

**Autoreferat zawierający opis dorobku
i osiągnięć w działalności naukowo-badawczej,
dydaktycznej i organizacyjnej**

**dr inż. Jadwiga Sójka-Ledakowicz,
prof. nadzw. IW**

Łódź, 19.11.2014

SPIS TREŚCI

1	PRZEBIEG PRACY ZAWODOWEJ	3
2	CHARAKTERYSTYKA DZIAŁALNOŚCI NAUKOWO-BADAWCZEJ	5
2.1	Działalność naukowo-badawcza przed uzyskaniem stopnia doktora	5
2.2	Działalność naukowo-badawcza po uzyskaniu stopnia doktora	6
2.3	Charakterystyka osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę wniosku habilitacyjnego	12
2.3.1	Modyfikacja powierzchni wyrobów z włókien celulozowych enzymami celulolitycznymi	13
2.3.2	Zastosowanie kompleksu enzymów celulolitycznych i pektynolitycznych lub lakazy w procesie obróbki wstępnej wyrobów z włókien bawełny i lnu	15
2.3.3	Funkcjonalizacja materiałów włókienniczych	21
2.3.4	Cykl publikacji do rozprawy habilitacyjnej	28
2.4	Sumaryczny dorobek publikacyjny, wynalazczy i wdrożeniowy	30
2.5	Udział w projektach badawczych, krajowych i międzynarodowych	32
2.6	Nagrody i wyróżnienia za działalność naukową	33
3	WSPÓŁPRACA MIĘDZYNARODOWA, UDZIAŁ W SIECIACH	35
4	DZIAŁALNOŚĆ DYDAKTYCZNA, EKSPERCKA, POPULARYZUJĄCA NAUKĘ I ORGANIZACYJNA	36

1. PRZEBIEG PRACY ZAWODOWEJ

W 1973 r. ukończyłam studia na Wydziale Chemicznym Politechniki Łódzkiej, uzyskując tytuł mgr inż. chemika ze specjalnością lekka synteza organiczna – technologia barwników.

Pracę zawodową rozpoczęłam 15.11.1973 r. w Instytucie Włókiennictwa (IW) w Łodzi jako stażysta w Zakładzie Chemicznej Obróbki Włókien w Pracowni Barwiarskiej. W latach 1974-1978 byłam pracownikiem naukowym Instytutu Włókiennictwa na stanowisku asystenta i starszego asystenta. Pod koniec 1979 r. otworzyłam przewód doktorski. Po obronie pracy doktorskiej pt. *„Wpływ inicjacji chemicznej i termicznej na szczepienie kwasu akrylowego i akryloamidu na wyrobach włókienniczych z politereftalanu etylenowego”*, której promotorem był doc. dr inż. Marian Okoniewski, w 1984 r. uzyskałam stopień naukowy doktora nauk technicznych i rozpoczęłam pracę na stanowisku adiunkta biorąc czynny udział w kierowaniu i realizacji wielu projektów badawczych i prac rozwojowych. Moje duże zaangażowanie i samodzielność w organizacji pracy zespołów badawczych zaowocowało powierzeniem mi następujących funkcji: w latach 1987-1993 Kierownika Zespołu Badawczego ds. Chemicznych Środków Pomocniczych¹, od 1.10.1993 r. do 2007 r. Kierownika Zakładu Chemicznej Obróbki Włókien a następnie Kierownika Laboratorium Ekologicznych i Chemicznych Badań Wyrobów i Procesów Wykończalniczych akredytowanego przez PCA (certyfikat nr AB 367), od 2008 r. - do 30.09.2011r. Kierownika Zakładu Naukowego Chemii Włókienniczej i Modyfikacji Wyrobów.

W lipcu 2001 r. powierzono mi pełnienie obowiązków Zastępcy Dyrektora ds. Naukowo-Badawczych Instytutu Włókiennictwa. W 2002 r. po pozytywnym zaopiniowaniu mojej kandydatury przez Radę Naukową IW, zostałam powołana na stanowisko Zastępcy Dyrektora ds. naukowo-badawczych IW, funkcję tą pełniłam do 9.09.2011 r. Do moich obowiązków i zadań należało m.in. opracowywanie i ustalanie rocznych i perspektywicznych planów działalności naukowo-badawczej IW, sprawowanie nadzoru merytorycznego oraz nad terminową realizacją zadań wykonywanych przez zespoły w Zakładach Naukowych i Laboratoriach Badawczych IW. Praca na stanowisku Zastępcy Dyrektora ds. Naukowych wymagała dużych

¹ W 1992 roku zmienił nazwę na Zespół Ekologicznej Oceny Procesów Wykończalniczych.

umiejętności w zakresie zarządzania zespołami badawczymi, zarówno w Zakładach Naukowych jak i akredytowanych przez PCA Laboratoriach Badawczych. Jako Zastępca Dyrektora IW ds. Naukowo-badawczych kreowałam nowe kierunki interdyscyplinarnych badań, pozyskując dofinansowanie na ich realizację w ramach funduszy krajowych, UE oraz Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

Zgodnie z Ustawą o Instytutach Badawczych z dnia 30.04.2010 r. po dokonaniu przez powołanych, przez Radę Naukową IW, recenzentów oceny mojego dorobku naukowego i organizacyjnego Rada Naukowa IW rekomendowała objęcie przeze mnie stanowiska profesora nadzwyczajnego z dniem 01.04.2011 r.

W wyniku procedury konkursowej decyzją Ministra Gospodarki z dniem 11.09.2011 zostałam powołana na stanowisko Dyrektora Instytutu Włókiennictwa na okres 4 lat; funkcję tę pełnię do chwili obecnej.

W czasie swojej pracy zdobywałam doświadczenia naukowe w kraju i za granicą. Odbylałam staże naukowe w następujących ośrodkach badawczych:

- RFN, Institut für Textil und Verfahrenstechnik, Denkendorf (Abwassertechnik Gruppe), staż naukowy w ramach stypendium DAAD (1993)
- Japonia, Sumitomo Chemical Co. Osaka, szkolenie naukowo-techniczne (1994)
- RFN, BASF Ludwigshafen, szkolenie naukowo-techniczne (1997)

Do najważniejszych moich osiągnięć zawodowych w trakcie pracy w IW należą m.in. :

- wieloletnia działalność naukowo-badawcza udokumentowana dorobkiem naukowym i wdrożeniowym w zakresie chemii włókienniczej, technologii barwienia oraz chemicznej obróbki wyrobów włókienniczych, inżynierii środowiska – oczyszczania ścieków po procesach barwiarских i wykończalniczych, modyfikacji wyrobów włókienniczych,
- kierowanie dużymi projektami badawczymi i rozwojowymi realizowanymi przez interdyscyplinarne konsorcja naukowe i naukowo-przemysłowe krajowe i międzynarodowe, w tym w ramach programów UE i POIG [zał. 1],
- organizacja i kierowanie sieciami naukowymi krajowymi i międzynarodowymi – w latach 2002 – 2008 kierowałam merytorycznie i organizacyjnie pracami Sieci Naukowej Tekstyli i Zdrowie, która została założona z inicjatywy IW w 2001 r. W latach 2005 – 2008 byłam koordynatorem Międzynarodowej Sieci TEXMEDECO,

która skupiała 21 jednostek badawczych z Europy. Działalność Sieci zmierzała do integracji środowiska naukowego w obszarze nauk medycznych, chemicznych, biologicznych i fizycznych oraz technologii włókienniczych,

- doświadczenie w pozyskiwaniu funduszy na badania w ramach konkursów krajowych organizowanych przez KBN, MNiSW, NCN i NCBiR [zał. 1],
- wdrażanie opracowanych technologii do praktyki przemysłowej,
- kierowanie pracami Laboratorium Badawczego posiadającego Certyfikat Akredytacji PCA,
- udział w pracach Rady Naukowej IW, w której pełniłam funkcję Zastępcy Przewodniczącego oraz brałam udział w pracach komisji: Merytorycznej i Kadrowej,
- udział w pracach organizacji naukowych i naukowo-technicznych w kraju i za granicą a także w Radach Programowych i Komitetach Naukowych krajowych i międzynarodowych konferencji naukowo-technicznych.

2. CHARAKTERYSTYKA DZIAŁALNOŚCI NAUKOWO-BADAWCZEJ

2.1. Działalność naukowo-badawcza przed uzyskaniem stopnia doktora

W trakcie mojej działalności naukowo-badawczej w latach 1974 - 1982, przed uzyskaniem stopnia doktora n.t. brałam udział w realizacji prac badawczych obejmujących zagadnienia związane z elektrostatycznym drukowaniem wyrobów włókienniczych oraz drukiem sublimacyjnym. Jestem współautorem opracowania problemu dotyczącego otrzymywania efektów punktowych na wyrobach włókienniczych sposobem drukarskim. Efektem tych badań są dwa uzyskane patenty: PT 97016 i PT 97763, których jestem współtwórcą. Kolejno realizowałam badania związane z modyfikacją właściwości wyrobów włókienniczych metodą kopolimeryzacji szczepionej, a w szczególności modyfikacją na drodze rodnikowej kopolimeryzacji szczepionej inicjowanej chemicznie. Wyniki tych badań są przedmiotem dwóch publikacji w Przeglądzie Włókienniczym nr 5/76 i w Techniku Włókienniczym nr 5/76 oraz sześciu udzielonych patentów: 102 304, 110128, 110244, PT 112021, PT 111985, 122704 [zał 6, p.1]. Wyniki badań właściwości fizyko-chemicznych i wybarwialności wyrobów z włókien poliestrowych



modyfikowanych drogą szczepienia kwasu akrylowego zostały opublikowane w *Textilveredlung* 17 (1), 27-32, 1982. Badania dotyczące wpływu inicjacji termicznej oraz nadtleniem benzoilu na szczepienie kwasu akrylowego i akryloamidu na wyrobach z politereftalanu etylenu kontynuowałam w ramach pracy doktorskiej, którą obroniłam w 1984 roku.

2.2 . Działalność naukowo-badawcza po uzyskaniu stopnia doktora

Obszarami moich zainteresowań naukowo-badawczych są chemia włókiennicza, technologie polimerowe, technologie i procesy z zakresu włókienniczego wykończalnictwa, inżynieria środowiska związana z procesami oczyszczania ścieków włókienniczych, zastosowanie procesów biotechnologicznych w technologiach włókienniczych, funkcjonalizacja materiałów włókienniczych z wykorzystaniem nanotechnologii.

Głównym nurtem moich naukowych zainteresowań, po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych, były badania zmierzające do zmniejszenia zagrożenia dla środowiska naturalnego jakie stwarzają technologie barwienia oraz chemicznej obróbki wyrobów włókienniczych.

Skupienie uwagi Zespołu badawczego, którym kierowałam, na problematyce wodo- i energochłonności procesów wykończalniczych, sprawiło, że w ramach projektu badawczego, którego byłam pomysłodawcą i kierownikiem (I Konkurs KBN - tytuł: *Zmniejszenie zużycia wody i energii w procesach wykończalniczych przez zastosowanie aerodynamicznych metod odwadniania wyrobów włókienniczych* KBN nr 701499101 ; realizacja w latach 1991 - 1994), opracowałam przy udziale zespołu realizatorów skuteczną, efektywną ekonomicznie metodę odwadniania płaskich wyrobów włókienniczych, w której czynnikiem usuwającym wilgoć z wyrobów jest strumień powietrza o odpowiednio dużej energii kinetycznej.

Zastosowanie w praktyce przemysłowej (w 7 zakładach przemysłu włókienniczego) opracowanej pod moim merytorycznym kierownictwem innowacyjnej metody odwadniania wyrobów włókienniczych umożliwiło bardzo istotne zmniejszenie zużycia wody i energii w operacjach wykończalniczych oraz podczas suszenia wyrobów. Wyniki badań uzyskane podczas realizacji w/w projektu zostały opublikowane w krajowych i zagranicznych czasopismach [zał. 2: 1b: pozycje 4-6, 8-

10, 27, 30; 1c: pozycja 1]. Były również prezentowane przeze mnie na międzynarodowych konferencjach w formie referatów, komunikatów i posterów.

Opracowana metoda odwadniania wyrobów włókienniczych jest przedmiotem wynalazku „*Sposób chemicznej obróbki płaskich wyrobów włókienniczych i urządzenie do chemicznej obróbki płaskich wyrobów włókienniczych*” (udzielony patent P 176224 [zał. 6: p1. pozycja 10], którego jestem współtwórcą.

Ścieki z przemysłu włókienniczego cechują się dużą uciążliwością i toksycznością dla środowiska naturalnego. Charakterystyczne dla nich są takie parametry jak: intensywne zabarwienie, wysoka zawartość substancji chemicznych, słaba biodegradowalność i wysoka toksyczność w stosunku do organizmów żyjących w wodzie. Duży wkład w rozwiązywanie problemów oczyszczania ścieków przemysłu włókienniczego przy wykorzystaniu m.in. technik filtracji membranowej i procesów biologicznych, zaawansowanego utleniania a także powtórnego ich wykorzystania, jako wody technologicznej, mają badania wykonane przez zespół badawczy pod moim kierunkiem a także według mojej merytorycznej koncepcji i z moim udziałem jako głównego wykonawcy w ramach dwóch projektów badawczych zamawianych w latach 1999 – 2003 („*Określenie najlepszych technik i technologii w gałęzi przemysłu lekkiego*”, „*Najniższe możliwe do osiągnięcia poziomy emisyjne dla przemysłu włókienniczego*”) , projektu badawczego („*Integracja procesów membranowych i biologicznych w oczyszczaniu ścieków włókienniczych*”- 3 T09D 030 29), rozwojowego („*Opracowanie kompleksowej technologii ścieków przemysłowych i zamknięcia ich w obiegu wody technologicznej dla zakładów włókienniczych*” – 0604/R/T02/2009/06) i celowego („*Technologia odzysku wody i ciepła ze ścieków wykończalniczych*” – 6 T08 2004 C/06407) realizowanych w latach 2007 – 2012. Zakres prac w ramach wyżej wymienionych projektów obejmował badania nad możliwością zastosowania nowoczesnych rozwiązań z zakresu inżynierii środowiska dotyczących oczyszczania ścieków oraz opracowanie technologii powtórnego ich wykorzystania w procesach obróbki mokrej wyrobów włókienniczych. Moje prace badawcze w ramach tych projektów ukierunkowane były na integrację procesów membranowych (nanofiltracji i/ lub osmozy odwróconej) z innymi metodami fizyko-chemicznymi lub biologicznymi w oczyszczaniu ścieków włókienniczych. Nadrzędnym celem tych badań było opracowanie efektywnej, skutecznej technologii ponownego wykorzystania odzyskanej wody w różnych etapach barwienia i wykończania wyrobów włókienniczych. Uzyskane wyniki badań



zostały opublikowane w recenzowanych czasopismach krajowych i zagranicznych, w tym w czasopismach z listy JCR [zał. 2: 1a: pozycje 13, 19, 21-23, 28, 31, 34, 35, 37]; były również prezentowane przeze mnie na konferencjach krajowych i zagranicznych [zał.2, punkt 2].

W latach 1992-2001 byłam koordynatorem ze strony polskiej projektu pt. *„Technology Transfer Program to Reduce Water Consumption and Environmental Problems within the Textile Industry in Poland”* (PROGRAM POLTEX). Program ten realizowany w ramach umowy rządowej polsko-duńskiej - Konwencji Helsińskiej, a finansowany przez Duńską Agencję Ochrony Środowiska (DEPA) miał na celu zmniejszenie uciążliwości polskiego przemysłu włókienniczego dla środowiska naturalnego. W PROGRAMIE POLTEX uczestniczyło 25 zakładów włókienniczych z całej Polski. Strategia programu polegała na rozwiązywaniu problemów środowiskowych „u źródła” i wprowadzeniu idei czystszych technologii do polskiego przemysłu włókienniczego. Wynikiem tego programu było opracowanie trzech projektów demonstracyjnych dla wytypowanych zakładów przemysłu włókienniczego, których byłam koordynatorem i głównym wykonawcą ze strony polskiej. Projekty te realizowane były w ramach umów rządowych. Były to:

1. *„Extended counter current operation in continuous processes”* (Zastosowanie techniki przeciwprądu w ciągłych procesach wykończalniczych) – okres realizacji 1995-1997;
2. *„Implementation of cleaner technology and water reuse”* (Zastosowanie czystszej technologii barwienia i ponownego użycia wody w farbiarni bawełny) – okres realizacji 1995-1998;
3. *„Savings and substitutions of environmentally hazardous chemicals”* (POLSUBTEX), (Oszczędności i wymiana środków chemicznych szkodliwych dla środowiska naturalnego) – okres realizacji 1998-2001

Wyniki badań uzyskane podczas realizacji w/w projektów międzynarodowych są przedmiotem wielu publikacji, w tym w czasopismach wyróżnionych w JCR (przykładowo jedna z pierwszych publikacji: *Sójka-Ledakowicz J., Koprowski T., Machnowski W., Knudsen H.H.: „Membrane filtration of textile dyehouse wastewater for technological water reuse”, Desalination vol. 119, p.1 (1998)* jest cytowana 66 razy [zał. 2 -1a:pozycja 4].



Podsumowaniem wyników osiągniętych w tych projektach jest monografia „*Cleaner Technology Transfer to Polish Textile Industry*” Ministry of Environment and Energy, Denmark (ISBN: 87-7909-265-9 ;1999), której jestem współautorem [zał.2 – 1d, pozycja 1].

Wyniki tych prac są przedmiotem licznych publikacji w czasopismach wyróżnionych w JCR [zał. 2, 1a: pozycje 3, 4, 1b: pozycja 17, 19, 21, 24, 29, 32, 35] oraz monografii i rozdziałów w monografiach [zał.2, 1d: pozycja 1, 2 i 4].

W ramach projektu celowego „*Technologia odzysku wody i ciepła ze ścieków wykończalniczych*” pod moim merytorycznym kierownictwem i z udziałem w pracach badawczych została opracowana, sprawdzona i wdrożona do praktyki przemysłowej w/w technologia. Wdrożone w ZPJ DOLWIS S.A. w Leśnej rozwiązanie technologiczne pozwoliło na zmniejszenie poboru wody ze środowiska o 50% oraz zaoszczędzenie zużycia energii cieplnej ok. 9 MJ/rok. Zespół autorów technologii otrzymał Nagrodę Gospodarczą Wojewody Łódzkiego w 2009 roku.

W latach 2010-2013 z mojej inicjatywy oraz z moim merytorycznym udziałem zostały podjęte badania z zakresu procesów ograniczających zużycie wody w produkcji wyrobów z włókien celulozowych – prace realizowane były w ramach projektu badawczego rozwojowego „*Opracowanie bezściekowej i niskotemperaturowej technologii bielenia z jednoczesną dezynfekcją włókien celulozowych*” – 0925/R/T02/2010/010, w którym byłam głównym wykonawcą. Mechanizm bielenia i dekontaminacji materiałów włókienniczych z użyciem nadtlenu wodoru nie jest procesem opisanym w naukowych publikacjach w stopniu pozwalającym na opracowanie parametrów i warunków procesowych. Nieliczne publikacje dotyczą wyłącznie bielenia w fazie ciekłej. Z tego względu w pierwszym etapie badań podjęłam się doświadczalnego określenia i przeanalizowania równowagi gaz-ciało stałe (włókno) dla nadtlenu wodoru, pary wodnej oraz tlenu znajdujących się w modelowej komorze waporyzacyjnej. Uzyskane wyniki badań zostały wykorzystane do ustalenia optymalnych parametrów procesu bielenia wyrobów z włókien celulozowych z jednoczesną dezynfekcją nadtlakiem wodoru w fazie gazowej pod kątem uzyskania najwyższych wartości stopnia bieli i przy najmniejszej redukcji stopnia polimeryzacji celulozy. Nowoopracowana technologia bielenia z jednoczesną dezynfekcją z użyciem nadtlenu wodoru w fazie gazowej stanowi alternatywę dla konwencjonalnego wodo-i energochłonnego procesu bielenia wyrobów celulozowych przy użyciu wodnego roztworu nadtlenu wodoru. Opracowana technologia jest

przedmiotem zgłoszenia patentowego P 404930, którego jestem współtwórcą. Ponadto została ona nagrodzona dwoma złotymi medalami z wyróżnieniem na Międzynarodowych Targach Wynalazczości *IWIS 2013* w Warszawie i w Brukseli – *Brussels Innova 2013*.

W latach 1996 – 2007 moje naukowe zainteresowania koncentrowały się także na badaniach zastosowania procesów biotechnologicznych w technologiach włókienniczych. Był to nowy kierunek, który rozwijałam w Instytucie Włókiennictwa. Procesy biotechnologiczne wchodzą szerokim frontem do różnych dziedzin życia gospodarczego. Ma to miejsce tam, gdzie działalność człowieka w sposób niekorzystny wpływa na środowisko naturalne. Z tego względu podjęte przeze mnie badania w zakresie zastosowania procesów biotechnologicznych w technologiach włókienniczych były w pełni uzasadnione.

Prace badawcze o charakterze poznawczym i aplikacyjnym w tym obszarze realizowałam w ramach dwóch projektów badawczych własnych (*„Modyfikacja powierzchni wyrobów z włókien celulozowych z zastosowaniem enzymów”* Nr 3T09B11012 w latach 1997-1999 oraz *„Zintegrowany proces obróbki wstępnej wyrobów z włókien celulozowych z wykorzystaniem enzymów pektynolitycznych i celuloitycznych”* Nr 7T08E01920, w latach 2001-2003), których byłam kierownikiem oraz jednego projektu badawczego zamawianego (*„Technologia otrzymywania preparatu wielo-enzymowego z *Aspergillus niger* IBT90 przydatnego w procesach obróbki wyrobów włókienniczych”* Nr PBZ-MIN-007/P04/03, w latach 2003-2007), którego koordynatorem był Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności PŁ, a ja kierowałam badaniami realizowanymi przez IW biorąc udział w badaniach poznawczych i aplikacyjnych jako główny wykonawca.

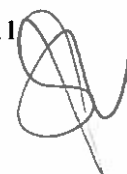
Tradycyjne oczyszczanie włókien naturalnych, czyli usuwanie substancji niecelulozowych, wykonuje się w przemyśle włókienniczym podczas obróbki w stężonych roztworach wodorotlenku sodu w wysokiej temperaturze (ang. *alkali scouring*). Niepożądanymi skutkami alkalicznej obróbki jest częściowa degradacja włókna celulozowego, wytrącanie się trudno rozpuszczalnych osadów, a także duża uciążliwość dla środowiska naturalnego. Zastosowanie biokatalizatorów do oczyszczania włókien celulozowych jest najlepszą alternatywą dla silnie alkalicznych metod chemicznych. Skuteczny preparat enzymatyczny powinien stanowić wielo-enzymowy kompleks złożony z enzymów pektynolitycznych, hemicelulaz i enzymów celuloitycznych. Prace doświadczalne, które wykonałam wraz z zespołem były tak



ukierunkowane aby poprzez analizę mechanizmu działania enzymów, określenie kinetyki hydrolizy składników włókien celulozowych można było ustalić optymalne parametry zintegrowanego procesu bio-obróbki tkanin z włókien lnu i bawełny. Rezultatami badań wykonanych w ramach w/w projektów badawczych było opracowanie technologii biosyntezy wielo-enzymowego preparatu z *Aspergillus niger* IBT-90, oraz jego aplikacji w technologiach oczyszczania i uszlachetniania wyrobów z naturalnych włókien celulozowych, sprawdzonej w warunkach przemysłowych. Wyniki badań zostały opublikowane w recenzowanych czasopismach [zał. 2, 1a: pozycje 5, 6, 8, 12, 14, 15; 1b: pozycje 20, 22, 23, 25, 31; 1d: pozycja 3] oraz w materiałach konferencji międzynarodowych i krajowych. Badania procesu modyfikacji enzymatycznej wyrobów z włókien celulozowych zostały opisane w cyklu publikacji stanowiących podstawę mojej rozprawy habilitacyjnej (rozdz. 2.3).

Intensywny rozwój nanotechnologii powiązany z wytwarzaniem mikro-i nano-struktur stwarza możliwości otrzymywania nowoczesnych wyrobów funkcjonalnych. Tego rodzaju materiały na bazie nośników włókienniczych mogą mieć szerokie, w tym specjalistyczne zastosowania, dzięki nadanym im nowym właściwościom. W związku z tym w 2006 roku rozpoczęłam badania w zakresie modyfikacji wyrobów włókienniczych poprzez wprowadzenie na powierzchnię włókien funkcjonalnych nano-cząstek. Badania w tym obszarze realizowałam w ramach projektu badawczego własnego p.t. „Funkcjonalizacja materiałów włókienniczych nanocząstkami tlenków metali” Nr 3T08A045000, w latach 2006-2009 i projektu badawczego specjalnego „Opracowanie nanostrukturalnych kompozytów włókienniczych o właściwościach barierowych i katalitycznych” EUREKA E! 3776 „NANOTEX”, w których byłam kierownikiem.

Badania te miały zarówno charakter poznawczy, jak i aplikacyjny. Dokonana analiza literatury naukowej wykazała, że intensywny rozwój wytwarzania mikro- i nano-struktur stwarza możliwość wytwarzania nowoczesnych, wielofunkcyjnych materiałów na bazie nośników włókienniczych. Pierwszy etap badań ukierunkowany był na wytypowanie i opracowanie nanocząstek modyfikatorów na bazie tlenków metali do wykończeń funkcjonalnych. W badaniach wykorzystałam biel tytanową Tytanpol® A11, będąca pigmentem o odmianie anatazowej oraz preparaty powstałe w wyniku modyfikacji powierzchniowej tej bieli wybranymi organicznymi związkami silanowymi. W kolejnym etapie moich badań skoncentrowałam się na opracowaniu efektywnego sposobu inkorporacji modyfikatorów w strukturę nośników



włókienniczych. Modyfikowane w ten sposób wyroby włókiennicze uzyskały właściwości barierowe wobec promieniowania UV, a poza tym dobre właściwości foto-katalityczne i hamujące rozwój drobnoustrojów. Badania wykonane przeze mnie są przedmiotem publikacji wchodzących w zakres osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę wniosku habilitacyjnego (rozdz. 2.3).

W latach 2007-2014 prace badawcze w zakresie funkcjonalizacji materiałów włókienniczych kontynuowałam w ramach projektu kluczowego POIG 01.03.01-00-006/08 „Barierowe materiały nowej generacji chroniące człowieka przed szkodliwym działaniem środowiska” ENVIROTEX współfinansowanego z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego UE. Projekt ten o sumarycznej wartości 16,5 mln PLN realizowany był przez Konsorcjum Naukowe, którego Liderem był Instytut Włókiennictwa, a ja byłam kierownikiem projektu. Moje badania koncentrowały się na opracowaniu technologii nowej generacji włókienniczych materiałów barierowych chroniących przed szkodliwym oddziaływaniem pola elektromagnetycznego (PEM) i promieniowania ultrafioletowego (UV). Dotychczas uzyskane wyniki badań zostały opublikowane w czasopismach wyróżnionych w JCR [zał.2, 1a: pozycje 24, 26, 27, 29, 30, 32, 38; 1b: pozycje 40, 42, 43; 1d: pozycje 5, 6]. Nowe rozwiązania w zakresie nadawania wyrobom włókienniczym właściwości barierowych przed promieniowaniem UV oraz bioaktywnych, polegające na wprowadzeniu w strukturę wyrobów nano-modyfikatorów lub absorberów organicznych są przedmiotem patentów i zgłoszeń patentowych, których jestem współtwórcą [zał. 6, 1: pozycje 12, 13, 14; 2 pozycje 2, 3]. Problematyka ta została szerzej omówiona w rozdziale 2.3 gdyż jest przedmiotem cyklu publikacji stanowiących podstawę wniosku habilitacyjnego.

2.3 Charakterystyka osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę wniosku habilitacyjnego

Moim osiągnięciem stanowiącym podstawę wniosku habilitacyjnego określonym w art. 16. ust.2 ustawy z dnia 18 marca 2011 r. o zmianie ustawy *Prawo o szkolnictwie wyższym, ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki* oraz o zmianie niektórych innych ustaw (Dz. U. nr 84 poz. 455) jest jedno-tematyczny cykl publikacji na temat: **Modyfikacja i funkcjonalizacja materiałów włókienniczych przy wykorzystaniu procesów bio- i nano-technologicznych**, obejmujący 15 publikacji, 1 udzielony patent, oraz

1 zgłoszenie patentowe międzynarodowe (PCT). Badania, których wyniki są przedmiotem wskazanych publikacji i patentów były przeze mnie wykonane w zespołach interdyscyplinarnych, przy czym ja pełniłam wiodącą rolę koncepcyjną, merytoryczną oraz bezpośrednio uczestniczyłam w badaniach. Nadrzędnym celem podjętych przeze mnie badań, w pierwszym etapie – poznawczych a następnie – aplikacyjnych, była poprawa właściwości użytkowych i estetycznych wyrobów włókienniczych lub nadawanie wyrobom włókienniczym zupełnie nowych cech, funkcji istotnie poszerzających obecne ich obszary zastosowań. Wytypowany cykl publikacji obejmuje tematykę badawczą w zakresie:

- 1. modyfikacji powierzchni wyrobów z włókien celulozowych z zastosowaniem kompleksu enzymów celulolitycznych,**
- 2. zastosowanie kompleksu enzymów celulolitycznych i pektynolitycznych lub lakazy w zintegrowanym procesie obróbki wstępnej wyrobów z włókien bawełny i lnu,**
- 3. funkcjonalizacji materiałów włókienniczych poprzez nanoszenie i trwałe wiązanie z ich powierzchnią funkcjonalnych nanocząstek lub nanopowłok**

2.3.1 Modyfikacja powierzchni wyrobów z włókien celulozowych enzymami celulolitycznymi (Publikacje 1, 2, 3)

Interesującym sposobem poprawy właściwości użytkowych i estetycznych wyrobów włókienniczych jest modyfikacja ich powierzchni za pomocą enzymów. W procesie tym zwanym biopolerowaniem - ang. *biopolishing* szczególne zastosowanie znalazły enzymy celulolityczne z klasy hydrolaz, katalizujące hydrolityczny rozkład wiązań 1,4- β glikozydowych łańcucha celulozy. Biopolerowanie jest coraz częściej stosowaną metodą uszlachetniania wyrobów z włókien celulozowych pozwalającą uzyskać ich atrakcyjny wygląd - efekt skórki brzoskwini oraz zmniejszoną skłonność do pilingu. Pierwsze prace nad zastosowaniem enzymów w uszlachetnianiu wyrobów zwanym „biopolerowaniem” podejmowano dla wyrobów z włókien bawełny. Przedmiotem wykonanych przeze mnie badań wykonanych (w ramach projektu badawczego własnego Nr 3 TO9B 11012 pt. „Modyfikacja powierzchni wyrobów

z włókien celulozowych z zastosowaniem enzymów”) było zastosowanie obróbki enzymatycznej dla wyrobów z włókien wiskozowych, w tym typu lyocell, oraz Inu.

W badaniach zastosowałam kompleks enzymów celulolitycznych otrzymany z hodowli szczepu grzyba nitkowanego *Aspergillus niger* IBT-90 w Instytucie Biochemii Technicznej Politechniki Łódzkiej. W skład kompleksu wchodziły następujące enzymy celulolityczne:- endo 1,4- β -glukanaza, β -glukozydaza, -egzo-celobiohydrolaza, FPA, - endo-1,4- β -ksylanaza. Aby poznać mechanizm działania poszczególnych enzymów z kompleksu celulolitycznego na włókna celulozowe należało w pierwszym etapie przeprowadzić kompleksową analizę udziału poszczególnych enzymów tworzących kompleks celulolityczny w biomodyfikacji włókien celulozowych oraz skutków tego procesu w odniesieniu do poszczególnych wyrobów włókienniczych. Analiza taka była przedmiotem podjętych przeze mnie badań przy współpracy ze specjalistami z Instytutu Biochemii Technicznej PŁ. W tym celu z kompleksu celulolitycznego zostały wydzielone poszczególne białka enzymatyczne w stanie homogenicznym tj. edoglukanazy , β -glukozydaza i -egzo-celobiohydrolaza [1]. Działanie poszczególnych enzymów, ich mieszanin a także surowego kompleksu enzymów na włókna celulozowe oceniałam na podstawie ilości uwalnianych cukrów redukujących oraz zmiany masy tkanin. Badania wykazały, że spośród zastosowanych enzymów najwyższą aktywność w stosunku do włókien celulozowych wykazuje endo-glukanaza. Stwierdziłam ponadto, że największy efekt w zmianie powierzchni włókna celulozowego daje surowy kompleks enzymów z *Aspergillus niger* IBT-90. Rezultaty tych badań zostały wykorzystane do opracowania optymalnych warunków biosyntezy kompleksu enzymatycznego [1].

Dalsze moje badania ukierunkowane były na ustalenie optymalnych warunków procesów biochemicznej modyfikacji powierzchni tkanin z włókien wiskozowych typu lyocell, oraz z Inu, w odniesieniu do poprawy ich właściwości użytkowych. Badania aplikacyjne potwierdziły celowość ustalania optymalnego składu kompleksu celulolitycznego, który modyfikuje powierzchnię tkanin bez znacznego pogorszenia ich wytrzymałości na rozciąganie. Tkaniny wiskozowe i z włókien lyocell po obróbce endo-wzbogaconym kompleksem celulolitycznym charakteryzowały się zwiększoną gładkością i miękkością, lepszym chwytem tzw. skórki brzoskwini, oraz ograniczoną skłonnością do pillingu. W przeciwieństwie do chemicznych metod nadawania tkaninom w/w właściwości użytkowych efekty te uzyskane na drodze biomodyfikacji

powierzchni są trwałe i utrzymują się po wielokrotnym praniu [2]. Natomiast obróbka enzymatyczna tkanin lnianych kompleksem celulolitycznym wzbogaconym w endo-glukanazę i ksylanazę poprawia chłonność wody przez włókna lnu. Lepsze właściwości sorpcyjne modyfikowanych tkanin z włókien lnu zostały dodatkowo potwierdzone w badaniach wybarwialności tych wyrobów [3]. Stwierdziłam zwiększenie sorpcji barwników bezpośrednich i niektórych reaktywnych przez włókna poddane obróbce enzymatycznej. Zastosowanie kontrolowanego procesu enzymatycznej modyfikacji tkanin celulozowych przed barwieniem jest rozwiązaniem pozwalającym na poprawę zdolności wyczerpywania barwników z kąpiel.

2.3.2 Zastosowanie kompleksu enzymów celulolitycznych i pektynolitycznych lub lakazy w procesie obróbki wstępnej wyrobów z włókien bawełny i lnu (Publikacje 4, 5, 6, 7, 8 i 9)

Analiza literatury oraz uzyskane wyniki badań w zakresie modyfikacji powierzchni wyrobów z włókien celulozowych enzymami celulolitycznymi ukierunkowały dalsze moje prace na poszukiwanie nowych zastosowań procesów enzymatycznych w różnych etapach procesów wykończania wyrobów włókienniczych. Przedmiotem moich naukowych zainteresowań było wykorzystanie enzymów w obróbce wstępnej wyrobów z naturalnych włókien celulozowych. Naturalne włókna celulozowe obok celulozy zawierają substancje niecelulozowe takie jak woski, tłuszcze, pektyny, białka, hemicelulozy, ligniny oraz substancje mineralne. Celem obróbki wstępnej wyrobów włókienniczych jest poprawa ich zwilżalności poprzez częściowe usunięcie tych składników niecelulozowych. Tradycyjnie oczyszczanie włókien naturalnych wykonuje się w przemyśle włókienniczym podczas obróbki wyrobów w stężonych roztworach wodorotlenku sodu w podwyższonej temperaturze (*alkali scouring*). Następuje wówczas częściowa hydroliza wosków, tłuszczów i pektyn oraz częściowa ekstrakcja hemiceluloz i białek. Niepożądanymi skutkami alkalicznej obróbki jest częściowa degradacja włókna celulozowego oraz powstawanie silnie alkalicznych ścieków. Zastosowanie biokatalizatorów do oczyszczania włókien celulozowych może być alternatywą dla tradycyjnie stosowanych metod chemicznych. Celem podjętych dalszych badań, w ramach projektu badawczego własnego Nr 7 T08E 019 20, którym kierowałam merytorycznie i byłam głównym wykonawcą badań, było opracowanie zintegrowanego procesu wstępnej obróbki i modyfikacji powierzchni tkanin z naturalnych włókien celulozowych

z wykorzystaniem enzymów pektynolitycznych i celulolitycznych. W badaniach zastosowałam kompleks enzymów pektynolitycznych i celulolitycznych otrzymany z hodowli grzyba nitkowatego *Aspergillus niger* IBT 90 w Instytucie Biochemii Technicznej Politechniki Łódzkiej. Założona przeze mnie koncepcja rozwiązania tego problemu badawczego obejmowała:

- badanie mechanizmu działania kombinacji pektynaz i celulaz na włókna bawełny i lnu [4], [5], [8],
- badanie kinetyki procesu enzymatycznej hydrolizy niecelulozowych składników włókien lnu i bawełny [5],
- ustalenie optymalnych parametrów zintegrowanego procesu bioobróbki tkanin z włókien lnu i bawełny [7], [9],
- porównawczą ocenę właściwości sorpcyjnych włókien lnu i bawełny po tradycyjnym oczyszczaniu alkalicznym i bioobróbce [6], [8], [9],
- ocenę intensywności działania utleniających środków bielących na tkaniny z naturalnych włókien celulozowych po wstępnej bioobróbce [7], [9].

Badania mechanizmu działania pektynaz, celulaz i hemicelulaz na włókna lnu i bawełny realizowałam poprzez ocenę produktów otrzymanych w wyniku działania tych enzymów na poszczególne włókna. W oparciu o ilość cukrów redukujących w otrzymanych hydrolizatach obliczałam stopień hydrolizy. Dla włókien lnu i bawełny przeanalizowałam wpływ czasu obróbki, rodzaju i stężenia enzymów na stopień hydrolizy. Stwierdziłam, że stopień hydrolizy włókien lnu rośnie ze wzrostem stężenia enzymów pektynolitycznych oraz czasem obróbki. Ponadto zaobserwowałam, że dodatek enzymów celulolitycznych i ksylanazy do mieszaniny reakcyjnej zwiększa znacząco stopień hydrolizy włókna lnu. Świadczy to o istotnej roli tych enzymów w degradacji obecnych we włóknie lnu pektyn i hemiceluloz [5].

W przypadku włókna bawełny stwierdziłam również, że stopień hydrolizy rośnie ze wzrostem stężenia enzymów pektynolitycznych. Dodatek ksylanaz do mieszaniny reakcyjnej zwiększa stopień hydrolizy włókna bawełny. Analiza chromatograficzna HPLC produktów hydrolizy naturalnych włókien celulozowych umożliwiła wyjaśnienie mechanizmu zastosowanych enzymów [5], [8]. W hydrolizatach z włókien lnu stwierdziłam dominującą obecność glukozy i kwasu galakturonowego, będących wynikiem rozkładu celulozy i pektyn. Udział w tej mieszaninie cukrów ksylozy i mannozy świadczył o rozkładzie hemiceluloz obecnych we włóknach lnu. W przypadku włókien bawełny wśród cukrów obecnych w hydrolizatach stwierdziłam

obecność kwasu galakturonowego oraz duży udział ksylozy i mannozy. W następnym etapie badania moje zmierzały do ustalenia optymalnych parametrów enzymatycznej obróbki tkanin z naturalnych włókien celulozowych. Przeprowadzone badania wykazały, że optimum aktywności zastosowanego układu enzymatycznego mieści się w przedziale pH 4,6- 4,8. Dla włókien z lnu optymalną temperaturą była temperatura 55°C a czas obróbki 60 min. W przypadku bawełny najskuteczniejszym okazał się proces jedno-kąpielowy dwuetapowy: w I etapie stosowano kompleks enzymów pektynolitycznych a w II etapie do tej samej kąpeli dodawano kompleks enzymów celulolitycznych. Proces obróbki przebiegał w zakresie temperatur 55-60°C: I etap trwał 60 min w 55°C a drugi 30 min. w 60°C. Analiza zmian składu chemicznego włókien bawełny po obróbce enzymatycznej w optymalnych warunkach wykazała obniżenie zawartości hemiceluloz z poziomu 5,79% s.m. do 0,83% s.m. podczas gdy po obróbce alkalicznej zawartość hemiceluloz wynosiła 2,32% s.m., a zawartość pektyn obniżyła się z 0,68% s.m do 0,19% s.m. po obróbce enzymatycznej w porównaniu do 0,3% s.m. po obróbce alkalicznej.

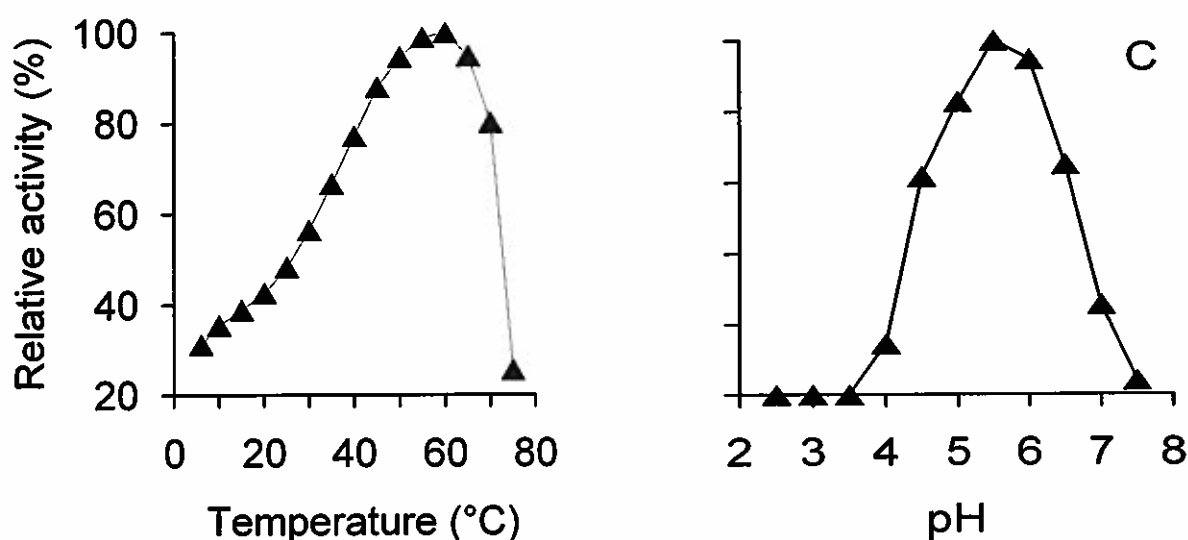
W wyniku skutecznego usunięcia niecelulozowych składników z włókna bawełny po dwuetapowym procesie bioobróbki, zaobserwowano znaczny wzrost zdolności wchłaniania cieczy (zdolności sorpcyjnych wody i H_2O_2) przez włókna bawełny, co jest bardzo ważne nie tylko w ocenie właściwości użytkowych wyrobów włókienniczych ale także w przebiegu procesów wykończalniczych.

Podjęte badania aplikacyjne w zakresie oceny działania utleniających środków bielących na tkaniny z naturalnych włókien celulozowych wykazały dobre efekty wybielenia tkanin po obróbce enzymatycznej. Dla tkaniny z włókien bawełny bielonej nadtlenkiem wodoru po bioobróbce uzyskano stopień bieli wyższy (73,5 wg PN-EN ISO 105 J02:1999) lub porównywalny do tego jaki uzyskuje się po tradycyjnej obróbce alkalicznej (stopień bieli 70). Efektem kompleksowego działania enzymów pektynolitycznych i celulolitycznych jest ułatwienie penetracji utleniających środków bielących do wnętrza włókna. Uzyskane wyniki badań pozwoliły na stwierdzenie, że jest możliwość zastąpienia tradycyjnego alkalicznego obgotowania tkanin z włókien bawełny przed ich bieleniem proekologicznym procesem obróbki wstępnej z wykorzystaniem kompleksu enzymów pektynolitycznych i celulolitycznych.

Włókna lnu oprócz wymienionych wyżej składników niecelulozowych zawierają dodatkowo ligninę, której obecność poprzez inkrustację na obszarach bezpostaciowych celulozy wpływa na sztywność włókna. W surowym włóknie lnu

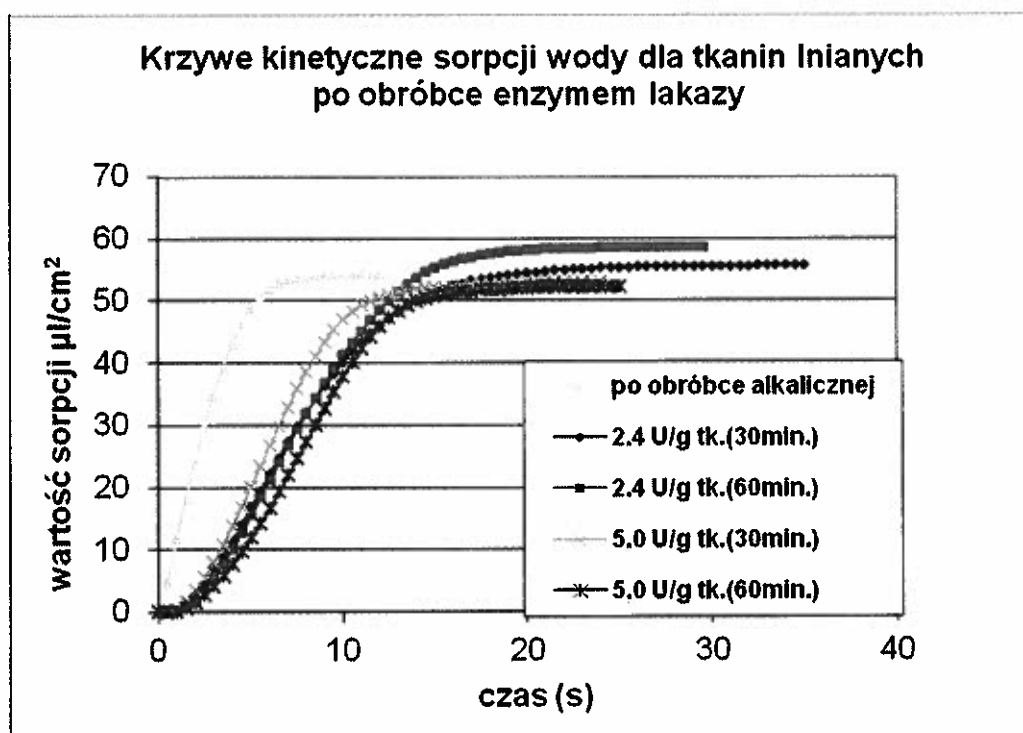


lignina występuje w ścianie pierwotnej oraz zewnętrznej części ściany wtórnej i jest substancją niepożądaną. Składniki niecelulozowe nadają surowemu włóknu lnianemu między innymi szarą barwę, sztywność, złą zwilżalność i dlatego powinny być usunięte w kontrolowanych procesach wstępnej obróbki włókna. Enzym lakaza stanowi grupę białek aktywnych podczas rozkładu kompleksu ligninowo-celulozowego. Z tego też względu podjęłam badania, które miały na celu sprawdzenie możliwości i skuteczności zastosowania lakazy w procesie oczyszczania włókien lnu z ligniny. W badaniach zastosowałam enzym lakazy wytworzony przez szczep *Cerrena unicolor* należący do grzybów białej zgnilizny drewna otrzymany w Katedrze Inżynierii Bioprosesowej Wydziału Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska PŁ. Lakaza z *Cerrena unicolor* charakteryzowała się dobrą stabilnością. Uzyskany wysoki stopień aktywności tego enzymu (24000U/L) nie ulegał zmianie przez kolejnych 6 miesięcy przechowywania w temperaturze 4°C. Proces wstępnej obróbki prowadzono w temperaturze 60 °C, przy pH 5,3, w których to warunkach lakaza wykazywała najwyższą aktywność (Rys. 1).



Rys. 1. Wpływ temperatury i pH na aktywność lakazy z *Cerrena Unicolor* [9]

Działanie enzymu oceniałam na podstawie ubytku masy tkanin po obróbce oraz wskaźników sorpcji wody (Rys. 2).



Rys. 2. Krzywe kinetyczne sorpcji wody dla tkanin lnianych po obróbce jednoetapowej enzymem lakazy [9]

Stwierdziłam, że tkanina poddana wstępnej obróbce lakazą charakteryzowała się wyższymi wartościami sorpcji w porównaniu do tkaniny po alkalicznej obróbce. Zawartość ligniny w tkaninie lnianej po obróbce enzymatycznej obniżyła się do tego samego poziomu co po obróbce chemicznej (z poziomu 6,13% s.m. do ok. 3% s.m.). Usunięcie ligniny umożliwiło uzyskanie dobrego efektu wybielenia tkanin z lnu metodą nadttlenkową [9].

Wstępna obróbka wyrobów z naturalnych włókien celulozowych (bawełny , lnu lub ich mieszanek) ma zasadnicze znaczenie dla optymalizacji procesów bielenia, barwienia i wykończenia tych wyrobów. Od skutecznego oczyszczania naturalnych włókien celulozowych zależy:

- uzyskanie odpowiedniego efektu wybielenia (stopień bieli),
- wysoka chłonność cieczy przez włókna lnu i bawełny (środków utleniających i barwników),
- uzyskanie gładkiej , równomiernej struktury powierzchni wyrobów z włókien bawełny i lnu.

Wykonane pod moim kierownictwem badania przy współpracy z IBT PŁ w ramach dwóch projektów badawczych własnych wykazały, że zastosowanie bioobróbki do oczyszczania naturalnych włókien celulozowych jest bardzo skuteczną metodą

i stanowi alternatywę do tradycyjnej metody alkalicznej obróbki tych włókien. Stwierdziłam jednoznacznie, iż skutecznym preparatem enzymatycznym zastosowanym w obróbce wstępnej wyrobów z włókien celulozowych jest wielo-enzymowy kompleks, złożony z enzymów pektynolitycznych, hemicelulaz i enzymów celulolitycznych w odpowiednich proporcjach. Pektynazy wspomagane przez hemicelulazy (głównie ksylanazy) powodują selektywne usuwanie pektyn, ksylanu z włókien celulozowych bez stosowania obróbki w silnie alkalicznym środowisku. Obróbka enzymatyczna prowadzona jest w sposób kontrolowany a jej zaletą jest mniejsza utrata masy wyrobów w odniesieniu do tradycyjnej metody chemicznej oraz ograniczenie zanieczyszczenia środowiska naturalnego silnie alkalicznymi ściekami. Wykonane badania wykazały, że niewielka obecność celulaz w mieszaninie enzymów zastosowanych do bioobróbki pozwala dodatkowo na uzyskanie efektów biopolerowania, czyli kontrolowanej powierzchniowej hydrolizy włókien celulozowych. Działanie celulaz wraz z mechanicznym usuwaniem krótkich włókienek powierzchni przędzy powoduje jej oczyszczenie, co w konsekwencji przyczynia się do wygładzenia powierzchni wyrobów. Ponadto zaobserwowano lepszy stopień zmiękczenia wyrobów z naturalnych włókien celulozowych po modyfikacji enzymatycznej niż przy zastosowaniu chemicznych środków zmiękczących. Ponadto środki te, najczęściej o charakterze kationowym zawierają alifatyczne łańcuchy kwasów tłuszczonych i są trudno biodegradowalne.

W przypadku włókien z lnu zastosowanie obróbki lakazą, a następnie enzymami pektynolitycznymi okazało się najskuteczniejszą, proekologiczną metodą oczyszczania tych włókien.

Przedstawione powyżej wyniki wielokierunkowych badań poznawczych i aplikacyjnych w zakresie implementacji enzymów do modyfikacji wyrobów z naturalnych włókien celulozowych stanowiły podstawę do opracowania technologii wielo-enzymowego preparatu z *Asperigillus niger* IBT-90 w skali pilotowych prób przemysłowych przydatnego do obróbki wyrobów włókienniczych w warunkach produkcyjnych. Prace rozwojowe wykonane przez mnie wraz z zespołem z Instytutu Włókiennictwa w ramach projektu badawczego zamawianego PBZ-MIN-007/P042003 polegały na kompleksowych badaniach aplikacyjnych, wyprodukowanego w warunkach przemysłowych wieloenzymowego preparatu w zintegrowanym procesie modyfikacji tkanin z naturalnych włókien celulozowych, od skali wielkolaboratoryjnej do prób w warunkach przemysłowych. W tych badaniach

skoncentrowałam się w szczególności na sprawdzeniu wielokrotnego wykorzystania kąpeli enzymatycznej w obróbce wyrobów celulozowych. Trwałość enzymów w trakcie obróbki wyrobów włókienniczych jest warunkiem ponownego ich wykorzystania w tym procesie. Dlatego też oceniano termostabilność zastosowanych enzymów. Badania wykazały, że największe obniżenie aktywności każdego z ocenianych enzymów zachodziło w ciągu pierwszych 30 minut kontaktu z włóknem. Zaś przedłużenie procesu bioobróbki do 180 minut w niewielkim tylko stopniu obniżało aktywność tych enzymów. Obniżenie stężenia enzymów w mieszaninie reakcyjnej wiąże się z ich adsorpcją na włóknach, w związku z tym należało uzupełnić kąpiel enzymatyczną niewielką porcją wybranych enzymów (np. ksylanazą). Stwierdzono możliwość trzykrotnego wykorzystania kąpeli enzymatycznej w procesie obróbki tkanin, co zdecydowanie przyczynia się do poprawy ekonomicznej efektywności procesu. Ocena właściwości fizyko-mechanicznych oraz parametrów użytkowych tkanin z włókien bawełny i mieszanek bawełny i lnu poddanych bioobróbce w warunkach przemysłowych (w Zakładach Webertex w Łodzi oraz w Fabryce Wyrobów Inianych w Żyrardowie) potwierdziła wyniki uzyskiwane w warunkach laboratoryjnych.

Opracowana technologia uzyskała nagrodę Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz srebrne medale na targach innowacji i wynalazczości w Genewie i w Seulu [7].

2.3.3. Funkcjonalizacja materiałów włókienniczych

(Publikacje 10,11,12,13,14,15,16)

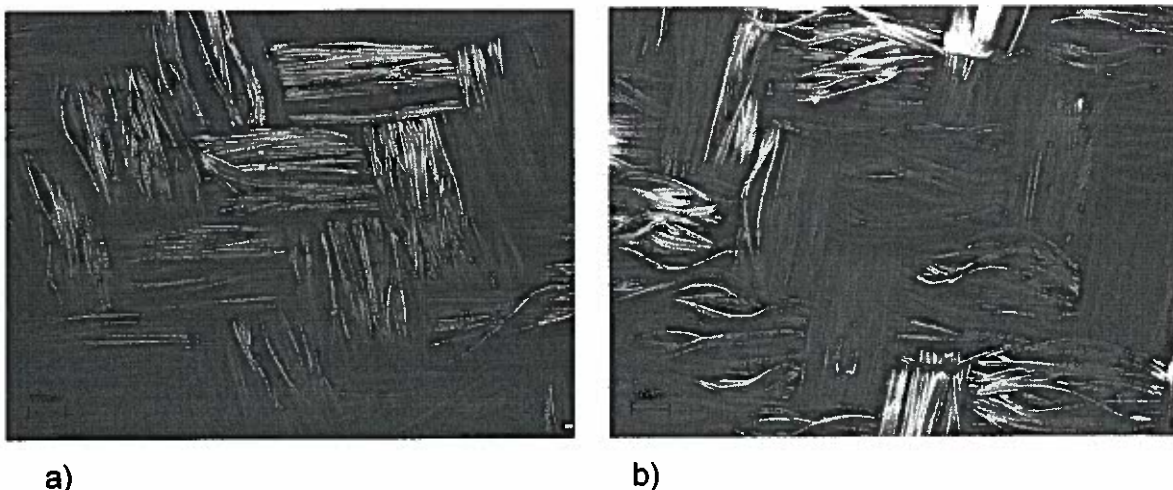
Od 2006 roku przedmiotem moich zainteresowań naukowych i wykonywanych badań jest funkcjonalizacja materiałów włókienniczych nano-cząstkami tlenków metali. Nano-inżynieria włókiennicza łączy specjalistyczną wiedzę zakresu materiałów włókienniczych oraz wiedzą interdyscyplinarną, w tym w zakresie otrzymywania nano-modyfikatorów. Funkcjonalizacja tekstyliów z zastosowaniem nano-technologii a w szczególności wprowadzanie do tworzywa lub na powierzchnię włókien/ wyrobów nano-cząstek funkcjonalnych umożliwia uzyskiwanie materiałów włókienniczych o nowej jakości, charakteryzujących się właściwościami nieosiągalnymi przy zastosowaniu technologii tradycyjnych.

Podjęte przeze mnie prace badawcze (w ramach projektu badawczego własnego 3 T08A 045 30 i badawczego specjalnego 1146/EUR/2007/02), miały na celu opracowanie nowych funkcjonalnych materiałów na bazie nośników z włókien

poliestrowych i bawełny. Jako modyfikatory zastosowałam tlenki metali tj. ditlenek tytanu i tlenek cynku w postaci mikro- i nano-cząstek i ich tlenkowe kompozyty $\text{TiO}_2\text{--SiO}_2$ oraz ZnO--SiO_2 . Nano-cząstki ditlenku tytanu i tlenku cynku należą do grupy związków chemicznych wykazujących bioaktywność, właściwości absorpcji promieniowania ultrafioletowego (UV), oraz zdolności do fotooksydacji substancji organicznych. Tlenki te zwane są blokerami fizycznymi, które odbijają i rozpraszają promieniowanie UV. Są one nietoksyczne, bardziej stabilne w porównaniu do organicznych absorberów UV, odporne na działanie wysokiej temperatury. W przeciwieństwie do barwników tlenki metali nie posiadają powinowactwa do włókna, nie mogą być więc aplikowane na wyroby włókiennicze za pomocą typowych metod wyczerpywania z kąpieli. Mikrocząstki ZnO i TiO_2 mogą być dodawane do roztworów przedzalniczych w procesie produkcyjnym lub nanoszone na włókna tak jak pigmenty. Wraz z rozwojem nano-technologii coraz częściej stosowana jest metoda nanoszenia na wyroby włókiennicze powłok zawierających nano-modyfikatory. Zgodnie z opracowaną przeze mnie koncepcją do badań użyłam przygotowane w Instytucie Technologii i Inżynierii Chemicznej Politechniki Poznańskiej zmikronizowane cząstki TiO_2 i ZnO - po modyfikacji powierzchni proadhezyjnymi, organicznymi związkami silanowymi zawierającymi grupy funkcyjne : winylową, aminową i metakryloksy. Grupy funkcyjne wprowadzone na powierzchnie ditlenku tytanu lub jego kompozytu tlenkowego polepszają adhezję pomiędzy nośnikiem nieorganicznym a np. napełnianym polimerem lub wyrobem włókienniczym. Właściwości morfologiczno-dyspersyjne przygotowanych preparatów tlenków metali zostały zbadane w Politechnice Poznańskiej przy wykorzystaniu technik SEM i TEM, oraz przez wyznaczanie rozkładu wielkości cząstek w zależności od intensywności i udziału objętościowego. Dokonana przeze mnie analiza charakterystyki morfologiczno-dyspersyjnej preparatów TiO_2 po modyfikacji powierzchniowej oraz kompozytów $\text{TiO}_2\text{--SiO}_2$, ZnO--SiO_2 pozwoliła mi wytypować preparaty do inkorporacji w struktury wyrobów włókienniczych. Dodatkowo zostały scharakteryzowane właściwości adsorpcyjne pigmentów TiO_2 oraz kompozytów tlenkowych. Metodą BET określiłam średnią powierzchnię właściwą tych preparatów. Stwierdziłam, że hybrydy tlenkowe charakteryzujące się występowaniem głównie cząstek o wielkości mikrometrycznej posiadają najwyższą średnią powierzchnię właściwą.



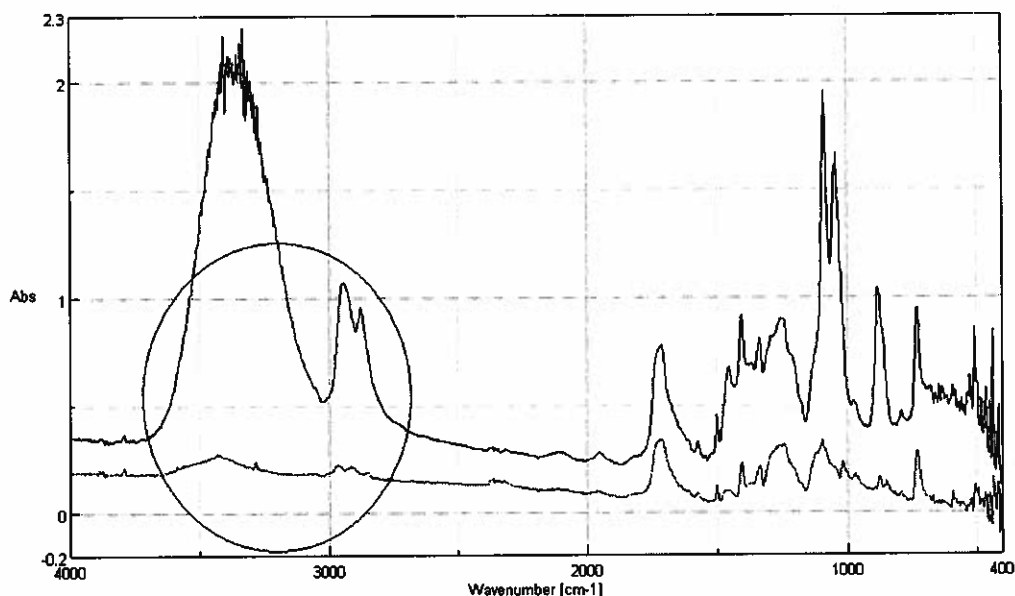
Istotnym problemem badawczym, który rozwiązywałam było odpowiednie przygotowanie nośnika włókienniczego do nanoszenia preparatów zawierających nano- i mikro-cząstki tlenków metali lub ich kompozyty tlenkowe. Badania ukierunkowane były na modyfikację powierzchni wyrobów poliestrowych poprzez obróbkę alkaliczną lub przy wykorzystaniu plazmy niskotemperaturowej. Ocena mikrostruktury powierzchni nośników poliestrowych po obróbce alkalicznej za pomocą SEM wykazała rozluźnienie struktury wyrobu. Zaobserwowano również lepszą zwilżalność tych wyrobów w porównaniu do wyrobów surowych.



Zdjęcie 1 - SEM próbek tkaniny poliestrowej a) surowej b) po wstępnej obróbce alkaliczowanej [źródło: Sprawozdanie z realizacji projektu specjalnego 1146/EUR/2007/02]

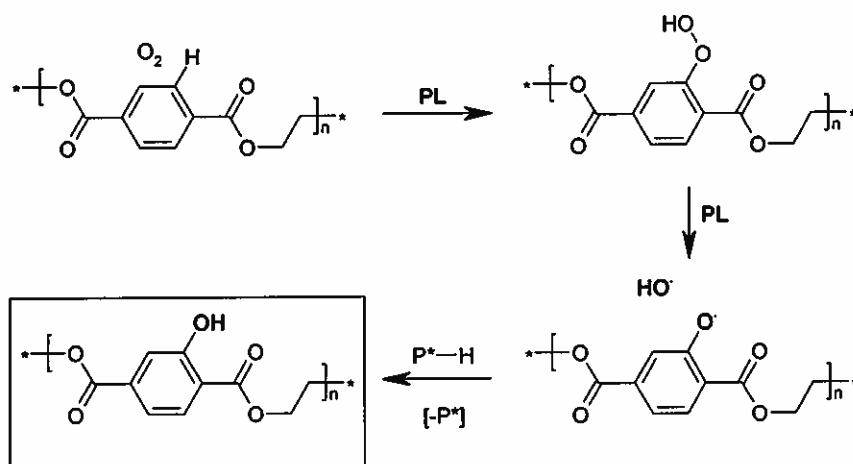
Obróbkę plazmową materiałów z włókien poliestrowych prowadzono w reaktorze Tetra 30 (Diner Electronic) w wyładowaniu RF (13,56MHz) i AF(40kHz) w atmosferze dwutlenku węgla lub argonu. Zmiany w strukturze chemicznej powierzchni wyrobów poliestrowych potwierdziłam w badaniach wykorzystujących spektrometrię FTIR. Zaobserwowałam zmiany absorpcyjne w zakresie pasma $2500-3500\text{ cm}^{-1}$ charakterystycznego dla grup hydroksylowych i karboksylowych, co świadczy o powstaniu na powierzchni włókien grup funkcyjnych COOH i OH, których obecność poprawia hydrofilowość włókien z politereftalanu etylenu (PTE) oraz ich właściwości adhezyjne.

Zmiany absorpcji w zakresie pasma $2500-3500\text{ cm}^{-1}$ charakterystycznego dla grup hydroksylowych i karboksylowych przedstawia poniższy rysunek (Rys.3).



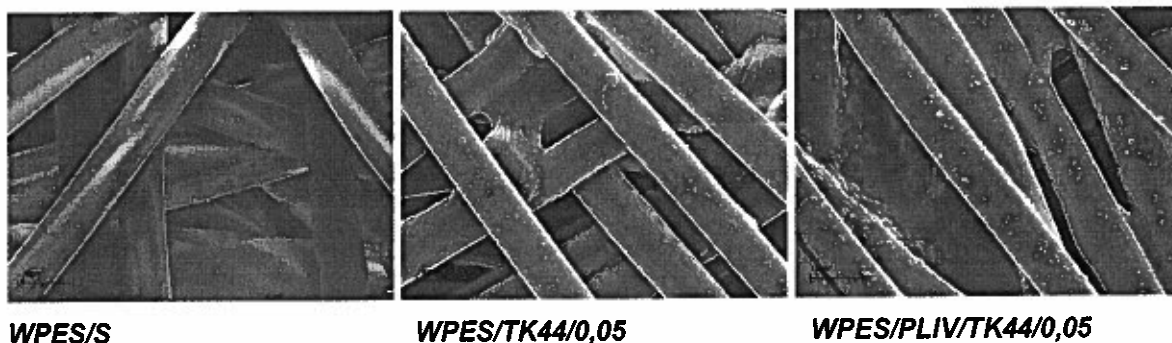
Rys. 3. Porównanie widm IR: - włókny poliestrowej nie poddanej obróbce plazmowej; włókny poliestrowej poddanej obróbce plazmowej (AF- 40 kHz , 2500 [W], Ar

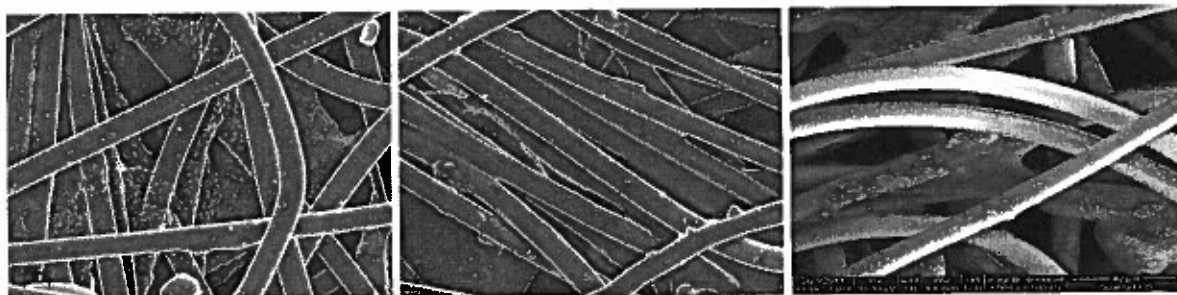
Obserwowane zmiany w strukturze chemicznej badanych włókien poliestrowych z PTE mogą być spowodowane oddziaływaniem plazmy na powierzchnię tego wyrobu indukującym przebieg procesów: hemolitycznego rozszczepienia wiązań estrowych, uwolnienia lotnych produktów rozkładu (głównie CO i CO₂), sieciowania i reakcji z tlenem makrorodników alkilowych ($\bullet$ CH₂- CH₂ ~) i fenyłowych ($\bullet$ C₆H₄ ~), w wyniku których na końcach łańcuchów tworzą się grupy hydroksylowe, aldehydowe i karboksylowe [15]. Proponowany mechanizm tych reakcji przedstawia poniższy schemat [wzór 1].



wzór (1) [15]

Dalsze badania, które realizowałam wraz z zespołem według mojej koncepcji i pod merytorycznym kierownictwem dotyczyły opracowania skutecznego, równomiernego wprowadzenia w strukturę wyrobu włókienniczego nano- i mikro-cząstek tlenków metali wykorzystując technikę napawania [*dip-coating*] i powlekania [*coating*]. W tym etapie skupiłam się przede wszystkim na opracowaniu składu i oceny właściwości reologicznych dyspersji oraz past zawierających nanomodifikatory. W celu dokonania kompleksowej oceny metod obróbki wstępnej (przygotowania) nośników włókienniczych oraz sposobów inkorporacji mikro- i nano-tlenków metali bądź ich hybryd tlenkowych na wytypowane wyroby włókiennicze badałam stopień naniesienia TiO_2 , ZnO oraz właściwości barierowe zmodyfikowanych wyrobów. Stwierdziłam, że zastosowanie wstępnej obróbki materiału włókienniczego (plazmą niskotemperaturową) w znacznym stopniu przyczynia się do zwiększenia ilości zmikronizowanych cząstek TiO_2 i ZnO przyłączanych do powierzchni modyfikowanych wyrobów (zdjęcie 2 – SEM). Większą zdolność do zaadsorbowania mikro- i nanocząstek tlenków metali miała również tkanina poliestrowa po wstępnej obróbce alkalicznej (zdjęcie 1- SEM). Zaobserwowano również większą penetrację nano- TiO_2 i nano- ZnO w głąb materiału z włókien poliestrowych po wstępnej obróbce alkalicznej. Wobec powyższego stwierdziłam, że etap przygotowania nośników włókienniczych do wprowadzania w ich strukturę mikro- i nanocząstek modyfikatorów odgrywa istotną rolę w całym procesie funkcjonalizacji oraz wpływa na jej efektywność. Każda z zastosowanych technik – powlekanie oraz napawanie – jest skutecznym sposobem inkorporacji tlenków metali w strukturę nośnika włókienniczego.





WPES/PLV/TK44/0,05

WPES/TiO₂-SiO₂/0,05

WPES/PI IV/TiO₂-SiO₂/0,05

Zdjęcie 2 - SEM włóknin poliestrowych powlekanych wybranym ditlenkiem tytanu oraz kompozytem tlenkowym przed i po wstępnej obróbce plazmą [źródło: Sprawozdanie z realizacji projektu specjalnego 1146/EUR/2007/02]

Modyfikowane materiały włókiennicze oceniane były w aspekcie właściwości fizykochemicznych. W tym etapie badań skoncentrowałam się przede wszystkim na ocenie właściwości barierowych przed promieniowaniem UV oraz fotokatalitycznych zmodyfikowanych wyrobów. Wyrób włókienniczy zgodnie z normą PN-EN 13758: 2007 (część 1 i 2) posiada właściwości ochronne przed promieniowaniem UV jeśli wartość współczynnika UPF wyliczona zgodnie z poniższym wzorem (wzór 2) dla tego wyrobu jest większa od 40.

$$UPF = \frac{\int_{\lambda=290}^{\lambda=400} E(\lambda) \varepsilon(\lambda) d(\lambda)}{\int_{\lambda=290}^{\lambda=400} E(\lambda) \varepsilon(\lambda) T(\lambda) d(\lambda)} \quad \text{wzór (2)}$$

gdzie: ε – widmo oddziaływania rumieniotwórczego (efektywność rumieniotwórcza),
 T – wielkość transmitancji promieniowania UV;
 E – widmo światła słonecznego;
 λ - długość fali.

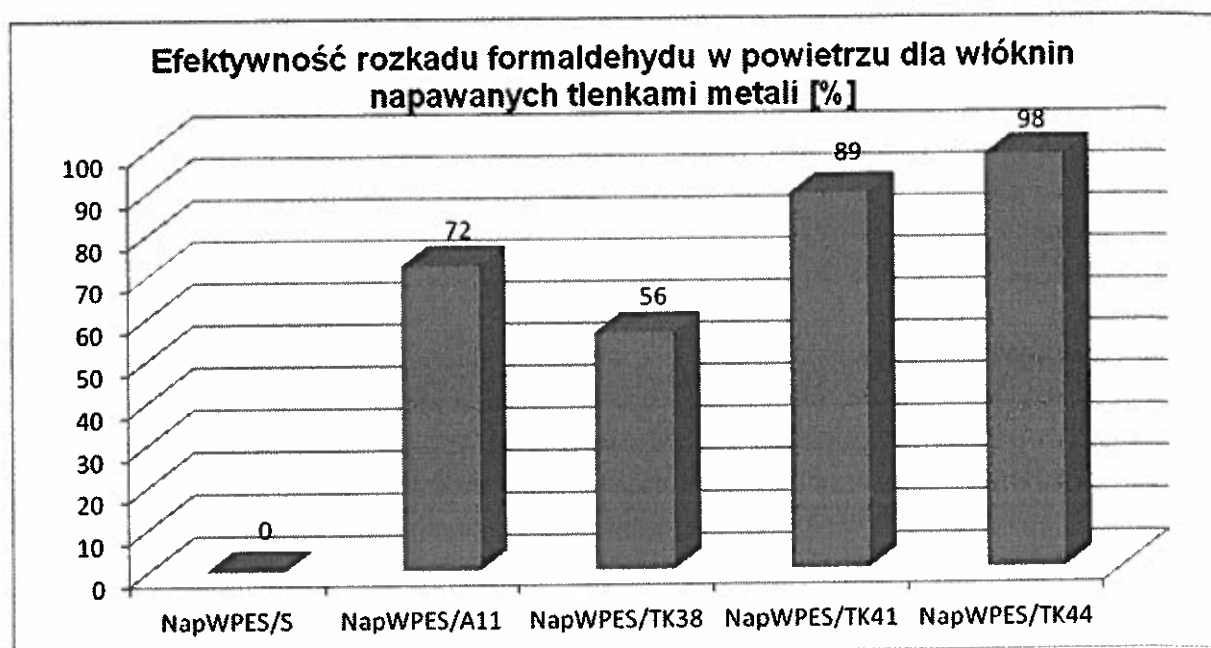
Przeanalizowałam właściwości barierowe przed promieniowaniem UV zmodyfikowanych materiałów w zależności od sposobu wprowadzenia mikro- i nanocząstek tlenków metali jak i wstępnego przygotowania materiałów do modyfikacji. Stwierdziłam, że funkcjonalizacja materiałów włókienniczych poprzez nanoszenie (techniką powlekania lub *dip-coating*) i trwałe wiązanie z ich

powierzchnią nano- i mikro-cząstek TiO_2 , ZnO lub ich kompozytów tlenkowych pozwala uzyskać wyroby o dobrych właściwościach barierowych przed promieniowaniem UV, wyrażonych obniżeniem wartości transmitancji widma w całym zakresie UV i wartością współczynnika UPF powyżej 40.

W badaniach oceny właściwości fotokatalitycznych modyfikowanych tlenkami metali nośników włókienniczych skoncentrowałam się na fotodegradacji formaldehydu przy zastosowaniu jako fotokatalizatora cząstek ditlenku tytanu oraz kompozytu tlenkowego $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ zastosowanych do modyfikacji wyrobów włókienniczych. Oznaczanie stężenia formaldehydu zawartego w atmosferze, w której przebywały modyfikowane preparatami na bazie TiO_2 i poddawane działaniu promieniowania UV próbki wyrobów włókienniczych wykonane były zgodne z metodyką badań opracowaną z moim udziałem [14].

Wykonane badania wykazały, że wyroby włókiennicze, na które naniesiono powłoki zawierające mikronizowane cząstki TiO_2 charakteryzują się bardzo dobrą aktywnością fotooksydacyjną, dochodzącą nawet do 98% (Rys. 4). [14]

Materiały włókiennicze, które w wyniku modyfikacji uzyskały właściwości fotooksydacyjne mogą znaleźć zastosowanie w pomieszczeniach narażonych na obecność w powietrzu toksycznych związków organicznych.



Rys. 4. Efektywność rozkładu formaldehydu w powietrzu dla włókniny poliestrowej surowej napawanej dyspersją zawierającą preparat na bazie TiO_2 [źródło: Sprawozdanie z realizacji projektu specjalnego 1146/EUR/2007/02]

Sposób otrzymywania innowacyjnych włókienniczych materiałów barierowych wobec promieniowania UV i drobnoustrojów, charakteryzujących się ponadto bardzo dobrą aktywnością fotooksydacyjną jest przedmiotem wynalazku – udzielony patent – decyzja UP RP z dnia 25.08.2014 (zgłoszenie P 393076 z dnia 29.11.2010 oraz PCT/PL2011/000120), którego jestem głównym współtwórcą [16].

2.3.4. Cykl publikacji do rozprawy habilitacyjnej

1. Pyć R., Romanowska J., **Galas E.**, **Sójka-Ledakowicz J.**, „*Hydrolysis of cellulose fabrics by cellulases from *Aspergillus niger* IBT-90*” *Fibres & Textiles in Eastern Europe* ISSN 1230-3666 vol. 7, no.1, pp.54-57 (1999)

mój udział: 55%

Koncepcja publikacji, wykonanie części badań, interpretacja wyników, współudział w przygotowaniu publikacji

2. **Sójka-Ledakowicz J.**, Skaskiewicz A., Pyć R., **Galas E.**, „*Enzymatic treatment of man-made cellulosic fabrics*”, 2nd International Textile Environmental Conference Ecotextile '98 – Bolton, W. Brytania (1998)

mój udział: 70%

Koncepcja badań i publikacji, wykonanie części badań, analiza wyników, przygotowanie publikacji

3. **Sójka-Ledakowicz J.**, Gajdzicki B., Lewartowska J. „*Influence of enzymatic pretreatment on the dyeability of linen fabrics*” *Fibres & Textiles in Eastern Europe* ISSN 1230-3666 no.3, pp.76-79 (2000)

mój udział: 70%

Inspiracja, koncepcja badań, opracowanie wyników badań, przygotowanie publikacji

4. Pyć R., **Sójka-Ledakowicz J.**, Bratkowska H. „*Biosynthesis of enzymes by *Aspergillus niger* IBT-90 and evaluation of their application in textile technologies*” *Fibres & Textiles in Easter Europe* ISSN 1230-3666 vol.11, no. 4 (43), pp.71-77 (2003 – IF=0,160)

mój udział: 60%

Koncepcja badań i publikacji, analiza wyników, udział w przygotowaniu publikacji

5. **Sójka-Ledakowicz J.**, Pyć R., Lichawska J. „*Analiza udziału poszczególnych enzymów w bioobróbkę włókien lnu*” *Przegląd Włókienniczy* ISSN 1731-8645 nr 1, s.24-26 (2003)

mój udział: 65%

Koncepcja badań, kierowanie merytoryczne, analiza wyników badań, przygotowanie publikacji

6. **Sójka-Ledakowicz J.**, Pyć R., Grabowska B., Lichawska J. „*Zastosowanie enzymów z *Aspergillus niger* IBT-90 do obróbki wyrobów z naturalnych włókien celulozowych*” *Biotechnologia* ISSN 0860-7796 nr 4(63), s.204 (2003)

mój udział: 60%

Koncepcja badań, kierowanie merytoryczne, udział w analizie wyników badań, przygotowanie publikacji

7. **Sójka-Ledakowicz J.**, Lichawska (Olczyk) J., Antczak T., Pyć R. „*Biosynthesis of multi-enzymatic preparation from *Aspergillus niger* IBT-90 useful in textile fabric treatment*” *Journal of Biotechnology* ISSN-0168-1656, vol.118, suppl.1, p.127 (2005 - IF=2,687)

mój udział: 65%

Koncepcja i koordynacja badań, analiza wyników, przygotowanie publikacji

8. Sójka-Ledakowicz J., Lichawska (Olczyk) J., Pyć R. "Integrated enzymatic pre-treatment of cotton fabrics" *Journal of Natural Fibres* ISSN 1544-0478 vol. 2/3, pp.199-207 (2006-IF=0,512)

mój udział: 70%

Koncepcja i koordynacja badań, wykonanie części badań, analiza wyników, przygotowanie publikacji

9. Sójka-Ledakowicz J., Olczyk J., Ledakowicz S., Michniewicz A. "Bio-scouring of linen fabrics with laccase complex from *Cerrena unicolor*" *Fibres & Textiles in Eastern Europe* ISSN 1230-3666 vol.15, no.4(63), pp.86-89 (2007 -IF=0,402)

mój udział: 50%

Koncepcja badań, udział w analizie wyników, udział w przygotowaniu publikacji

10. Sójka-Ledakowicz J., Lewartowska J., Kudzin M., Jesionowski T., Krysztafkiewicz A. „Modification of textile materials with nanostructural metal oxides" *Fibres & Textiles in Eastern Europe* ISSN 1230-3666 no.5(70), pp.112-116 (2008 - IF=0,439)

mój udział: 70%

Koncepcja i koordynacja badań, udział w realizacji badań, analiza wyników, udział w opracowaniu publikacji

11. Sójka-Ledakowicz J., Lewartowska J., Kudzin M., Leonowicz M., Jesionowski T., Siwińska-Stefańska K., Krysztafkiewicz A. „Functionalization of textile materials by alkoxysilane-grafted titanium dioxide" *Journal of Materials Science* ISSN 0022-2461, no.14, vol.44, pp.3852-3860 (2009 - IF=1,471)

mój udział: 50%

Koncepcja badań, analiza uzyskanych wyników, udział w opracowaniu publikacji

12. Siwińska-Stefańska K., Przybylska A., Jesionowski T., Sójka-Ledakowicz J., Olczyk J., Walawska A. „Wpływ kompozytu tlenkowego TiO_2-SiO_2 na właściwości barierowe wyrobów włókienniczych" *Przemysł Chemiczny* ISSN 0033-2496 nr 89(12), pp.1661-1666 (2010 - IF=0,29)

mój udział: 30%

Koncepcja badań w zakresie inkorporacji TiO_2-SiO_2 , analiza uzyskanych wyników, udział w opracowaniu publikacji

13. Sójka-Ledakowicz J., Olczyk J., Walawska A., Laurentowska A., Kołodziejczak-Radzimska A., Jesionowski T. „Modyfikacja wyrobów włókienniczych przy wykorzystaniu tlenku cynku o cząstkach nanometrycznych oraz kompozytu tlenkowego $ZnO-SiO_2$ " *Przemysł Chemiczny* ISSN 0033-2496 nr 89(12), pp.1648-1652 (2010 - IF=0,29)

mój udział: 45%

Koncepcja badań, analiza uzyskanych wyników, udział w opracowaniu publikacji

14. Siwińska-Stefańska K., Ciesielczyk F., Jesionowski T., Sójka-Ledakowicz J., Lota W., Walawska A. "Evaluation of the photocatalytic properties of textile fabrics modified with titanium dioxide of anatase structure" *Fibres & Textiles in Eastern Europe* ISSN 1230-3666 no. 2 (85) pp.76-83 (2011 - IF=0,539)

mój udział: 40%

Koncepcja badań, częściowy udział w badaniach, analiza wyników, udział w opracowaniu publikacji

15. Sójka-Ledakowicz J., Kudzin M. H. „*Effect of plasma modification on the chemical structure of a polyethylene terephthalate fabrics surface*” *Fibres & Textiles in Eastern Europe* ISSN 1230-3666 no. 6 (108), pp.118-122 (2014 - IF=0,541)

mój udział: 55%

Koncepcja badań i publikacji, interpretacja wyników, udział w opracowaniu publikacji

16. Patent - decyzja UP RP z dnia 25.08.2014

Sposób wytwarzania barierowych materiałów włókienniczych – zgłoszenie P 393076 z 29.11.2010 oraz *Process of manufacturing textile barrier materials* PCT/PL 2011/000120 z 28.11.2011

mój udział: 24%

Inspiracja i koncepcja zgłoszenia patentu, kierowanie merytoryczne i wykonanie części badań, udział w opracowaniu zgłoszenia

2.4 Sumaryczny dorobek publikacyjny, wynalazczy i wdrożeniowy

Mój udział w realizacji prac badawczych o charakterze interdyscyplinarnym obejmujących takie dziedziny jak: inżynieria materiałów włókienniczych, biotechnologia przemysłowa, inżynieria środowiska w zakresie oczyszczania ścieków oraz zmniejszenia zużycia energii w technologiach włókienniczych, chemia włókiennicza, zaowocował publikacjami w czasopismach naukowych i naukowo-technicznych, monografiach i w materiałach konferencyjnych.

Mój dorobek naukowy przedstawia się następująco:

w latach 1974 – 1983 – przed uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych obejmuje:

7 uzyskanych patentów na wynalazki, których jestem współtwórcą, 3 publikacje w czasopismach naukowo-technicznych (*Przegląd Włókienniczy*, *Technik Włókienniczy*) oraz 1 publikację w czasopiśmie międzynarodowym (*Textilveredlung*);

w latach 1988 – 2014 – po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych

obejmuje 182 publikacje, których jestem autorem i współautorem w tym [zał. 2]:

38 publikacji w czasopismach znajdujących się w *Journal Citation Reports*

43 publikacje znajdujące się w wykazie Min. Nauki i Szkolnictwa Wyższego

1 publikację w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym

1 monografię

6 rozdziałów w monografiach

93 publikacje w pozostałych czasopismach, w tym w materiałach konferencyjnych.



Wartość łącznego współczynnika IMPACT FACTOR (IF) dla moich publikacji w czasopismach znajdujących się w bazie *Journal Citation Reports* dla danego roku publikacji wynosi po uzyskaniu stopnia doktora IF= 22,316 a IF za okres 5 lat wynosi 44,736.

Zgodnie z bazą Web of Science (WoS) sumaryczna liczba cytowań moich publikacji w latach 1988 – 2014 wynosi 169 w tym 156 bez auto-cytowań. Wykaz liczby cytowań publikacji naukowych stanowi zapis z bazy Web of Science na dzień 19.11.2014. Indeks Hirscha moich publikacji w latach 1988-2014 wg bazy Web of Science wynosi 7.

Szczegółowy wykaz cytowań WoS jest przedstawiony w Załączniku nr 4.

Zgodnie z bazą SCOPUS sumaryczna liczba cytowań moich publikacji w latach 1988 – 2014 wynosi 207 w tym 180 bez auto-cytowań. Wykaz liczby cytowań publikacji naukowych stanowi zapis z bazy SCOPUS na dzień 19.11.2014.

Indeks Hirscha moich publikacji w latach 1988-2014 wg bazy SCOPUS wynosi 7.

Szczegółowy wykaz cytowań SCOPUS jest przedstawiony w Załączniku nr 5 .

Dorobek wynalazczy i wdrożeniowy

Jestem współtwórcą wynalazków, na które udzielono 14 patentów, w tym 1 patent europejski – EP 2565187 (zgłoszenie z 13.04.2012) *New reactive ultrafiolet absorbers increasing barrier properties of cellulose fibres and their preparation* oraz współautorem 4 zgłoszeń patentowych, w tym 1 w trybie PCT *Process of manufacturing textile barrier materials*. [zał. 6]

Wykaz najważniejszych osiągnięć wdrożeniowych

Brałam udział jako główny wykonawca w realizacji projektów badawczo-rozwojowych i celowych, w wyniku których zostały opracowane (przy moim merytorycznym udziale) i wdrożone do praktyki przemysłowej następujące technologie:

- Technologia przeciwkurczliwego wykończenia tkanin bawełnianych przy wykorzystaniu niskoformaldehadowego związku sieciującego. (ZPB "Eskimo", Łódź)
- Metoda zmniejszenia zużycia wody przez wtórne jej wykorzystanie w ciągłej szerokościowej pralni (PZPB "Pamotex", Pabianice, ZPB "Maltex", Łódź)



- Energooszczędna technologia apreturowania poliestrowo-celulozowych tkanin płaszczykowych przy wykorzystaniu techniki odsysania próżniowego (PZPB "Pamotex", Pabianice)
- Zmniejszenie zużycia wody w procesach wykończalniczych przez zastosowanie aerodynamicznych metod odwadniania wyrobów włókienniczych (ZTD "Detex", Łódź)
- Zastosowanie techniki odsysania próżniowego w procesie odwadniania dzianin z włókien syntetycznych (ZPJ "Miranda", Turek)
- Efektywny proces odwadniania tkanin bawełnianych przed suszeniem (ZPB "Bielbaw", Bielawa)
- Energooszczędny proces apreturowania tkanin metodą mokro na mokro (Optex S.A., Opoczno)
- Kwas nadooctowy jako środek bielący wyroby z włókien celulozowych (Fabryka Wyrobów Lnianych, Żyrardów)
- Zastosowanie techniki odsysania próżniowego w procesach odwadniania tkanin z włókien syntetycznych i ich mieszanek z włókien celulozowych (ZPJ DOLWIS, Leśna)
- Dżianiny na odzież rekreacyjną o właściwościach ochronnych przed promieniowaniem UV, (ZPDz "Fala" Sp. z o.o. w Gdańsku)
- Dżianiny na letnią odzież dziecięcą o optymalnych właściwościach barierowych i użytkowych, („AGW-KOLOR” Sp. z o.o. w Łodzi)
- Technologia odzysku wody i ciepła ze ścieków wykończalniczych (ZPJ "Dolwis" S.A. w Leśnej)

Wyniki realizowanych z moim udziałem prac badawczych były prezentowane ogółem na 93 konferencjach naukowych (międzynarodowych i krajowych), w tym:

- 38 krajowych
 - 55 międzynarodowych,
- na których wygłaszałam referaty lub prezentowałam postery.

2.5 Udział w projektach badawczych, krajowych i międzynarodowych

Od 1991 roku aktywnie uczestniczę w pozyskiwaniu projektów badawczych, badawczych-rozwojowych, celowych finansowanych z krajowych środków budżetowych w ramach konkursów ogłaszanych przez KBN, MNiSW, NCBiR, MRR.
[zał. 1]

W latach 1991 – 2014

byłam kierownikiem

- 5 projektów badawczych własnych
- 4 projektów badawczych zamawianych
- 1 projektu badawczego specjalnego
- 3 projektów celowych
- 2 projektów w ramach POIG (EFRR)

byłam głównym wykonawcą w :

- 4 projektach badawczych własnych
- 1 projekcie badawczym zamawianym
- 5 projektach celowych.

Ponadto kierowałam 6 projektami międzynarodowymi w ramach umów międzynarodowych [zał. 1].

W latach 2007-2014 kierowałam – jako koordynator całego projektu – pracami w ramach projektu kluczowego POIG 01.03.01-00-006/08 „*Barierowe materiały nowej generacji chroniące człowieka przed szkodliwym działaniem środowiska*” ENVIROTEX współfinansowanego z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego UE. Projekt ten o sumarycznej wartości 16,5 mln PLN realizowany był przez Konsorcjum Naukowe, którego Liderem był Instytut Włókiennictwa, a partnerami Politechnika Wrocławska, Politechnika Poznańska, Instytut Medycyny Pracy im. J.Nofera w Łodzi, CIOP-PIB i ITB Moratex.

2.6 Nagrody i wyróżnienia za działalność naukową

Za działalność naukowo-badawczo-wdrożeniową oraz wynalazczą otrzymałam w kraju:

odznaczenia państwowe

- Srebrny Krzyż Zasługi (1995)
- Złoty Krzyż Zasługi (2005)

oraz inne

- Złotą Odznakę Zasłużony Pracownik Przemysłu Lekkiego (1995)
- Srebrną Odznakę SWP (1995)
- Złotą Odznakę Honorową SWP (2010)
- Medal im. Profesora Edmunda Nekanda Trepki nadawany przez Stowarzyszenie Polskich Chemików Kolorystów



a także za granicą:

Krzyż Komandorski „l'Ordre du Mérite de l'Innovation Eureka” w trakcie 60 edycji Międzynarodowych Targów Wynalazczości, Badań Naukowych i Nowych Technik BRUSSELS INNOVA 2011, Bruksela 17-19.11.2011 w uznaniu zasług na polu wynalazczości,

Nagrodę i specjalne wyróżnienie Europejskiej Społeczności Kobiet Wynalazczyń i Innowatorek [*European Women Inventors & Innovators Network Exhibition, Conference & Awards*] przyznawana kobietom, których praca przekracza granice ich krajów i których działalność naukowa znalazła uznanie w kraju i zagranicą, Sztokholm 27-28.11.2013

oraz

Krzyż Kawalerski „l'Ordre du Mérite Européen de l'Innovation Eureka” na 63 edycji Międzynarodowych Targów Wynalazczości, Badań Naukowych i Nowych Technik BRUSSELS INNOVA 2014, Bruksela 13-15.11.2014 w uznaniu osiągnięć na polu wynalazczości.

Ponadto w latach 2007 – 2014 opracowane przy moim współudziale wynalazki i technologie zostały nagrodzone 20 medalami i 3 nagrodami specjalnymi na międzynarodowych targach i wystawach wynalazczości i innowacji, m.in. BRUSSELS INNOVA, CONCOURS LEPINE/Paryż, IENA/Norymberga, KIWIE/Seul, IWIS/Warszawa – Załącznik nr 7.

Opracowana przeze mnie wraz z zespołem technologia odzysku wody i ciepła ze ścieków wykończalniczych otrzymała w 2009 roku Nagrodę Gospodarczą Wojewody Łódzkiego natomiast technologia dzianin na letnia odzież dziecięcą o certyfikowanych właściwościach ochronnych przed szkodliwym promieniowaniem UV została wyróżniona w 2007 roku w kategorii Wynalazek w dziedzinie produktu lub technologii.

Nagrodę II stopnia na **XXXIX edycji Ogólnopolskiego Konkursu Poprawy Warunków Pracy**, Warszawa, 6 grudnia 2011 otrzymałam wraz z zespołem w kategorii prace naukowo-badawcze za opracowanie „*Nowoczesne środki ochrony indywidualnej przed promieniowaniem UV emitowanym ze źródeł sztucznych*”.



Opracowane przeze mnie wraz z zespołem technologie i nowe materiały nagrodzone zostały 3 Nagrodami Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz wyróżnione 8 dyplomami MNiSW. [zał. 7] W 2011 roku nagrodzono technologie: „Polipropylenowa włóknina kompozytowa o właściwościach rzeciwdrobnoustrojowych do filtracji powietrza” oraz „Sposób zwiększenia właściwości ochronnych przed promieniowaniem ultrafioletowym płaskich wyrobów włókienniczych wykonanych z włókien celulozowych” natomiast w 2014 roku technologię „Bezściekowy i niskotemperaturowy sposób bielenia z jednoczesną dezynfekcją wyrobów celulozowych”.

3. WSPÓŁPRACA MIĘDZYNARODOWA, UDZIAŁ W SIECIACH

Mam duże doświadczenie w międzynarodowej współpracy badawczej w dziedzinie inżynierii środowiska, chemii włókienniczej, biotechnologii dla włókiennictwa, technologii polimerowych w ramach projektów realizowanych w programach EUREKA, COST 847 oraz na podstawie umów dwustronnych z instytucjami naukowymi w następujących krajach:

Niemcy – ITV/Denkendorf, STFI/ Chemnitz, RWTH/ Aachen, DTNW/ Krefeld

Belgia – Centexbel/Gent

Czechy – inoTEX/ Dvur Kralove

Dania – DTU/ Lyngby, DTI/Taastrup

Rosja - INM/Sierpuhov

Hiszpania – AITEX/Alcoy

Węgry – InnovaTEXT/ Budapest

Ukraina – KNUTD/Kiev

a także z firmami chemicznymi: BASF, Zschimmer&Schwartz, Huntsman, Sumitomo Chemical Corporation

W latach 2002-2008 byłam koordynatorem Sieci Naukowej „Tekstyli i Zdrowie” (TEXMEDECO NET), która została założona z inicjatywy Instytutu Włókiennictwa w 2002. Działalność Sieci zmierzała do integracji środowiska naukowego w obszarze nauk medycznych, biologicznych, chemicznych, fizycznych, i włókiennictwa.

W skład sieci wchodziło 16 polskich instytucji naukowo-badawczych z zakresu włókiennictwa, medycyny, medycyny pracy i przemysłu skórzanego oraz 5 instytucji zagranicznych z obszaru chemii polimerów, technologii włókienniczych i medycyny.

Zakres działalności Sieci obejmował następujące obszary:

- „MED TEKSTYLIA” - tekstylia wspomagające zdrowie,
- „EKO TEKSTYLIA” - tekstylia bezpieczne dla człowieka,
- „ENVIRO TEKSTYLIA” – tekstylia chroniące człowieka przed zagrożeniami fizycznymi, chemicznymi i biologicznymi.

Jestem także przedstawicielem Instytutu Włókiennictwa w Radzie Programowej Centrum Zaawansowanych Technologii **PRO HUMANO-TEX**.

Od 2007 roku działam aktywnie jako przedstawiciel z Polski reprezentując Instytut Włókiennictwa w Międzynarodowej Sieci TEXTTRANET / GEDRT oraz Europejskiej Platformy Technologicznej TEXTILE ETP. TEXTTRANET to European Network of Textile Research Organizations natomiast GERDT to European Group for the Development of Textile Research.

IW jest członkiem rzeczywistym (wśród 32 członków - europejskie instytucje naukowo-badawcze i technologiczne działające w obszarze włókiennictwa i odzieżownictwa). Uczestniczę - zgodnie ze statutem Textranet-u - w pracach sieci oraz obligatoryjne w posiedzeniach Walnego Zgromadzenia oraz dobrowolnie w innych spotkaniach roboczych i tematycznych organizowanych dla członków sieci. EURATEX - The European Apparel and Textile Confederation organizacja handlowa typu non-profit działająca na rzecz promocji europejskiego przemysłu włókienniczego i odzieżowego oraz koordynującą, promującą i wspierającą działalność naukowo-badawczą i innowacyjną swoich instytucji członkowskich na forum instytucji Unii Europejskiej. Jako ekspert uczestniczę w spotkaniach tematycznych (np. InnoWater, Bruksela maj 2010; spotkania brokerskie – Horyzont 2020) wspierających tworzenie konsorcjów badawczych ubiegających się o projekty UE.

4. DZIAŁALNOŚĆ DYDAKTYCZNA, EKSPERCKA, POPULARYZUJĄCA NAUKĘ I ORGANIZACYJNA

Moja działalność dydaktyczna i edukacyjna związana jest z Instytutem Włókiennictwa i polega na zorganizowaniu w IW:

- staży dla absolwentów Politechniki Łódzkiej i Uniwersytetu Łódzkiego m.in. w ramach programu Kariera – Pierwsza Praca i Programu Kapitał Ludzki



- praktyk dla studentów PŁ – Wydział Chemiczny, Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska, Wydział Technologii Materiałowych i Wzornictwa Tekstyliów, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności; dla studentów UŁ – Wydział Chemiczny, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska

Pełniłam także rolę opiekuna naukowego:

- doktorantki mgr inż. Katarzyny Kowal – *umowa o staż nr 1/2012 z dnia 1.05.2012 dla doktoranta Politechniki Wrocławskiej w ramach projektu pod nazwą „Młoda Kadra” finansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Spójności, program Kapitał Ludzki, Priorytet IV, Działalność 4.1 Wzmocnienie i rozwój potencjału dydaktycznego uczelni oraz zwiększenie liczby absolwentów kierunków o kluczowym znaczeniu dla gospodarki opartej dla wiedzy. Miejsce stażu – Instytut Włókiennictwa; termin stażu 1.10 - 31.12.2012, tytuł pracy: „Nanomateriały domieszkowane związkami tytanu do wytwarzania powłok implantów i tekstyliów o właściwościach antybakteryjnych”;*
- doktoranta mgr Marcina H. Kudzina realizującego pracę doktorską „Wybrane badania w dziedzinie kwasów aminoalkilofosforowych” na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie (2010 – 2014).

Moja działalność ekspercka obejmuje następujące obszary aktywności:

- recenzowanie projektów badawczych-rozwojowych, celowych i specjalnych składanych na konkursy do MNiSW oraz NCBiR w dziedzinach: chemii włókienniczej, inżynierii środowiska, chemicznej obróbki włókien,
- opiniowanie dokumentów przygotowywanych w ramach programów regionalnych, ministerialnych, sektorowych; obecnie jestem głównym ekspertem b+r w procedurze przygotowywania dla NCBiR *Studium Wykonalności Programu Sektorowego dla branży włókienniczej*,
- nadzór merytoryczny nad ekspertyzami w dziedzinach chemii włókienniczej, analiz chemicznych wyrobów włókienniczych przygotowywanymi dla organów administracji państwowej oraz sądów,
- recenzowanie artykułów do czasopism: *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, *Desalination*, *Journal of Applied Polymer Science* – czasopisma na liście filadelfijskiej, *Przegląd Włókienniczy* – czasopismo o zasięgu krajowym.



Ponadto w latach 1999-2005 byłem redaktorem naczelnym Rocznika Prace Instytutu Włókiennictwa (ISSN 0370-016X) wydawanego przez Instytut Włókiennictwa w Łodzi.

Członkostwo w organizacjach naukowych

Oprócz działalności naukowo-badawczej, realizowanej w Instytucie Włókiennictwa, uczestniczę w pracach organizacji naukowych i naukowo-technicznych w kraju i za granicą. Od 1991 do 2011 byłem członkiem Rady Naukowej Instytutu Włókiennictwa, a w latach 1994-2003 pełniłem funkcję V-ce Przewodniczącego Rady Naukowej IW. Od 1998 r. jestem Członkiem Zwyczajnym Akademii Inżynierskiej w Polsce.

Ponadto jestem członkiem następujących organizacji naukowych:

- Polska Akademia Nauk – Sekretarz Komisji Włókiennictwa w PAN Oddział w Łodzi (kadencje 2003-2006, 2007-2009, 2010-2012)
- Stowarzyszenie Polskich Chemików Kolorystów, V-ce Prezes ds. Naukowych i Współpracy Międzynarodowej
- Międzynarodowa Federacja Chemików Kolorystów IFATCC – przedstawiciel Polski w Radzie Delegatów
- Konferencja Instytutów Naukowych (KIN) Łodzi i województwa łódzkiego przy PAN – oddział Łódź
- Rada Biznesu przy Wydziale Biologii i Ochrony Środowiska UŁ – członek założyciel I kadencji 2012/2016.

Jestem członkiem Rad Programowych i Komitetów Naukowych krajowych i międzynarodowych konferencji naukowo-technicznych:

- członek Komitetu Naukowego Międzynarodowego Sympozjum EL-TEX (od 1998)
- członek rady programowej Seminarium Naukowo-Technicznego Chemików Kolorystów (od 1994)
- członek Komitetu Naukowego Międzynarodowej Konferencji nt. *„Innowacyjne i ekologiczne materiały i technologie dla przemysłu obuwniczego i innych branż przemysłu lekkiego”*
- członek Komitetu Naukowego Międzynarodowej Konferencji Bawełniarskiej nt. *„Systemy oceny przetwórstwa i marketingu bawełny w XXI wieku”* – organizator Izba Bawełny w Gdyni
- członek Komitetu Naukowego i Rady Programowej Konferencji Technicznych i Specjalnych Wyrobów Włókienniczych – InnovaTex (Łódź, edycja 2013, 2014).

Moja działalność związana z **popularyzacją nauki** polega na przygotowywaniu przeze mnie materiałów publikowanych w formie wywiadów lub artykułów (autoryzowanych) w różnych periodykach i portalach internetowych - naukowo-technicznych i gospodarczych oraz w prasie codziennej (lokalnej i ogólnopolskiej). Są to, min.: *Magazyn Gospodarczy FAKTY*, portal *Nauka w Polsce – Serwis PAP*, portal *BIOTECHNOLOGIA.PL*, *Magazyn Polish Market*, *Newsweek*, *Rzeczpospolita*, *Gazeta Wyborcza – Łódź*.

Ponadto od 2011 roku uczestniczę aktywnie w charakterze eksperta – panelisty w kolejnych edycjach Europejskiego Forum Gospodarczego – Łódzkie popularyzując naukę w zakresie technologii włókienniczych oraz szeroko pojętej inżynierii materiałów oraz promując innowacyjne włókiennictwo wśród przedstawicieli biznesu i przemysłu. W tym samym celu biorę udział w edycjach Festiwalu Nauki i Sztuki w Łodzi wygłaszając referaty popularyzujące naukę oraz organizując akcje Dni Otwartych IW w ramach Festiwalu. W 2014 roku nadzorowałam organizację Akcji Dni Otwartych w IW w ramach programu 10Lat Polski w Unii Europejskiej.

