kompozytu polietylenowego, które to pogarszały się wraz ze wzrostem temperatury. Podwyższoną temperaturę prasowania potraktować można jako dodatkową, długotrwałą obróbkę cieplną niekorzystnie wpływającą na właściwości kompozytu polietylenowego. Prowadzić może ona do procesów degradacji zachodzących w strukturze kompozytu powodując uszkodzenia i pogorszenia jego właściwości balistycznych.

Badania strukturalne pokazały znaczne zmiany w strukturze włóknistego kompozytu polietylenowego w zależności od temperatury prasowania. Porównując charakterystyczne pasma w widmach próbek kompozytów polietylenowych, prasowanych w różnych temperaturach, można zauważyć, że w zależności od zastosowanej temperatury prasowania włóknistego kompozytu polietylenowego różnią się one znacznie intensywnościami sygnałów pochodzących od tych samych ugrupowań chemicznych. Stan ten jest szczególnie widoczny w przypadku prób kompozytów polietylenowych formowanych odpowiednio w temperaturach $T_{\text{prasy}}=115^{\circ}\text{C}$ oraz $T_{\text{prasy}}=160^{\circ}\text{C}$. W tych dwóch przypadkach zauważyłam znaczące zmiany intensywności pasm pochodzących od ugrupowań:

- CH_2 (2910 cm^{-1} , 2845 cm^{-1} , 1470 cm^{-1} , 1370 cm^{-1} , 927 cm^{-1} , 716 cm^{-1}),
- NH , OH (3300 cm^{-1}),
- C=O (1700 cm^{-1}),
- COC (1072 cm^{-1} , 1015 cm^{-1}),
- C=N , NH , (1528 cm^{-1} , 1245 cm^{-1}),

w stosunku do intensywności tych pasm w próbach kompozytów polietylenowych prasowanych w temperaturze, odpowiednio: $T_{\text{prasy}}=130^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{prasy}}=145^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{prasy}}=175^{\circ}\text{C}$. Biorąc pod uwagę budowę lepiszcza materiału polietylenowego można założyć, iż w

procesie prasowania tego materiału w lepiszczu zachodzą reakcje poliaddycji opierające się na reakcji grup izocyjanianowych z grupami wodorotlenowymi pochodzącymi od polieterodioli, co prowadzi do powstania grup uretanowych, zgodnie z równaniem:



gdzie: R, R' – reszty węglowodorów alifatycznych

W związku z powyższym, w próbach kompozytów prasowanych w warunkach $T_{\text{prasy}}=130^{\circ}\text{C}$, reakcje w lepiszczu materiału polietylenowego, typowe dla poliuretanów, zachodzą w sposób ograniczony i obserwujemy znaczną intensywność pików pochodzących od polieterodioli, izocyjanianów, a także poliuretanów. W przypadku próby kompozytu, gdzie zastosowano temperaturę prasowania $T_{\text{prasy}}=130^{\circ}\text{C}$, obserwujemy praktycznie zanik pasm charakterystycznych dla ugrupowań chemicznych, które zidentyfikowano jako wchodzące w skład spoiwa (polieterodiole, izocyjaniany, a także poliuretany). W przypadku tych próbek obserwujemy znaczny wzrost intensywności pasm pochodzących od ugrupowań charakterystycznych dla polietylenu (2910 cm^{-1} , 2845 cm^{-1} , 1470 cm^{-1} , 1370 cm^{-1} , 927 cm^{-1} , 716 cm^{-1}). Z kolei w próbkach kompozytów polietylenowych, w przypadku których temperatura prasowania wynosi 175°C (T_{prasy}) obserwujemy ponownie znaczny wzrost intensywności pasm absorpcyjnych pochodzących od grup NH, OH (3300 cm^{-1}) oraz COC (1072 cm^{-1} , 1015 cm^{-1}), C=O ($1735\text{--}1600 \text{ cm}^{-1}$), a także sygnałów pochodzących od ugrupowań COC (1100 cm^{-1}) oraz tworzących się ugrupowań estrowych COC (COCH_3 , OCOCH_3) w zakresie $1355\text{--}1385 \text{ cm}^{-1}$. Wzrost intensywności tych sygnałów prawdopodobnie związany jest z intensywnymi procesami degradacji termicznej zachodzącymi podczas prasowania materiału polietylenowego w temperaturze $T_{\text{prasy}}=175^{\circ}\text{C}$. Degradacja termiczna materiału polietylenowego stanowi proces rodnikowy, w wyniku którego następuje odrywanie atomów wodoru z ugrupowań CH_2 w głównym łańcuchu polimerowym i powstawanie makrorodników. Poza procesami pęknięcia głównego łańcucha polimeru dodatkowo obecność w materiale polietylenowym grup karbonylowych, sprzyja inicjowanemu temperaturą rozpadowi łańcuchów na wolne rodniki (inicjacja) na skutek odrywania atomów tlenu. W procesie degradacji inicjowanej termicznie istotnym elementem zmian budowy łańcuchów polimerowych jest także utlenianie powodujące tworzenie ugrupowań karbonylowych typu kwasowego, ketonowego, estrowego i nadkwasowego. Proces prasowania prowadzony w temperaturze wyższej niż zalecana powoduje wzrost intensywności reakcji degradacji, na którą składają się reakcje rozrywania, sieciowania, co w konsekwencji prowadzi do zmian strukturalnych w makrocząsteczkach, a także właściwości materiałów.

Na przyspieszoną degradację omawianych materiałów, wywołaną podwyższoną temperaturą, wskazują kolejno: obniżona odporność balistyczna, defekty powierzchniowe próbek pogłębiające się ze wzrostem temperatury, zmniejszenie stopnia krystaliczności polimeru. Badania udowodniły również niekorzystny wpływ na właściwości włóknistego kompozytu polietylenowego w przypadku stosowania temperatury prasowania wyrobu polietylenowego o wartościach $T_{\text{prasy}} = 115^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{pakietu}} = 100^{\circ}\text{C}$. W tym przypadku główną przyczyną pogorszenia właściwości kompozytu polietylenowego najprawdopodobniej jest ograniczona szybkość reakcji chemicznych w lepiszczu wyrobu polietylenowego wynikająca ze zbyt niskiej temperatury prasowania, co obniża jakość połączenia poszczególnych warstw

włóknistego materiału polietylenowego, tym samym niekorzystnie wpływając na właściwości wyrobu.

Badania powyższe, przedstawione w publikacji **H.6** są nowatorskie i z pewnością będą dalej przeze mnie kontynuowane. Stanowią one jeden z ważniejszych kierunków podejścia do projektowania balistycznych włóknistych wyrobów kompozytowych. Wskazują one przede wszystkim na potrzebę szerokiego i dogłębnego scharakteryzowania materiałów przeznaczonych do wytwarzania włóknistych kompozytów balistycznych oraz warunków procesu technologicznego formownia. Rezultaty powyższych badań wnoszą nowy wkład wiedzy w dziedzinę włókiennictwa w zakresie:

- zmian zachodzących w strukturze materiałów włókienniczych podczas procesu formownia z nich balistycznych wyrobów kompozytowych,
- zjawisk i procesów zachodzących podczas procesu wytwarzania wyrobów kompozytowych.

Część 4

Zmiany we właściwościach i strukturze opracowanych kompozytów włóknistych zachodzące podczas badań przyspieszonego starzenia oraz ich walidacja

Aspekty użytkowe oraz nowej wiedzy w moich badaniach ogniskowały się na obszarze oceny wpływu starzenia na właściwości mechaniczne i ochronne wyrobów balistycznych, prowadzone w czasie rzeczywistym i przyspieszonym. Badanie procesu starzenia i mechanizmów rządzących tym zjawiskiem, możliwość przewidywania zmian właściwości materiałów włóknistych oraz wygenerowana jako ich wynik wiedza, ma istotne znaczenie z punktu widzenia bezpiecznego użytkowania wykonanych z nich wyrobów oraz przetwarzalności tych materiałów.

W pozycji literaturowej **M.1** został omówiony wyczerpująco stan wiedzy w zakresie badań wpływu procesów starzeniowych na właściwości ochronne wyrobów balistycznych. Jest to opracowanie wypełniające lukę w literaturze dotyczącej badań przyspieszonego starzenia osłon osobistych. Z kolei publikacja **H.1** dotyczy badań nad wpływem procesów starzeniowych (w czasie rzeczywistym oraz w czasie przyspieszonym) na właściwości użytkowe i bezpieczeństwo włóknistych wkładów balistycznych wykonanych z komercyjnie dostępnego, nietkanego wyrobu z włókien z UHMWPE. Wpływ procesu starzenia weryfikowałam poprzez ocenę właściwości balistycznych oraz mechanicznych. Zmiany w strukturze badanych materiałów włóknistych oceniałam za pomocą skaningowej kalorymetrii różnicowej (DSC) oraz spektroskopii w podczerwieni (FTIR).

Z punktu widzenia przeprowadzonych badań, istotnym było, aby odstępy czasu pomiędzy kolejnymi okresami starzenia materiału włóknistego były na tyle krótkie, że możliwy był rzetelny opis postępujących w nim zmian. Z przedstawionych danych doświadczalnych wynikało, że oddziaływanie temperatury, jak również, synergicznie, temperatury i wilgoci powoduje wyraźne pogorszenie właściwości mechanicznych i balistycznych materiału z włókien z UHMWPE, postępujące z czasem ekspozycji na czynnik starzeniowy. Było to spowodowane zmianami budowy chemicznej makrocząsteczek polimeru, co potwierdza obecność pasm absorpcji pochodzących od grup CO w widmach FTIR badanego materiału, a także zmiany wartości stopnia krystaliczności (wyznaczonego przy pomocy metody DSC) następujące wraz z czasem starzenia. Prowadzenie badań w warunkach rzeczywistych oraz

przyspieszonych pozwoliły na walidację metodyk badań przyspieszonego starzenia w aspekcie odniesienia warunków tych badań do warunków rzeczywistych.

Analiza właściwości mechanicznych, balistycznych i strukturalnych badanego materiału wskazała, iż zmiany zachodzące w procesie przyspieszonego starzenia w czasie między 35 a 45 dobą w temperaturze 70 °C lub w temperaturze 70 °C i wilgotności 50% odpowiadają zmianom zachodzącym w tym materiale w warunkach naturalnego starzenia w czasie 5 lat. Przeprowadzone badania pokazały, iż po czasie około 42 dób przyspieszonego starzenia następowało pogorszenie właściwości mechanicznych i balistycznych materiału z włókien z UHMWPE. Zgodnie z celem eksperymentu, został określony przedział czasowy, po którym następuje zmiana właściwości materiału. Badane właściwości wysokowytrzymałego materiału z włókien z UHMWPE pozwoliły na wyznaczenie krzywej zależności trwałości, a także na określenie krytycznego czasu starzenia, po którym następuje zmiana badanej właściwości o określoną wartość. Analiza właściwości mechanicznych, balistycznych materiału z włókien z UHMWPE pozwoliła na określenie współzależności między parametrami wyrobów poddawanych standardowej eksploatacji (starzenie w czasie rzeczywistym), a modelowym procesom prowadzonym w czasie przyspieszonym (czyli de facto walidacja metodyki badawczej).

Rezultaty powyższych prac wniosły nowy i zarazem istotny wkład wiedzy w dziedzinę Włókiennictwa w zakresie zjawisk i procesów, a także zmian zachodzących podczas starzenia w strukturze materiałów włókienniczych przeznaczonych do wytwarzania włókniстых kompozytów balistycznych.

W publikacji **H.4** przedstawiłam zakres prac, których celem było opracowanie metody prognozowania trwałości miękkich, włókniстых wkładów balistycznych wykonanych z wysokowytrzymałego kompozytu na bazie polietylenu o znacząco wysokim ciężarze cząsteczkowym (UHMWPE). W artykule zdefiniowałam autorski program badań symulacji użytkowania kompozytowych wkładów balistycznych, który został opracowany celem prognozowania trwałości, a tym samym przewidywania zmian parametrów balistycznych oraz fizyko-mechanicznych wkładów ochronnych, zachodzących pod wpływem warunków eksploatacji. Na podstawie analizy ryzyka, doświadczeń oraz informacji uzyskanych od końcowego użytkownika kamizelek kulo- i odłamkoodpornych dotyczących sposobu ich użytkowania, przyjęto założenia do przeprowadzenia symulacyjnych badań użytkowych. Zmiany odporności wkładów balistycznych do kamizelek balistycznych wynikają z wielu przyczyn, m. in.: zużycia mechanicznego wkładów balistycznych na skutek odkształceń wkładów, tarcia ich powierzchni o materiał poszycia, odkształceń wynikających z uwarunkowań transportowych oraz warunków przechowywania, zużycia wynikającego z penetracji do wnętrza wkładu obcych ciał w postaci pyłu i wody, zużycia wynikającego z penetracji do wnętrza wkładu balistycznego soli i wilgoci pochodzących z potu.

Biorąc pod uwagę powyższe, opracowałam program badań symulacji użytkowania miękkich, włókniстых wkładów balistycznych w warunkach przyspieszonego starzenia. Zakładał on odpowiedni dobór parametrów symulacji, które pozwoliły na maksymalne odtworzenie rzeczywistych warunków użytkowania. Program badań uwzględnił trzy symulowane procedury starzenia wkładów balistycznych:

1. działanie obciążenia mechanicznego,
2. działanie obciążenia mechanicznego oraz cyklicznych zmian temperatury,

3. działanie obciążenia mechanicznego, cyklicznych zmian temperatury oraz roztworu symulującego pot ludzki.

Opracowane procedury zweryfikowałam doświadczalnie poprzez poddanie badaniom, zgodnie z opracowanym programem, wkładów balistycznych wytworzonych z nietkanego wyrobu polietylenowego oraz przeprowadzając testy F-Snedecora. Wykonałam analizę pozwalającą na określenie różnic w intensywności oddziaływania na kompozytowe wkłady balistyczne zastosowanych czynników symulacji w poszczególnych procedurach. Program badań zmęzeniowych obejmował liczbę cykli zmęczenia odzwierciedlającą czas rzeczywistej eksploatacji wyrobu. Przyjęłam, iż kamizelka balistyczna jest użytkowana 52 tygodnie w ciągu roku, w tym:

- trzy dni w tygodniu (w czasie 1 h ćwiczeń),
- dwa dni w tygodniu (6 h - działania operacyjne).

Zgodnie z powyższymi założeniami, „cykl zmęczenia mechanicznego” kompozytu polietylenowego scharakteryzowałam poprzez liczbę cykli odkształceń na stanowisku do badań zmęzeniowych.

Wnioskowanie odnośnie zmian właściwości funkcjonalnych oraz bezpieczeństwa włóknistych wyrobów balistycznych pod wpływem warunków przechowywania i użytkowania wymagało zweryfikowania opracowanej metodyki badawczej i przeprowadzenia badań uwzględniających metodę przyspieszonego starzenia.

W ramach pracy badaniom poddano nowo wytworzone pakiety balistyczne wykonane z kompozytu polietylenowego, jak również poddane starzeniu w warunkach przyspieszonych. Celem zdefiniowania korelacji między procesami starzenia naturalnego i symulowanego oceniłam pakiety balistyczne użytkowane w warunkach rzeczywistych, przez 5, 7, 9 lub 13 lat. Dla wytypowanych próbek zostały przeprowadzone badania: właściwości mechanicznych i balistycznych oraz zmian struktury chemicznej. Zmiany w strukturze materiałów balistycznych oceniłam za pomocą metod: analizy termicznej DSC oraz spektroskopii w podczerwieni (FTIR-ATR). Z przedstawionych danych doświadczalnych wynikało, że efekty działania czynników starzeniowych na materiał polietylenowy wzajemnie się równoważą lub wzmacniają, a zachowanie się materiału włóknistego stanowi wypadkową tych wszystkich wpływów. Oddziaływanie czynników starzeniowych powoduje wyraźne pogorszenie właściwości mechanicznych i balistycznych kompozytu włóknistego, postępujące z czasem ekspozycji. Jest to spowodowane zmianami budowy chemicznej makrocząsteczek, co potwierdza obecność pasm absorpcji pochodzących od grup COC w widmach FTIR-ATR kompozytu, a także zmianami wartości stopnia krystaliczności (wyznaczonego z wykorzystaniem metody DSC) wraz z czasem starzenia. Dzięki analizie właściwości mechanicznych kompozytu polietylenowego poddanego oddziaływaniu wszystkich zastosowanych w eksperymencie czynników starzeniowych możliwe było określenie wartości siły zerwania, odpowiadającej wartości siły zerwania kompozytu włóknistego pochodzącego z wkładów kamizelek balistycznych po 5, 7, 9 lub 13-letnim użytkowaniu w warunkach rzeczywistych. Analiza danych pokazała, iż właściwości mechaniczne - wartość siły zerwania (kierunek wzdłużny, poprzeczny) kompozytu włóknistego po 5-letnim użytkowaniu w czasie rzeczywistym nie ulega zmianie w stosunku do wartości siły zerwania nowego kompozytu. Gwałtowny spadek wartości siły zrywania następuje po 5-letnim starzeniu w warunkach rzeczywistych oraz starzeniu symulowanym po 8250 cyklach zmęzeniowych, cyklicznym zmianie temperatur oraz przebywaniu w roztworze symulującym pot ludzki w czasie 150 min.

Dodatkowo badanie właściwości kompozytu włóknistego pozwoliło na wyznaczenie krzywej zależności trwałości kompozytu, a także na określenie krytycznego czasu starzenia, po którym następuje zmiana badanej właściwości o określoną wartość. Analiza właściwości mechanicznych i balistycznych kompozytu pozwoliła na określenie współzależności między parametrami wyrobów poddawanych standardowej eksploatacji (starzenie w warunkach rzeczywistych), a modelowym procesom prowadzonym w czasie przyspieszonym.

Publikacja **H.4** zawiera omówienie mojej autorskiej metody badań. Ten zamysł był podyktowany potrzebą opracowania zwalidowanej metody badań włóknistych wyrobów balistycznych w warunkach przyspieszonego starzenia i poszerzania wiedzy w tym zakresie zagadnienia, co niewątpliwie stanowi nowy obszar wiedzy w dziedzinie włókiennictwa. Zastosowana w tym przypadku metoda badań przyspieszonego starzenia i uzyskane wyniki badań mogą z powodzeniem stanowić wytyczne do zmian w obowiązującej normie PN-V-87000:2011 oraz innych dokumentów normatywnych stosowanych do oceny właściwości ochronnych wyrobów balistycznych z uwzględnieniem metod weryfikacji wpływu procesów starzeniowych.

Część 5

Technologie wytwarzania powłok ochronnych, stanowiących bariery termiczne, wykorzystane w projektowaniu środków ochrony indywidualnej, o właściwościach umożliwiających zastosowanie w ekstremalnych warunkach eksploatacji

Najnowsze konstrukcje ochron osobistych mimo znacznego zaawansowania technicznego w dalszym ciągu nie zabezpieczają w pełni użytkowników – funkcjonariuszy straży pożarnej, w czasie wszystkich działań taktycznych i operacyjnych, przed zagrożeniem termicznym. Większość stosowanych ochron osobistych ma charakter izolujący i nie chroni w pełni użytkownika przed promieniowaniem podczerwonym.

Uznałam więc, że jest to ważny problem badawczy, którego podjęłam się rozwiązania w obszarze ochron głowy, a wyniki otrzymanych badań opisałam w publikacji **H.7**.

Opracowanie nowych typów wyrobów ochronnych wymaga zastosowania nowych rozwiązań materiałowych. Niejednokrotnie nowe rozwiązania bazują na materiałach włókienniczych lub są konstruowane przy ich znaczącym udziale. W ramach prac badawczych prowadziłam próby nanoszenia technologią rozpylania magnetronowego powłok metalicznych i ceramicznych na materiały kompozytowe o osnowie polimerowej, którą stanowił poliamid i zbrojenie w postaci włókien węglowych oraz tworzywo sztuczne jakim jest poliwęglan. Celem podjętych i realizowanych z moim udziałem badań i następnie prac rozwojowych, w tym zakresie, było opracowanie technologii nanoszenia powłok metalowych i ceramicznych na materiały kompozytowe z włóknami węglowymi i materiały tworzywowe (poliwęglan). Szczególnie dużym wyzwaniem było naniesienie powłok ceramicznych na materiały kompozytowe z włóknami węglowymi ze względu na przewidywane problemy procesowe wynikające z mikrostruktury tego materiału i niejednorodność jego budowy.

Do scharakteryzowania właściwości transmisyjno-odbiciowych opracowanych powłok posłużono się następującymi parametrami:

- współczynnik przepuszczania światła (transmitancja świetlna),
- średni widmowy współczynnik przepuszczania podczerwieni dla zakresu długości fal od 780 nm do 1400 nm,

- średnio widmowy współczynnik przepuszczania podczerwieni dla zakresu długości fal od 780 nm do 2000 nm,
- średni widmowy współczynnik odbicia podczerwieni dla zakresu długości fal od 780 nm do 2000 nm.

W przypadku powłok metalicznych, przewidzianych do zastosowania w wizjerach hełmów strażackich, wartości współczynników przepuszczania światła oraz współczynników przepuszczania w podczerwieni dla zakresu 780-2000 nm były na poziomie odpowiadającym oznaczeniom filtrów: 4-3; 4,4: 4-2,5; 4-2; 4-1,7; 4-1,4; 4-1,2 zgodnie z normą PN-EN 171:2005. Uzyskane w opisywanej pracy wyniki wskazują jednak, iż we wszystkich przypadkach dotyczących tych powłok wystąpiło przekroczenie wartości maksymalnej średniego widmowego współczynnika przepuszczania podczerwieni dla zakresu 780 nm – 1400 nm. W przypadku oceny próbek przezroczystych pod kątem spełnienia kryterium zwiększonego odbicia podczerwieni, wynik pozytywny odnotowano dla prób poliwęglanu z naniesionymi powłokami Cr oraz Ni. Opracowane i wytworzone powłoki ceramiczne na nieprzezroczystym materiale, dla których został wyznaczony współczynnik odbicia podczerwieni w zakresie od 780 nm do 2000 nm charakteryzowały się niskim poziomem blokowania promieniowania podczerwonego (poniżej 60 %). Z tego względu powłoki te zostały zdyskwalifikowane do zastosowania w środkach ochrony indywidualnej służących do ochrony przed promieniowaniem podczerwonym. Właściwym kierunkiem dalszych badań, i to zarówno w przypadku przezroczystych, jak i nieprzezroczystych elementów konstrukcyjnych wchodzących w skład hełmu strażackiego, są badania przy wprowadzaniu powłok metalicznych. W przypadku powłok metalicznych stosowanych na wizjery badania powinny zmierzać do opracowania, przy wykorzystaniu technologii magnetronowego rozpylania, powłoki, której właściwości pozwolą na wyeliminowanie niezbędnego zakresu długości fali światła z badanego spektrum próby, tak aby współczynniki przepuszczania w zakresie podczerwieni były zgodne z wymaganiami normy PN-EN 171:2005, dla dwóch zakresów długości fali (780 nm - 1400 nm oraz 780 nm - 2000 nm). W przypadku powłok metalicznych, które mogłyby być zastosowane do modyfikacji materiałów nieprzezroczystych interesującym kierunkiem dalszych prac wydają się technologie powłok na bazie niklu, ponieważ charakteryzują się one wysokimi wartościami twardości oraz wysokim poziomem blokowania promieniowania podczerwonego. Ponadto badania SEM powłok metalowych wykazały równomierne rozmieszczenie cząstek na powierzchni podłożu oraz wypełnienie przestrzeni między cząstkami, co potwierdza prawidłowo dobrane warunki procesu technologicznego nanoszenia powłok metalicznych.

Na podstawie zrealizowanych badań można stwierdzić, że technologia magnetronowego rozpylania, w wyniku której uzyskano powłoki metaliczne na materiałach, w tym zawierających włókna węglowe, przeznaczonych do wykonania hełmów strażackich, w aspekcie ich struktury, właściwości transmisyjno-odbiciowych i parametrów wytrzymałościowych jest technologią wysoce perspektywiczną, która z pewnością powinna być dalej rozwijana, także w aspekcie modyfikacji wyrobów włókienniczych przeznaczonych do wytwarzania ochron osobistych. Stanowi ona alternatywę dla klasycznych metod opartych na technologiach naparowania próżniowego stosowanych do wytwarzania powłok ochronnych w środkach ochrony indywidualnej.

IV.4 Podsumowanie

Przedstawiony jako rozprawa habilitacyjna cykl publikacji pod wspólnym tytułem „Projektowanie technologii i walidacja wielofunkcyjnych, włóknistych układów kompozytowych przeznaczonych do aplikacji w nowoczesnych ochronach osobistych” jest związany z technologiami technicznych wyrobów włókienniczych służących bezpieczeństwu i ochronie życia.

Za najważniejsze obszary nowości naukowej i technologicznej ujęte w moich badaniach należy uznać:

- opracowanie technologii nowoczesnych rozwiązań materiałowych, konstrukcyjnych i produktowych w zakresie włóknistych wyrobów kompozytowych o zastosowaniach specjalnych i noszących charakter *dual use technologies*,
- opracowanie technologii włóknistych wyrobów balistycznych oraz środków ochrony indywidualnej,
- optymalizację procesów technologicznych związanych w wytwarzaniem nowoczesnych włóknistych wyrobów kompozytowych,
- opracowywanie wytycznych dotyczących optymalizacji struktur włóknistych uwzględniając obniżenie masy przy zapewnieniu wymaganej odporności balistycznej,
- optymalizację konstrukcji włóknistych wkładów balistycznych;
- optymalizację konstrukcji balistycznych, włóknistych wkładów hybrydowych
- opracowanie procedur badawczych przyspieszonego starzenia włóknistych wyrobów ochronnych (balistycznych, specjalnych),
- opracowanie procedur badawczych oraz narzędzi wspomagających procesy projektowe, w tym procedur umożliwiających symulowanie użytkowania i przechowywania zaawansowanych tekstylnych ochron osobistych,
- opracowanie procedur badawczych oceny skuteczności balistycznej hybrydowych materiałów ceramicznych zawierających kompozyty włókniste przed wielokrotnym ostrzałem pociskami,
- nowe, perspektywiczne techniki modyfikacji układów materiałowych w kierunkowej i kontrolowanej ich funkcjonalizacji.

V Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych

V.1 Publikacje

Publikacje poza wskazanymi w cyklu publikacji traktowanymi jako osiągnięcie naukowe:

1. Błaszczak W., **Fejdyś M.**, Łandwajt M.: Kompozytowe tarcze balistyczne, Techniczne Wyroby Włókiennicze, 2-3, 28 (2009). [MNIŚW= 2]
2. **Fejdyś M.**, Łandwajt M.: Włókna techniczne wzmacniające materiały kompozytowe, Techniczne Wyroby Włókiennicze, 1-2, 12 (2010). [MNIŚW= 2]
3. Chrusciel J., Janowska, G., **Fejdys M.**: Thermal properties of polymethylvinylborosiloxanes, Journal of Thermal Analysis And Calorimetry, 109, 2, 1049-1058 (2012) [IF 1,781, MNIŚW= 20]

Artykuły zgłoszone do publikacji

4. **Fejdyś M.**, Kośła K., Kucharska-Jastrzębek A., Łandwajt M.: Influence of ceramic properties on the ballistic performance of the hybrid ceramic - multi-layered UHMWPE

composite armour (w recenzji w International Journal of Applied Ceramic Technology). [IF=1,534, MNiSW= 25.]

5. **Fejdyś M.** Effect of ageing on the ballistic resistance of composite armour with advanced ceramics and UHMWPE (w recenzji w FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe). [IF=0,667, MNiSW= 25]

Rozdziały w monografiach poza wskazanymi w cyklu publikacji traktowanymi jako osiągnięcie naukowe:

1. Struszczyk M.H., Olejnik M., **Fejdyś M.** i in.: Wyroby włókiennicze będące na wyposażeniu służb operujących w obszarze bezpieczeństwa wewnętrznego, Monografia pod redakcją Mielicka E. i Sikorski K.: Nowoczesne technologie dla włókiennictwa. Szansa dla Polski. Tom I. Foresight. Nowoczesne Technologie dla Włókiennictwa, rozdział VIII pod redakcją Ciechańskiej D., ISBN: 978-83-939184-0-9, Łódź (2013).
2. Łandwajt M., Dzierżawska J., Fejdyś M., Stępnia W., Habaj W.: Material compositions for an application in internal wear vest, Monografia z XIIIth International conference - The Latest Trends In The Construction And Applications Of Ballistic Armour, ISBN 978-83-937309-8-8, Łódź (2014).

V.2 Wyróżnienia wynikające z prowadzonych badań naukowych i prac rozwojowych

1. Dyplom Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Przenośne laboratorium do ujawniania śladów daktyloskopijnych, E. Witczak, W. Błaszczak, A. Wnuk, **M. Fejdyś**, I. Kucińska-Król, J. Strzelczyk, P. Sykuła, Z. Bojanowski, E. Rogoża, M. K. Drzewiecka, A. Chyczewska, S. Staniszewski, P. Staniszewski, (2013).
2. Medal i Dyplom Targów EUROINVENT przyznany przez Forum Wynalazców z Rumunii, Przenośne laboratorium do ujawniania śladów daktyloskopijnych, Międzynarodowe Targi Wynalazczości „INOVA CROATIA 2014” w Osijeku, E. Witczak, W. Błaszczak, A. Wnuk, **M. Fejdyś**, I. Kucińska-Król, J. Strzelczyk, P. Sykuła, Z. Bojanowski, E. Rogoża, M. K. Drzewiecka, A. Chyczewska, S. Staniszewski, P. Staniszewski, (2014).

V.3 Działalność recenzencka

Recenzowałam artykuły naukowe dla następujących czasopism (z Lisy Filadelfijskiej):

- FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe - 1
- Textile Research Journal – 3

V.4 Udział w projektach badawczych

Projekty międzynarodowe

1. DEMINING TOOL-BOX FOR HUMANITARIAN CLEARING OF LARGE SCALE AREA FROM ANTI-PERSONAL LANDMINES AND CLUSTER MUNITIONS (Nr projektu 2747/7.PR/2013/2)

W realizacji projektu uczestniczyło 16 instytucji naukowych, przedsiębiorców oraz instytucji standaryzujących z całego obszaru UE (call: FP7-SEC-2011-1 "Comprehensive toolbox for humanitarian clearing of large civil areas from anti-personal landmines and cluster munitions").

Celem projektu było zaprojektowanie zintegrowanego i nowoczesnego systemu rozminowania. W zakres projektu wchodziły aspekty lokalizacji i mapowania min oraz niewypałów (daleki dystans), detekcji (na krótki dystans), neutralizacji w obszarach cywilnych, środków ochrony osobistej i sprzętu zaangażowanych w procedury rozminowania, rozwiązań szkoleniowych oraz edukacyjnych. Projekt D-BOX podjął palącą kwestię eliminacji min przeciwpiechotnych i amunicji kasetowej pozostałych po konfliktach zbrojnych. Zostało to osiągnięte poprzez opracowanie innowacyjnych rozwiązań, które połączono oraz zintegrowano w kompleksowy zestaw narzędzi, zapewniający użytkownikom końcowym najlepsze narzędzia, metody i procedury. Ten "inteligentny" zestaw narzędzi może być wykorzystywany podczas wszystkich czynności rozminowywania (od przygotowania misji aż po likwidację min, w tym informowanie opinii publicznej i interesariuszy). Umożliwi operatorom i użytkownikom końcowym wyszukanie najbardziej optymalnego rozwiązania w aspekcie ekonomiki, łatwości użycia do zdefiniowanego zadania na różnych etapach rozminowywania oraz dostosowania go do różnych scenariuszy i warunków.
[charakter udziału w projekcie – Wykonawca]

Projekty krajowe

2. Badania nad funkcjonalizacją materiałów balistycznych (Projekt badawczy nr N N508 629940)

Celem projektu było opracowanie metod funkcjonalizacji włókienniczych materiałów balistycznych do potencjalnego zastosowania w projektowaniu osobistych osłon balistycznych, głównie w aspekcie zwiększenia ich użyteczności oraz bezpieczeństwa. W ramach projektu przeprowadzono badania dotyczące zwiększenia funkcjonalności materiałów włókienniczych stosowanych do projektowania balistycznych ochron osobistych, w zakresie:

- znaczącego zwiększenia ich odporności na działania czynników zewnętrznych powodujących zmiany w strukturze włókien odpowiadających za obniżenie odporności balistycznej w czasie bezpośredniego użytkowania i przechowywania niezależnie od panujących warunków,
- zwiększenia odporności balistycznej przy znaczącym obniżeniu masy wkładów balistycznych.

Cele projektu osiągnięto poprzez przeprowadzenie funkcjonalizacji materiałów balistycznych (w postaci włókien lub warstw/arkuszy balistycznych) metodą plazmy niskotemperaturowej.
[charakter udziału w projekcie – Wykonawca].

3. NOWOCZESNE OCHRONY OSOBISTE SŁUŻB RATOWNICZYCH KSRG W OPARCIU O POTRZEBY UŻYTKOWNIKÓW KOŃCOWYCH (Projekt rozwojowy nr 0014/R/ID1/2011/01, TRL VIII)

Celem głównym niniejszego projektu było opracowanie technologii nowoczesnych ochron osobistych służb ratowniczych KSRG w oparciu o potrzeby użytkowników końcowych oraz zweryfikowanie ich funkcjonalności, bezpieczeństwa oraz ergonomii. Wykonano w ramach projektu 2 demonstratory ubrań strażackich: „ubrania specjalnego nowej generacji (maksymalnie ograniczonej masy”, „ubrania do działań ratowniczo-gaśniczych na przestrzeniach otwartych” - tzw. ubranie specjalne lekkie) oraz „system ubrania ćwiczebnego

(z systemem monitorowania pracy ratownika) oraz demonstratora hełmu strażackiego. Pozytywne wyniki badań użytkowych i eksploatacyjnych serii prototypowych ubrań ochronnych i hełmu, także w warunkach operacyjnych, wskazują na możliwość rozwoju tych produktów na poziom IX i ich produkcję przez zakłady przemysłowe.

[charakter udziału w projekcie – Kierownik merytoryczny zespołu ds. hełmu strażackiego]

4. NOWOCZESNA, TRUDNOPALNA I ERGONOMICZNA KAMIZELKA BALISTYCZNA SKRYTEGO NOSZENIA (Projekt rozwojowy nr O ROB 0012 02, TRL IX)

Celem projektu było opracowanie nowej konstrukcji wielofunkcyjnej kamizelki kuloodpornej skrytego noszenia przy zastosowaniu najnowszych osiągnięć w dziedzinie technologii materiałowych, umożliwiających spełnienie zakładanych wymagań w zakresie ochrony balistycznej, trudnopalności oraz ergonomii.

Potencjalnymi odbiorcami kamizelki balistycznej są służby specjalne podległe resortowi MSW (BOR – jako Główny Użytkownik oraz w dalszej kolejności Policja i Straż Graniczna) i MON oraz CBA i ABW. Pozytywne oceny kamizelek dokonane przez funkcjonariuszy Biura Ochrony Rządu w trakcie badań w warunkach laboratoryjnych i poligonowych dotyczą wyrobów o odpornościach balistycznych znacznie przewyższających obecnie stosowane rozwiązania. Wdrożenie wyników projektu, w postaci dwuwariantowej kuloodpornej kamizelki kamuflowanej, klasyfikowanej w kategorii „SPECJALNA” wg PN-V-87000:2011 podniesie znacząco poziom zabezpieczenia funkcjonariuszy wypełniających zadania specjalne na rzecz bezpieczeństwa państwa. Opracowano demonstratory technologii w postaci kamizelek balistycznych skrytego noszenia. Dwuwariantowa kamizelka skrytego noszenia będzie z uwagi na rodzaje amunicji przeciw którym została zaprojektowana może z powodzeniem być oferowana zarówno na europejskim jak i światowym rynku. Wytwarzanie zaprojektowanych kamizelek może przyczynić się do wzrostu konkurencyjności przedsiębiorstw z branży indywidualnych ośłon balistycznych je produkujących. [charakter udziału w projekcie – wykonawca]

5. WYPRACOWANIE NOWOCZESNEJ, TRUDNOPALNEJ KAMIZELKI Z KOMPOZYTÓW WŁÓKNISTYCH I POLIETYLENOWYCH Z ZASTOSOWANIEM PEŁNYCH 3D PŁYT TWARDYCH Z UWZGLĘDNIENIEM OCHRONY PRZED NOWOCZESNYMI POCISKAMI POLA WALKI (Projekt rozwojowy nr O ROB 0001 03 001, TRL IX)

Celem głównym projektu było opracowanie nowoczesnej kamizelki, odpornej na nowe typy pocisków pistoletowych i karabinowych, spełniającej rosnące wymagania stawiane balistycznym ochronom osobistym, w tym wysokiej odporności balistycznej, odporności na działanie czynników środowiskowych oraz komfortu użytkowania. W zakresie celów szczegółowych projektu założono: określenie typów i rodzajów pocisków, które musi zatrzymać projektowana kamizelka, opracowanie modułowej konstrukcji kamizelki o odpowiedniej masie i odporności balistycznej, weryfikację bezpieczeństwa i funkcjonalności opracowanego modelu, weryfikację bezpieczeństwa i funkcjonalności (w tym w ramach badań poligonowych) opracowanego prototypu. W ramach realizacji projektu zrealizowano w/w cel główny oraz cele szczegółowe projektu. Konsorcjum „Hard-Vest” opracowało na potrzeby Biura Ochrony Rządu kamizelkę kulo- i odłamkoodporną, zewnętrzną, będącą zestawem składającym się z kompatybilnych ze sobą modułów konstrukcyjnych, stanowiących zabezpieczenia balistyczne wykorzystywane w zależności od potencjalnego

zagrożenia i potrzeb użytkownika końcowego, składającym się z następujących elementów:

- 1) kamizelki bazowej, z systemem modułowym w standardzie MOLLE wraz z systemem szybkiego wypięcia (QR) oraz z podstawowym pakietem balistycznym;
- 2) uzupełniającego pakietu balistycznego, który stanowią: osłona krocza, zewnętrzne osłony ramion i bicepsów, osłona szyi i karku (kołnier);
- 3) szelek niskoprofilowych z pasem balistycznym oraz osłoną ud;
- 4) kamizelki lekkiej lub skrytego noszenia składającej się z niskoprofilowego poszycia na podstawowy pakiet balistyczny;
- 5) noszaka płyt balistycznych mieszczącego podstawowy pakiet balistyczny;
- 6) plate carrier, z systemem modułowym w standardzie MOLLE wraz z systemem szybkiego wypięcia (QR) oraz z podstawowym pakietem balistycznym;
- 7) zestawu kieszeni modułowych;
- 8) torby transportowej;
- 9) podstawowego pakietu balistycznego.

Przedmiotowa kamizelka stanowi jednolity zestaw wyposażenia, umożliwiający użytkownikowi realizację zadań w różnych warunkach bojowych. Zaprojektowany zestaw przewidziany jest do całorocznego użytkowania, zapewniając stałość parametrów ochronnych i użytkowych w zakresie temperatur od -40°C do +50°C, ponadto wykazuje odporność na niekorzystne działanie czynników atmosferycznych takich, jak: deszcz, nasłonecznienie, duża wilgotność, zapylenie, działanie potu ludzkiego. Zestaw jest komplementarny i modułowy – jego poszczególne elementy wzajemnie się uzupełniają oraz dają możliwość łączenia w dowolną konfigurację, co zostało potwierdzone podczas przeprowadzenia badań użytkowych i eksploatacyjnych, w których uczestniczyli funkcjonariusze BOR. Odporność balistyczna kamizelki pozwala na ochronę użytkownika przed więcej niż jednym strzałem (multihit), a także daje możliwość ochrony na pociski tj.: 7,62×51 mm AP, 7,62×54 mm B32, .30 M2 AP, przy jednoczesnym maksymalnym obniżeniu masy całego zestawu. [charakter udziału w projekcie – Kierownik projektu]

6. OPRACOWANIE TECHNOLOGII NAMITU DO UJAWNIEŃ ŚLADÓW PARAMI ESTRU KWASU CYJANOAKRYLOWEGO (Projekt rozwojowy nr O ROB 0020 01/ID 20/1, TRL IX)

Celem projektu było opracowanie prototypu mobilnego namiotu do ujawniania śladów linii papilarnych parami estru kwasu cyjanoakrylowego na podłożach niechłonnych (NUS) przeznaczonego do użytkowania przez służby kryminalistyczne Policji spełniającego wymagania VII poziomu gotowości technologii (TRL). Efektem etapu I projektu był technologia oraz demonstrator namiotu do ujawniania śladów daktyloskopijnych parami estru kwasu cyjanoakrylowego w postaci demonstratora technologii spełniającego wymagania VII poziomu gotowości technologii (TRL). Efektem praktycznym II etapu projektu stało się opracowanie końcowej wersji technologii mobilnego laboratorium do ujawniania śladów parami estru kwasu cyjanoakrylowego na poziomie TRL IX. W ramach działań projektowych została opracowana Dokumentacja Techniczna umożliwiająca podjęcie produkcji przemysłowej efektu końcowego projektu tj. mobilnego laboratorium do ujawniania śladów daktyloskopijnych – NUS.

[charakter udziału w projekcie – Wykonawca]

7. INDYWIDUALIZACJA KONSTRUKCJI WIELOFUNKCYJNYCH KAMIZELEK BALISTYCZNYCH SKRYTEGO NOSZENIA (Projekt rozwojowy Nr DOBR – BIO4/045/13067/2013, obecnie realizowany, TRL, VIII)

Celem głównym projektu było opracowanie nowoczesnej, ergonomicznej wielofunkcyjnej kamizelki balistycznej skrytego noszenia na bazie materiałów włóknistych, w dodatkowy sposób zabezpieczającej przed bronią białą oraz procedur doboru funkcjonalności

kamizelek w zależności od zidentyfikowanych ryzyk związanych ze specyfiką pracy funkcjonariuszy.

Cel główny projektu został spełniony poprzez:

- a. innowacyjne podejście w projektowaniu dzięki indywidualizacji produktu uzyskiwanej przy zastosowaniu bezdotykowej i obiektywnej metody pomiaru ciała funkcjonariusza z wykorzystaniem techniki typu „body scanner”;
- b. analizę zdarzeń niepożądanych w policji w zależności od obszaru działania danego poddziału policji oraz na jej podstawie zidentyfikowanie ryzyk a następnie określenie środków sterowania ryzykiem (zdefiniowanie kryteriów oraz zakresów danych funkcjonalności projektowanych kamizelek balistycznych o rozszerzanych funkcjonalnościach), celem obniżenia ryzyka wystąpienia zagrożenia niepożądanego;
- c. dobór wspomagających funkcjonalności (igłto-, nożoodporność, trudnopalność, maskowanie, lokalna udaroodporność) projektowanych kamizelek balistycznych w zależności od zidentyfikowanych ryzyk związanych z pełnioną służbą przy zastosowaniu nowoczesnych materiałów włókienniczych, niewłókienniczych oraz ich kombinacji;
- d. optymalizację układów materiałowych w zakresie kryterium obniżenia masy docelowej kamizelki balistycznej przy utrzymaniu wysokim poziomie parametrów ochronnych;
- e. opracowanie procedury ochrony danych osobowych, które zapewniają możliwość przechowywania i przetwarzania w/w danych niezbędnych do przetwarzania i przechowywania indywidualnych wymiarów funkcjonariuszy oraz ich aktualizacji.

[charakter udziału w projekcie – Wykonawca]

8. SYSTEM INFORMACYJNO-ANALITYCZNY WSPOMAGAJĄCY ZARZĄDZANIE RYZYKIEM PODCZAS PLANOWANIA I REALIZACJI DZIAŁAŃ POLICJI (Projekt rozwojowy Nr DOB-BIO7/02/01/2015, obecnie realizowany, TRL IX)

Celem projektu jest opracowanie jednorodnej bazy danych wraz z Systemem informacyjno-analitycznym wspomagającym planowanie i opracowywanie wariantów realizacji działań jednostek Policji na podstawie dostępnych danych historycznych, aktualnych danych, a także stworzenie modułowego symulatora działań rzeczywistych dla jednostek wyspecjalizowanych bojowych Policji. Wykorzystane zostaną zbiory danych zebranych i gromadzonych w bazach danych Policji oraz pozyskane z innych źródeł. Efektem pracy Systemu będzie aplikacja z mechanizmem planistyczno-decyzyjnym oraz algorytmami prognozowania dostarczająca informacje dotyczące prawdopodobieństwa powodzenia i niezbędnych nakładów związanych z możliwymi wariantami działań w konkretnej sytuacji zagrożenia bezpieczeństwa i porządku publicznego. System wskaże niezbędne siły i środki, sposób i taktykę działań oraz charakterystykę infrastruktury bezpieczeństwa wykorzystując dane historyczne i opracowane na ich podstawie algorytmy.

[charakter udziału w projekcie – Kierownik Zespołu Projektu z ramienia ITB MORATEX]

9. OPTYMALIZACJA PROCEDUR, DYSLOKACJI BAZ I DOSKONALENIE ROZWIĄZAŃ TECHNICZNYCH SPRZĘTU STOSOWANEGO PRZEZ POLSKIE SŁUŻBY RATOWNICZE W ZAKRESIE PRZECIWDZIAŁANIA ZAGROŻENIOM NATURALNYM ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM POWODZI (Projekt rozwojowy nr 0013/R/ID2/2011/01, TRL IX)

Celem głównym było dokonanie optymalizacji procedur, dyslokacji baz i doskonalenie rozwiązań technicznych sprzętu stosowanego przez polskie służby ratownicze w zakresie przeciwdziałania zagrożeniom naturalnym ze szczególnym uwzględnieniem powodzi.

Realizacja celu głównego skupiła się na opracowaniu Wyspecjalizowanego Zestawu Przeciwpowodziowego [WZP] w skład, którego zgodnie z założeniami projektowymi wchodziły amfibie i przyczepa wraz z wyposażeniem przeciwpowodziowym oraz rękawy przeciwpowodziowe.

Pośrednimi celami projektu stało się: opracowanie metod i przygotowanie szczegółowych prognoz dla terenów i obiektów wymagających szczególnej ochrony na wytypowanym terenie zalewowym, opracowanie Lokalnego Systemu Ochrony przed Powodzią dla wytypowanego obszaru zalewowego, weryfikacja procedur reagowania, alarmowania i optymalizacja dyslokacji baz sprzętowych, modyfikacja istniejących rozwiązań technicznych rękawów przeciwpowodziowych w celu usprawnienia działań i adaptacja ich do innych niż powodziowe działań ratowniczych pozwoli na opracowanie nowych procedur ratowniczych, opracowanie metod recyklingu rękawów przeciwpowodziowych po użytkowaniu w środowisku powodzi, opracowanie metod dekontaminacji sprzętu przeciwpowodziowego powstałego w projekcie, opracowanie programu szkolenia i przeszkolenie służb ratowniczych dla wybranej jednostki administracyjnej kraju w zakresie wykorzystania opracowanego rozwiązania.

Efektem końcowym realizacji projektu jest nowy, innowacyjny wyrób służący ratownikom w czasie powodzi bezpośrednio na miejscu zdarzenia w środowisku operacyjnym, w różnych warunkach pogodowych.

[charakter udziału w projekcie – Wykonawca]

10. NOWOCZESNE TECHNOLOGIE DLA WŁÓKIENICTWA. SZANSA DLA POLSKI (Projekt badawczy typu foresight nr WND-POIG.01.01.01-00-005/09)

Projekt był realizowany w ramach Działania 1. Badania i rozwój nowoczesnych technologii, Poddziałanie 1.1.1 „Projekty badawcze z wykorzystaniem metody foresight” Projekty badawcze z wykorzystaniem metody foresight (Instytut jest Partnerem Konsorcjum Naukowego).

Bezpośrednim celem projektu była identyfikacja kierunków badań naukowych i prac rozwojowych poprzez zastosowanie metody foresight w zakresie wsparcia przygotowania strategii dla Polskiej Platformy Technologicznej Przemysłu Tekstylnego.

Realizacja projektu pozwoliła na sprecyzowanie założeń do polityki innowacyjnej w obszarze technologii włókiennictwa, Obszar III - Technologie wyrobów użytkowych, technicznych, specjalnych – Wyroby przeznaczone dla służb operujących w obszarze bezpieczeństwa wewnętrznego (obszar pracy Instytutu Technologii Bezpieczeństwa MORATEX).

Dane z realizacji projektu posłużyły do przygotowania: 1) projektu programu strategicznego MSW – Security 2020; W-wa, 2015, 2) studium wykonalności oraz agendy badawczej programu sektorowego dla włókiennictwa i odzieżownictwa Innotextile, 2014 i 3) założeń Krajowej Inteligentnej Specjalizacji: Technologie, procesy i produkty wspierające bezpieczeństwo społeczeństwa, 2014.

[charakter udziału w projekcie – Wykonawca]

11. NOWOCZESNE BALISTYCZNE OCHRONY OSOBISTE ORAZ ZABEZPIECZENIA ŚRODKÓW TRANSPORTU I OBIEKTÓW STAŁYCH WYKONANE NA BAZIE KOMPOZYTÓW WŁÓKNISTYCH (Projekt kluczowy WND-POIG.01.03.01-10-005/08)

Projekt był realizowany w ramach 1. Osi priorytetowej: Badania i rozwój nowoczesnych technologii, Działanie 1.3: Wsparcie projektów B+R na rzecz przedsiębiorców realizowanych przez jednostki naukowe, Podziałanie 1.3.1. Projekty rozwojowe.

Projekt dostarczył nowe i innowacyjne rozwiązania w zakresie kompozytów włóknistych, przydatne przedsiębiorcom oraz kreowanie popytu ze strony przedsiębiorców na to rozwiązanie.

Dla zrealizowania celu projektu została opracowana termiczno-ciśnieniowa metoda łączenia warstw różnego typu balistycznych materiałów włókienniczych, w tym impregnowanych wstępnie żywicami polimerowymi (preimpregnatów), a w konsekwencji wytworzenia innowacyjnych kompozytów o różnej strukturze i kształcie. W tym zakresie badania przemysłowe oraz prace rozwojowe wspierano seriami doświadczeń obejmujących oddziaływanie ciśnienia, wysokich temperatur, czasu, itp. na założone konstrukcje kompozytów. Eksperymenty prowadzono m.in. z wykorzystaniem specjalistycznej prasy i szeregu form, które umożliwiły wytwarzanie kompozytów włóknistych, w tym hybrydowych, o wielowarstwowej i spójnej strukturze oraz ściśle określonych właściwościach balistycznych.

W toku realizacji prac wykonano modele, a następnie prototypy nowoczesnych balistycznych osłon osobistych oraz kompozycji materiałowych do opancerzania środków transportu i obiektów stałych.

[charakter udziału w projekcie – Kierownik zespołu ds. hełmów]

12. INTELIGENTNE PANCERZE PASYWNE Z ZASTOSOWANIEM CIECZY REOLOGICZNYCH ZE STRUKTURAMI NANO (Projekt rozwojowy Nr WND-POIG.01.03.01-00-060/08)

Projekt był realizowany w ramach 1. Osi priorytetowej: Badania i rozwój nowoczesnych technologii, Działanie 1.3: Wsparcie projektów B+R na rzecz przedsiębiorców realizowanych przez jednostki naukowe, Podziałanie 1.3.1. Projekty rozwojowe.

Celem projektu było opracowanie technologii pasywnych nanostrukturalnych pancerzy kompozytowych, wykorzystując inteligentne materiały, takie jak: ciecze zwiększające lepkość pod wpływem siły ścinającej, np. uderzenia pocisku (STF - *shear thickening fluids*) oraz ciecze porządkujące zawieszone w nich cząsteczki magnetyczne pod wpływem zewnętrznego pola magnetycznego (MRF - *magnetorheological fluids*). Przeznaczonych do bezpośredniej ochrony ciała człowieka, jako wkłady kamizelek ochronnych (kulo- i/lub nożoodpornych).

Efektem naukowym projektu było pozyskanie szerokiej wiedzy w obszarze cieczy reologicznych (otrzymywanie, sposób działania, zastosowanie), nanomateriałów, włókienniczych materiałów balistycznych, itp. do wytwarzania ochron balistycznych. Efektem aplikacyjnym projektu było opracowanie trzech technologii cieczy reologicznych, jako bazy do wkładów balistycznych oraz technologii wykonania podkładki antyugięciowej, jako elementu wspomagającego balistyczne osłony tułowia (stosowanego łącznie z płytą balistyczną), zmniejszającego znacząco efekt BABT (*Behind Armour Blunt Trauma*) w porównaniu z dotychczas stosowanymi rozwiązaniami.

[charakter udziału w projekcie – Wykonawca]

V.5 Zgłoszone do ochrony patenty i wzory użytkowe poza wskazanymi w cyklu publikacji traktowanymi jako osiągnięcie naukowe:

1. Fejdyś M., Kośla K., Kucharska-Jastrzębek A., Grabowska G., Błaszczuk J.: Teczka balistyczna, Zgłoszenie wzoru użytkowego RP nr W.1252233 (2016).
2. Znak towarowy Hard-Vest® - ze wskazaniem klasy 09 odnoszącej się do towarów lub usług: kamizelki ochronne, kuloodporne, odłamkoodporne, przeciwwuderzeniowe; kuloodporne osłony szyi, karku, barków, ramion, krocza; wkłady balistyczne, Z-427302 (2015).

V.6 Uczestnictwo w konferencjach naukowych

1. **Fejdyś M.**, Habaj W., Struszczyk M.H., Kucińska I., Łandwajt M., Błaszczuk W., Delczyk-Olejniczak B.: Kompozytowe ochrony balistyczne. Hybrydowy hełm kulo- i odłamkoodporny, XVIII Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna UZBROJENIE 2011, Pułtusk (2011), konferencja międzynarodowa, **referat**.
2. **Fejdyś M.**, Maklewska E., Struszczyk M.H.: Modern personal protective equipment for the services of the national firefighting and rescue system, based on the needs of end users, 10th Joint International Scientific Conference CLOTECH 2012 – Innovative materials & technologies in made-up textile articles, protective clothing and footwear, Warszawa (2012), konferencja międzynarodowa, **poster**.
3. Łandwajt M., **Fejdyś M.**, Dzierżawska J., Stępiak W., Habaj W.: Material compositions for an application in internal wear vest, The XIIIth International Conference – The latest trends in the construction and applications of ballistic armour, Łódź (2013), konferencja międzynarodowa, **referat**.
4. **Fejdyś M.**, Kośla K., Kucharska-Jastrzębek A., Olszewska K., Madej-Kietbik L., Łandwajt M., Habaj W.: Composite armour systems with advanced ceramics, The XIIIth International Conference – The latest trends in the construction and applications of ballistic armour", Łódź (2013), konferencja międzynarodowa, **referat**.
5. **Fejdyś M.**, Habaj W., Struszczyk M.H., Łandwajt M.: Ballistic helmet development using UHMWPE materials, The XIIIth International Conference – The latest trends in the construction and applications of ballistic armour, Łódź (2013), konferencja międzynarodowa, **referat**.
6. Struszczyk M.H., Grabowska G., Błaszczuk J., Zielińska D., Pawłowska A., Wałęza J., **Fejdyś M.**: Optymalizacja procedur, dyslokacji baz i doskonalenie rozwiązań technicznych sprzętu stosowanego przez polskie służby ratownicze w zakresie przeciwdziałania zagrożeniom naturalnym ze szczególnym uwzględnieniem powodzi, II Międzynarodowa Konferencja Naukowa INŻYNIERIA BEZPIECZEŃSTWA, A ZAGROŻENIA CYWILIZACYJNE – Wyzwania dla bezpieczeństwa, Częstochowa (2013), konferencja krajowa, **referat**.
7. Maklewska E., **Fejdyś M.**, Królak A., Struszczyk M.H.: Innowacyjne ochrony osobiste służb ratowniczych Krajowego Systemu Ratowniczo-Gaśniczego (KSRG), Konferencja technicznych i specjalnych wyrobów włókienniczych INNOVATEX 2013, Łódź (2013), konferencja krajowa, **referat**.
8. Maklewska E., **Fejdyś M.**, Struszczyk M.H.: Modern individual protections for the national firefighting and Rescue System Services (KSRG) on a basis of the end-users' needs, 12th European Seminar On Personal Protective Equipment (PPE), Rovaniemi (Finlandia) (2014), konferencja międzynarodowa, **referat**.

9. Kośla K., **Fejdyś M.**, Kucharska-Jastrzębek A., Łandwijt M., Habaj W.: Modern fire-retardant bullet and fragmentproof vest protective against modern projectiles of fight field, X Międzynarodowa Konferencja Uzbrojeniowa – Naukowe aspekty techniki uzbrojenia i bezpieczeństwa, Ryn (2014) – konferencja międzynarodowa, **poster**.
 10. Błaszczak J., **Fejdyś M.**, Grabowska G., Maklewska E., Struszczyk M., Zielińska D.: Indywidualizacja konstrukcji wielofunkcyjnych kamizelek balistycznych skrytego noszenia, X Międzynarodowa Konferencja Uzbrojeniowa – naukowe aspekty techniki uzbrojenia i bezpieczeństwa, Ryn (2014), konferencja międzynarodowa, **referat**.
 11. Kucharska-Jastrzębek A., **Fejdyś M.**, Kośla K.: Materiały kompozytowe wzmacniane włóknami technicznymi, VII Edycja Konferencji Wpływ Młodych Naukowców na Osiągnięcia Polskiej Nauki (nauki inżynierskie), Łódź (2014) – konferencja krajowa, **referat**.
 12. Błaszczak J., **Fejdyś M.**, Grabowska G., Maklewska E., Struszczyk M., Zielińska D.: Individualisation of multifunctional, concealed body armour design, acronym: secret, 5th International conference and exhibition on 3d body scanning technologies, Lugano (Szwajcaria) (2014), konferencja międzynarodowa, **poster**.
 13. **Fejdyś M.**: Zastosowanie grafenu w materiałach kompozytowych przeznaczonych na osłony balistyczne, Konferencja naukowa – Możliwości zastosowania kompozytów grafenowych w Siłach Zbrojnych RP C3GRAF-2015, Warszawa, (2015), konferencja krajowa, **referat**.
 14. **Fejdyś M.**, Kośla K., Kucharska-Jastrzębek A., Struszczyk M.H.: Modular system of bullet/fragment proof jackets protecting against modern battlefield bullets, XX Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna UZBROJENIE 2015, Jachranka (2015), konferencja międzynarodowa, **poster**.
 15. **Fejdyś M.**, Kośla K., Kucharska-Jastrzębek A., Struszczyk M.H.: Modułowy zestaw kamizelek kulo- i odłamkoodpornych Hard-Vest® chroniący przed nowoczesnymi pociskami pola walki, XX Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna UZBROJENIE 2015, Jachranka (2015), konferencja międzynarodowa, **referat**.
- V.1 Wykaz opracowanych dokumentacji prac badawczych (materiały niepublikowane) poza wskazanymi w cyklu publikacji traktowanymi jako osiągnięcie naukowe:
1. **Fejdyś M.**, Habaj W.: Założenia Surowcowo-Konstrukcyjne i Techniczno-Technologiczne dla partii prototypowej – Hybrydowy hełm kulo- i odłamkoodporny (2010).
 2. **Fejdyś M.**, Habaj W.: Program badań dla partii prototypowej — Hybrydowy hełm kulo- i odłamkoodporny (2010).
 3. **Fejdyś M.**, Habaj W.: Wstępne charakterystyki techniczne optymalnych wariantów dla wytworzonych modeli – Hybrydowy hełm kulo- i odłamkoodporny (2010).
 4. **Fejdyś M.**, Habaj W.: Charakterystyka techniczna prototypu wyrobu – Hybrydowy hełm kulo- i odłamkoodporny (2012).
 5. **Fejdyś M.**: Założenia surowcowe, konstrukcyjne, techniczne i technologiczne do projektowania i wykonania hełmu strażackiego– Nowoczesne ochrony osobiste służb ratowniczych KSRG w oparciu o potrzeby użytkowników końcowych FIREGUARD (2012).
 6. **Fejdyś M.**, Królak A.: Charakterystyki techniczne modeli hełmu strażackiego– Nowoczesne ochrony osobiste służb ratowniczych KSRG w oparciu o potrzeby użytkowników końcowych FIREGUARD (2012).
 7. **Fejdyś M.**, Olszewska K., Królak A.: Charakterystyki techniczne modeli powłok ochronnych o wysokiej odporności termicznej pochłaniających promieniowanie podczerwone–

Nowoczesne ochrony osobiste służb ratowniczych KSRG w oparciu o potrzeby użytkowników końcowych FIREGUARD (2013).

8. **Fejdyś M.**, Kaczmarczyk S., Miniewicz M.: Dokumentacja techniczno-technologiczna prototypu hełmu strażackiego – Nowoczesne ochrony osobiste służb ratowniczych KSRG w oparciu o potrzeby użytkowników końcowych FIREGUARD 2015", (2014).
9. **Fejdyś M.**, Habaj W.: Specyfikacja techniczna – Hybrydowy hełm kulo- i odłamkoodporny, wzór 2012 (2012).
10. **Fejdyś M.**, Habaj W.: Dokumentacja techniczno-technologiczna – Hybrydowy hełm kulo- i odłamkoodporny, wzór 2012 (2012).
11. **Fejdyś M.** : Królak A., Łandwajt M., Bartczak A., Obersztyn E., Grabowska G., Błaszczuk J.: Wstępne Założenia Taktyczno-Techniczne (WZTT) dla kamizelki kulo- i odłamkoodpornej zewnętrznej HARD-VEST® (2013).

V.2 Wykaz wdrożeń do praktyki przemysłowej technologii/produktu

Technologie kompozytowych wyrobów balistycznych, 2012:

1. Hybrydowy hełm kulo- i odłamkoodporny, wzór 2012, Certyfikat Zgodności nr Z/27/9/2012/PZ, Umowa licencyjna zawarta w dniu 21.12.2012.
2. Tarcza balistyczna, wzór 2012, wersja standardowa, wersja specjalna, Certyfikat Zgodności nr Z/27/8/2012/PZ, Umowa licencyjna zawarta w dniu 28.02.2013.
3. Kompozycje materiałowe do opancerzeń środków transportu i obiektów statych, wzór 2012, Certyfikat Zgodności nr Z/27/11/2012/PZ, Umowa licencyjna zawarta w dniu 28.02.2013.
4. Teczka balistyczna – Umowa licencyjna zawarta w celu uruchomienia produkcji przemysłowej wyrobu w dn. 28.06.2016.

V.3 Uzyskane nagrody i medale poza wskazanymi w cyklu publikacji traktowanymi jako osiągnięcie naukowe

1. Złoty medal, Przenośne laboratorium do ujawniania śladów daktyloskopijnych, Międzynarodowe Targi Wynalazczości „EUREKA 2013” w Brukseli, E. Witczak, W. Błaszczuk, A. Wnuk, **M. Fejdyś**, I. Kucińska-Król, J. Strzelczyk, P. Sykuła, Z. Bojanowski, E. Rogoża, M. K. Drzewiecka, A. Chyczewska, S. Staniszewski, P. Staniszewski.
2. Srebrny medal, Przenośne laboratorium do ujawniania śladów daktyloskopijnych, Międzynarodowe Targi Wynalazczości „CONCOURS LÉPINE 2013” w Paryżu, E. Witczak, W. Błaszczuk, A. Wnuk, **M. Fejdyś**, I. Kucińska-Król, J. Strzelczyk, P. Sykuła, Z. Bojanowski, E. Rogoża, M. K. Drzewiecka, A. Chyczewska, S. Staniszewski, P. Staniszewski.
3. Złoty medal, Przenośne laboratorium do ujawniania śladów daktyloskopijnych, Międzynarodowa Wystawa Wynalazczości „Bis 2014” w Londynie, E. Witczak, W. Błaszczuk, A. Wnuk, **M. Fejdyś**, I. Kucińska-Król, J. Strzelczyk, P. Sykuła, Z. Bojanowski, E. Rogoża, M. K. Drzewiecka, A. Chyczewska, S. Staniszewski, P. Staniszewski.
4. Złoty medal, Przenośne laboratorium do ujawniania śladów daktyloskopijnych, Międzynarodowe Targi Wynalazczości „INOVA CROATIA 2014” w Osijeku, E. Witczak, W. Błaszczuk, A. Wnuk, **M. Fejdyś**, I. Kucińska-Król, J. Strzelczyk, P. Sykuła, Z. Bojanowski, E. Rogoża, M. K. Drzewiecka, A. Chyczewska, S. Staniszewski, P. Staniszewski.
5. Nagroda Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego - za projekt pod nazwą: „Hybrydowy, lekki hełm kulo- i odłamkoodporny” Rok 2013.

V.4 Sumaryczny dorobek publikacyjny

Całkowita liczba publikacji: **20** (**14** po uzyskaniu stopnia naukowego doktora nauk technicznych)

W bazie Journal Citation Reports (JCR): **11** (**5** po uzyskaniu stopnia naukowego doktora nauk technicznych)

Ogólna liczba cytowań: **21 (baza Web of Science)**

Liczba cytowań bez autocytowań: **17 (baza Web of Science)**

Indeks Hirscha $h=4$ (**baza Web of Science**)

Sumaryczny impact factor $\Sigma IF = 6,383$ (po uzyskaniu stopnia naukowego doktora nauk technicznych)

Stan na dzień 18.10.2016

Spis publikacji jest zawarty w **Załączniku nr 7**.

V.5 Opieka nad studentami w ramach praktyk studenckich

Pełnienie obowiązków opiekuna staży i praktyk studenckich nad 8 studentami w ITB MORATEX. Jako Kierownik Zakładu Materiałów Kompozytowych, a następnie p.o. zastępcy Dyrektora ds. naukowych sprawowałam nadzór merytoryczny nad pracami badawczymi wykonywanymi przez studentów studiów dziennych Politechniki Łódzkiej w ramach praktyk. Moim głównym obowiązkiem było przygotowanie harmonogramu praktyk, który określał miejsce praktyk (jeden z czterech Zakładów Naukowych w ITB MORATEX), rodzaj i charakter prac badawczych do wykonania oraz szacunkowy czas ich trwania.

VI Przebieg pracy naukowej

VI.1 Okres przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora

Studia na Wydziale Chemicznym Politechniki Łódzkiej ukończyłam w 2003 r na kierunku inżynieria materiałowa, uzyskując tytuł magistra inżyniera. Praca magisterska, pod tytułem „Modyfikacja chemiczna, sieciowanie i badania właściwości kauczków silikonowych typu RTV”, została przygotowana pod kierunkiem dr Jerzego Chruściela.

W roku 2003 rozpoczęłam doktoranckie studia dzienne na Wydziale Chemicznym o specjalności: technologia chemiczna.

Pracę doktorską na temat: „Otrzymywanie, charakterystyka i wybrane zastosowania nowych liniowych i rozgałęzionych polimetylohydrosiloksanów oraz polimetyloborohydrosiloksanów” realizowałam w Instytucie Technologii Polimerów i Barwników na Wydziale Chemicznym pod kierunkiem prof. dr hab. Zofii Michalskiej.

Stopień doktora nauk technicznych w zakresie Technologii Chemicznej otrzymałam w roku 2009.

Cele mojej pracy doktorskiej miały charakter poznawczy, metodyczny oraz aplikacyjny. Obejmowały one:

1. Syntezę nowych rozgałęzionych statystycznych polimetylohydrosiloksanów metodą hydrolitycznej polikondensacji mieszaniny odpowiednich organicznych chlorosilanów (Me_2SiCl_2 , MeHSiCl_2 , MeSiCl_3 , HSiCl_3 , Me_3SiCl) oraz ortokrzemianu etylu $\text{Si}(\text{OEt})_4$ (TEOS).
2. Badanie mikrostruktury (topologii) łańcucha siloksanowego polimetylohydrosiloksanów zawierających potrójne i poczwórne węzły rozgałęzień.

3. Opracowanie i udoskonalenie metod syntezy hybrydowych rozgałęzionych polimetyloborohydrosiloksanów (PMBHS) i polimetylowinyloborosiloksanów (PMVBS) o strukturze statystycznej, różnej zawartości merów D^H lub D^{VI}, zawartości boru, jak również o różnym stopniu rozgałęzienia.
 4. Badanie mikrostruktury łańcucha siloksanowego polimetyloborohydrosiloksanów i polimetylowinyloborosiloksanów metodą ²⁹Si-NMR.
 5. Syntezę, wyodrębnienie i charakterystykę tris(chlorodimetylosililo)boranu B(OSiMe₂Cl)₃ - prekursora boro(chlorosiloksanowego).
 6. Zastosowanie rozgałęzionych polimetylohydrosiloksanów (PMHS) oraz polimetyloborohydrosiloksanów (PMBHS) do sieciowania elastomerów silikonowych w obecności katalizatora cynoorganicznego oraz badania niektórych właściwości mechanicznych kauczuków silikonowych typu RTV.
 7. Opracowanie metody syntezy telechelicznych karbofunkcyjnych polisiloksanów, zawierających terminalne grupy hydroksylowe w trzech etapach:
 - a) reakcji polidimetylosiloksano- α,ω -diolu z chlorodimetylosilanem HMe₂SiCl;
 - b) addycji użytego w nadmiarze alliloksytrimetylosilanu (ATMS) do otrzymanego α,ω -(dihydro)polidimetylosiloksanu w obecności katalizatora Karstedt'a;
 - c) hydrolizy α,ω -bis(trimetylosiloksypropylo)polidimetylosiloksanu w środowisku rozcieńczonego kwasu solnego.
 8. Zbadanie możliwości wykorzystania otrzymanych karbofunkcyjnych polisiloksanów w procesach wytwarzania pianek poliuretanowo-silikonowych i opracowanie metody otrzymywania modyfikowanych silikonami elastycznych pianek poliuretanowych.
- Od dnia 1 sierpnia 2007 r. jestem zatrudniona w Instytucie Technologii Bezpieczeństwa MORATEX w Łodzi. Przebieg pracy naukowej w Instytucie MORATEX zawarłam w punkcie III.

