

Dr inż. Małgorzata Zimniewska, prof. IWNiRZ

AUTOREFERAT

**Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich
Zakład Innowacyjnych Technologii Włókienniczych
Poznań, ul. Wojska Polskiego 71b**

Poznań, czerwiec 2016



1. Imię i nazwisko

Małgorzata Zimniewska

2. Posiadane dyplomy, stopnie i tytuły naukowe

Tytuł magistra inżyniera włókiennika - 1983

Politechnika Łódzka, Wydział Włókienniczy, Mechaniczna Technologia Włókna,
Specjalizacja: Przędzalnictwo włókien lękowych,

Stopień doktora nauk technicznych - 2006

Politechnika Łódzka, Wydział Inżynierii i Marketingu Tekstyliów,
Tytuł rozprawy: Analiza wpływu składu surowcowego wyrobów odzieżowych na wybrane parametry fizjologiczne człowieka,

Wyróżnienie za pracę doktorską - 2006

przyznane przez Radę Wydziału Inżynierii i Marketingu Tekstyliów Politechniki Łódzkiej,

Stanowisko profesora nadzwyczajnego IWNiRZ - 2011

Nadane przez Radę Naukową Instytutu Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich

3. Dotychczasowe zatrudnienie:

- 2011 – nadal profesor nadzwyczajny IWNiRZ,
- 2007 – nadal – adiunkt IWNiRZ,
- 2004 – nadal – Kierownik Zakładu Innowacyjnych Technologii Włókienniczych,
- 2000 – nadal – Kierownik Pracowni Badań Fizjologicznego Oddziaływania Wyrobów Włókienniczych,
- 1994 – 2007 – asystent IWN,
- 1984 – 1994 – Kierownik Dzielni Doświadczalnej IKWN/IWN,
- 1983 – nadal – pracownik Instytutu Krajowych Włókien Naturalnych, który w 1992r. przyjął nazwę - Instytut Włókien Naturalnych, od 2009r. Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich.

4. Wskazanie osiągnięcia

Jednotematyczny cykl publikacji przedstawiam jako osiągnięcie naukowe stanowiące podstawę ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego zgodnie z treścią art. 16 ust. 1 i 2 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595 ze zm.).



Tytuł osiągnięcia:

Nowa metodyka badań humanoekologicznych aspektów odzieży oraz eksploracji surowców naturalnych w zakresie ich prozdrowotnych właściwości

Osiągnięcie obejmuje cykl publikacji na który składają się:

- Dziesięć artykułów, w tym pięć z bazy JCR, dwa rozdziały monografii oraz dwa artykuły w czasopiśmie spoza bazy JCR,
- Dwa patenty,
- Jedno zgłoszenie patentowe,

Usystematyzowany wykaz publikacji stanowiących jednotematyczny cykl składający się na osiągnięcie naukowe obejmuje następujące pozycje:

1. **M. Zimniewska**, Antioxidant Activity of Fibres Originating from Traditional Varieties of Polish Flax Plants. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, 2015; 23, 6(114), p. 41-47. DOI: 10.5604/12303666.1167418,

IF = 0.667, MNiSW = 25

Mój udział 100% - koncepcja badań i publikacji, wykonanie badań i przygotowanie publikacji,

2. **M. Zimniewska**, O. Goślińska-Kuźniarek, Evaluation of Antibacterial Activity of Flax Fibers Against the *Staphylococcus aureus* Bacteria Strain, *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe* 2016; 24, 2(116), p. 120-125, DOI: 10.5604/12303666.1191439,

IF 0.667, MNiSW = 25

Mój udział 80% - koncepcja badań i publikacji, wykonanie części badań i przygotowanie publikacji,

3. Patent 220546, Opatrunek wytworzony z naturalnych włókien łykowych lnu i/lub konopi sposób jego wytwarzania i zastosowanie naturalnych niemodyfikowanych genetycznie włókien łykowych lnu i/lub konopi do wytwarzania opatrunku, 2015,

Twórcy: **M. Zimniewska**, A. Szkaradkiewicz, A. Szlęzak, G. Spychalski, M. Przybylak – Władyka,

Mój udział 50% - koncepcja patentu, koncepcja badań, wykonanie badań z zakresu włókiennictwa i przygotowanie patentu,

4. **M. Zimniewska**, H. Witmanowski, R. Kozłowski, Clothing Effect on Selected Parameters of Oxidative Stress, *Lenzinger Berichte*, 2006, Vol. 85, p. 17-21,

Mój udział 70% - koncepcja badań i publikacji, wykonanie części badań i przygotowanie publikacji,

5. **M. Zimniewska**, R. Kozłowski, J. Batog, Nanolignin Modified Linen Fabric as Multifunctional Product, *Molecular crystals and liquid crystals*, 2008, Vol. 484, Issue 1, p. 43/[409]- 50/[416], DOI: 10.1080/15421400801903395,

IF 0.537, MNiSW = 10



Mój udział 45% - koncepcja badań oraz koncepcja publikacji, wykonanie części badań, współudział w analizie wyników i w przygotowaniu publikacji,

6. R. Kozłowski, **M. Zimniewska**, J. Batog, Nanolignina jako czynnik antybakteryjny oraz blokujący promieniowanie ultrafioletowe w wyrobach włókienniczych, *Przemysł chemiczny* 87 (12) 2008, p.1178-1180,

IF= 0,254, MNiSW = 15

Mój udział 45% - koncepcja badań oraz koncepcja publikacji, wykonanie części badań współudział w analizie wyników i w przygotowaniu publikacji,

7. **M. Zimniewska**, J. Batog, R. Kozłowski, M. Pawlaczyk, Nanotechnology for Patients Requiring Photo Protection, rozdział monografii: *Innovative Materials & Technologies in Made-up Textile Articles and Footwear*, edited by I. Frydrych & M. Pawłowa, Technical University of Lodz, 2008, ISBN 978-83-7283-265-8, p. 196-202

Mój udział 60% - koncepcja badań i publikacji, wykonanie części badań, analiza wyników i przygotowanie publikacji,

8. **M. Zimniewska**, J. Batog, E. Bogacz, B. Romanowska, Functionalization of Natural Fibres Textiles by Improvement of Nanoparticles Fixation on Their Surface, *Journal of Fiber Bioengineering & Informatics*, 2012, Vol. 5, Issue 3, p. 321-329, DOI: 10.3993/jfbi09201210,

Mój udział 45% - koncepcja badań i publikacji, wykonanie części badań, współudział w analizie wyników i przygotowanie publikacji,

9. **M. Zimniewska**, J. Batog, Ultraviolet-blocking properties of natural fibres, Rozdział monografii *Handbook of natural fibres. Processing and applications*, 2012, Vol. 2, Woodhead Publishing Series in Textiles, DOI: 10.1533/9780857095510.1.141, p. 141-167,

Mój udział 60% - koncepcja badań i publikacji, wykonanie części badań, analiza wyników i przygotowanie publikacji,

10. Patent europejski No EP 2150649 B1 "Cellulose fibre textiles containing nanolignin, a method of applying nanolignin onto textiles and the use of nanolignin in textile production", 2012, Twórcy: R. Kozłowski, **M. Zimniewska**, J. Batog,

Mój udział 45% - koncepcja i wykonanie części badań, opracowanie patentu,

11. Zgłoszenie patentowe: P 411869, Odzież działająca jako suplement opatrunku w terapii chorób dermatologicznych, 2015, Twórcy: **M. Zimniewska**, I. Krucińska, I. Frydrych, P. Mikołajczak, K. Schmidt-Przewoźna, A. Komisarczyk, A. Cichocka, M. Urbaniak, M. Pawlaczyk, B. Romanowska, L. Herczyńska, S. Kowalska, M. Gromek, J. Banach,

Mój udział 17% - kierowanie projektem naukowo - badawczym obejmującym badania opisane w zgłoszeniu patentowym, pomysłodawca, koncepcja zgłoszenia patentu, wykonanie części badań, udział w analizie wyników oraz opracowanie zgłoszenia patentowego,

12. **M. Zimniewska**, M. Laurentowska, E. Bogacz, J. Kryściak, K. Domaszewska, O. Zimniewska, Influence of Sportswear Made from Polyester and Man-Made Cellulosic



Fibres on the Energy Cost of Physical Effort, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 2010, Vol. 18, 3 (80), p. 94-99,

IF=0,629, MNiSW = 20

Mój udział 60% - koncepcja badań i publikacji, wykonanie części badań, analiza wyników i przygotowanie publikacji,

13. **M. Zimniewska**, *Comfort of protective textiles*, Rozdział monografii: *Functional Protective Textiles*, 2012, ISBN-978-953-7105-45-7, p. 375-399,

Mój udział 100% - koncepcja publikacji, przygotowanie publikacji.

Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Dbłość o zdrowie społeczeństwa oraz poprawa jakości życia stały się w XXI wieku wartością nadrzędną stanowiącą jedno z kluczowych wyzwań dla nowych kierunków rozwoju gospodarki oraz wielu dziedzin nauki. Obserwowany trend w zakresie rozwoju i wdrażania prozdrowotnych rozwiązań jest po części uwarunkowany wzrostem średniej wieku społeczeństwa europejskiego, przewiduje się, że w 2060 roku aż 30% całej populacji europejskiej będą stanowić osoby powyżej 65 roku życia. Zwiększenie populacji osób starszych wiąże się z koniecznością wdrożenia szerokiej i wieloaspektowej prewencji chorób, w tym chorób cywilizacyjnych. Zdolność organizmów osób starszych do obrony przed negatywnym wpływem zanieczyszczonego środowiska oraz bogatej w chemiczne środki konserwujące żywności jest znacznie niższa niż w przypadku młodych silnych organizmów. Ta część populacji społeczeństwa znacznie częściej niż osoby młode, zapada na przewlekłe choroby, dlatego w sposób szczególny należy ją chronić przed szkodliwym wpływem czynników zewnętrznych.

Nie mniej jednak, dążenie do eliminacji negatywnego oddziaływania środowiska na organizm człowieka powinno stanowić strategiczny kierunek w programie prewencji chorób w odniesieniu do całego społeczeństwa niezależnie od wieku. Dlatego niezmiernie ważny jest rozwój badań nad zdefiniowaniem szkodliwych czynników środowiskowych oraz identyfikacją ich wpływu na organizm człowieka.

Najbliższym środowiskiem każdego człowieka jest odzież, która poprzez bezpośredni kontakt z ciałem oddziałuje na jego organizm, wpływa na kondycję skóry, poczucie komfortu oraz kształtuje parametry fizjologiczne użytkownika.

Obserwowany w ostatnich latach rozwój humanoekologii wpisuje się w wyżej opisane potrzeby wynikające z konieczności ochrony zdrowia człowieka w obliczu oddziaływania czynników zewnętrznych. Odzież wchodząca w interakcję z ciałem człowieka zazwyczaj badana jest w kontekście komfortu użytkowania oraz właściwości barierowych w przypadku odzieży ochronnej. W dostępnej literaturze brak jest doniesień w zakresie badań wpływu wyrobów włókienniczych na organizm człowieka. Luka w badaniach pozakomfortowych parametrów fizjologicznych człowieka noszącego codzienną odzież oraz potrzeba udokumentowania prozdrowotnych właściwości włókien łykowych, ukierunkowała moją drogę naukową. Pierwsze badania dotyczące wpływu składu surowcowego odzieży na aktywność ruchową mięśni, a co za tym idzie na wzrost lub redukcję tendencji do zmęczenia



użytkownika były celem mojej pracy doktorskiej. Po obronie pracy doktorskiej, za którą otrzymałam wyróżnienie Rady Wydziału Inżynierii i Marketingu Tekstyliów Politechniki Łódzkiej, kontynuowałam badania nad innymi kluczowymi aspektami oddziaływania tekstyliów na organizm człowieka.

W kontekście powyższego wytyczyłam cel mojej pracy: rozwój unikatowych metod oceny humanoekologicznych aspektów odzieży oraz pierwotnych prozdrowotnych właściwości włókien lnianych.

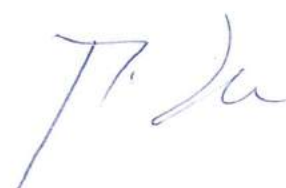
Dzięki prowadzonym rozważaniom i eksperymentom naukowym, stworzyłam własną szkołę badań humanoekologicznych aspektów odzieży z wykorzystaniem unikatowych metod badawczych. W moich pracach koncentrowałam się z jednej strony na wyrobach z włókien lnianych badając pierwotne nieznanne właściwości włókna w celu wytyczenia metod efektywnego wykorzystania tych surowców do wytwarzania prozdrowotnych wyrobów włókienniczych. Wyniki moich badań doprowadziły do identyfikacji nieopisanej do tej pory aktywności biologicznej lnu w zakresie właściwości antyoksydacyjnych i antybakteryjnych. Z drugiej strony, zaadoptowałam metody badań organizmu człowieka, niestosowane we włókiennictwie, do oceny humanoekologicznych aspektów odzieży. Do swoich badań wykorzystywałam stosowaną w medycynie metodę badania stresu oksydacyjnego w organizmie człowieka oraz metodę stosowaną u sportowców do badania wydatku energetycznego organizmu w warunkach obciążenia wysiłkiem fizycznym. Niekonwencjonalne metody badań aspektów humanoekologicznych odzieży stosowałam w pracach mających na celu wzmocnienie prozdrowotnych właściwości odzieży.

Prowadzone przeze mnie prace dotyczyły badań odzieży zarówno codziennej, jak i odzieży o nadanych określonych właściwościach. Nadawanie nowych właściwości wyrobom włókienniczym jest możliwe na każdym etapie łańcucha technologicznego, począwszy od procesu wytwarzania włókien a skończywszy na gotowych wyrobach, z wykorzystaniem zaawansowanych technologii, w tym nanotechnologii, mikroenkapsulacji, fizykochemicznych i biologicznych modyfikacji powierzchniowych, specjalistycznych technik wykończeniowych i innych.

Istotnym w funkcjonalizacji wyrobów włókienniczych, oprócz nadania specyficznych właściwości zdeterminowanych wymogami aplikacyjnymi, jest zapewnienie użytkownikowi zdrowia i bezpiecznego użytkowania, stąd też konieczne jest prowadzenie badań w zakresie wykluczenia ewentualnego negatywnego wpływu na parametry fizjologiczne człowieka, niepożądanego cytotoksyczności, działań alergizujących czy drażniących w bezpośrednim kontakcie wyrobu z organizmem użytkownika.

Metody nadawania wyrobom włókienniczym określonych prozdrowotnych właściwości, opierające się na zasadzie efektywnego wykorzystania surowców naturalnych zgodnie z wymogami pro-humoekologii stanowią jedno z najbezpieczniejszych rozwiązań technologicznych pod względem zapewnienia korzystnego oddziaływania tekstyliów na organizm człowieka.

Badania, których rezultaty zostały zaprezentowane w jednotematycznym cyklu publikacji składającym się na osiągnięcie naukowe stanowiące podstawę ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego obejmują wykorzystanie unikatowych metod do oceny humanoekologicznych aspektów odzieży oraz eksploracji surowców naturalnych w celu



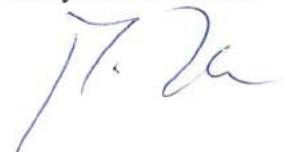
zagwarantowania wyrobom prozdrowotnych właściwości i ich pozytywnego wpływu na organizm człowieka. Rezultaty tych prac stanowią nową wiedzę z zakresu humanoekologii wyrobów włókienniczych. Wyniki badań odzieży prowadzonych z wykorzystaniem opracowanych przeze mnie metod, w praktyce przyczynią się do stworzenia podstaw do kastomizacji, czyli umożliwienia konsumentom dokonania niestandardowego wyboru odzieży w celu zaspokojenia osobistych potrzeb oraz umożliwienia prowadzenia zdrowego stylu życia, dzięki udokumentowaniu wpływu wyrobów włókienniczych o określonych właściwościach na organizm człowieka.

Z drugiej strony wykorzystanie wyników moich badań w procesach projektowania i produkcji odzieży stwarza szansę dla firm włókienniczych do zdobycia konkurencyjnej pozycji na rynkach tekstyliów poprzez wdrożenie do produkcji innowacyjnych wyrobów o wysokich walorach pro-humanoeologicznych i tym samym stawienia czoła trudnej sytuacji w sektorze włókienniczym wynikającej z zalewu rynków europejskich tanimi wyrobami produkowanymi w Azji, które nie spełniają wymogów pro-humanoeologii.

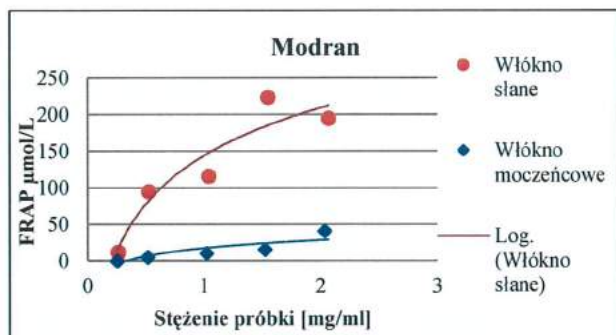
Wyroby wykonane z włókna lnu są cenione przez użytkowników ze względu na ich specyficzne właściwości gwarantujące komfort fizjologiczny w warunkach codziennego życia oraz bliżej nieokreślone do tej pory, właściwości prozdrowotne. Odzież z włókien naturalnych jest zawsze rekomendowana przez lekarzy jako najbezpieczniejsza dla pacjentów ze skłonnościami do alergii, dotkniętym chorobami skóry, leczonych immunosupresyjnie oraz z innymi dolegliwościami, w przypadku których prowadzenie terapii wiąże się z koniecznością eliminacji ewentualnego niekorzystnego wpływu czynników zewnętrznych, w tym odzieży.

Powszechnie znana jest opinia o korzystnym wpływie odzieży lnianej na poczucie komfortu, noszonej zwłaszcza w warunkach niskiego oraz umiarkowanego wysiłku fizycznego, dzięki takim właściwościom jak wysoka higroskopijność oraz przepuszczalność powietrza gwarantujące skórze oddychalność, wysoka retencja wody eliminująca uczucie dyskomfortu poprzez redukcję efektu „mokrego podkoszulka”, chłodny chwyt, absorpcja promieniowania ultrafioletowego i inne. Do tej pory jednak nie ma w dostępnej literaturze wyjaśnienia na czym polega fenomen specyficznej synergii między organizmem człowieka a wyrobem lnianym oraz jakie właściwości lnu determinują jego funkcjonalność i jaki jest mechanizm tego zjawiska.

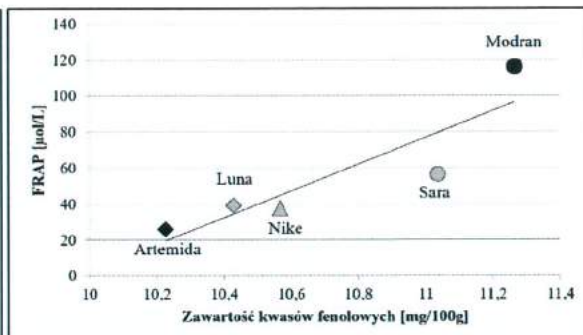
Do zidentyfikowania pierwotnych pro-humanoeologicznych, nieznanych do tej pory właściwości tradycyjnego włókna lnu, w postaci aktywności antyoksydacyjnej doprowadziłam poprzez badania włókna pochodzącego z polskich odmian roślin włóknistych [1]. Zbadałam włókno pochodzące z różnych odmian lnu, które zostało wydobyte z łodyg z wykorzystaniem tradycyjnego procesu roszenia na polu, tzw. siania lub moczenia, czyli roszenia wodnego. Stwierdziłam, że włókno lnu w swoim składzie chemicznym zawiera kwasy fenolowe, których ilość jest skorelowana z ilością ligniny zawartej w lnieniu, przy czym włókno wydobyte z łodyg z wykorzystaniem procesu siania charakteryzuje się wyższą zawartością zarówno ligniny, jak i kwasów kumarowego oraz felurowego. Różnice w składzie chemicznym włókna wydobytego z wykorzystaniem różnych metod roszenia wynikają ze zróżnicowanej specyfiki tych procesów, w przypadku lnu roszonego w wodzie, część fenylokwasów uległa rozpuszczeniu. W badaniach dowiodłam, że włókno lnu charakteryzuje się zróżnicowaną aktywnością antyoksydacyjną, zależną od odmiany roślin włóknistych oraz sposobu roszenia. Badania włókna prowadzone były z wykorzystaniem metody FRAP Ferric



Ion Reducing Antioxidant Parameter, która polega na oznaczeniu całkowitej aktywności oksydacyjnej włókna poprzez określenie zdolności redukcji jonów Fe^{3+} do jonów Fe^{2+} . Stwierdziłam, że włókno lnu odmiany Modran pozyskane z łodyg roślin z wykorzystaniem metody siania charakteryzuje się najwyższą z badanych aktywnością antyoksydacyjną i najwyższą zawartością kwasów fenolowych (Rysunek 1 i 2).



Rys. 1. Wartość FRAP oznaczona dla sianowego oraz moczeńcowego włókna lniowego odmiany Modran przy różnych stężeniach próbki



Rys. 2. Zależność wartości FRAP od zawartości kwasów fenolowych we włóknie sianowym wydobytym z różnych odmian roślin włóknistych

Analiza statystyczna wyników badań potwierdziła silną korelację między zdolnością włókna lnu do redukcji jonów żelaza a zawartością kwasów fenolowych. Współczynnik korelacji liniowej Pearsona między aktywnością antyoksydacyjną badaną metodą FRAP a zawartością kwasów fenolowych we włóknie wynosi 0,89, natomiast w przypadku kwasu ferulowego, współczynnik korelacji wyniósł 0,88, dla kwasu kumarowego współczynnik Pearsona osiągnął wartość 0,9.

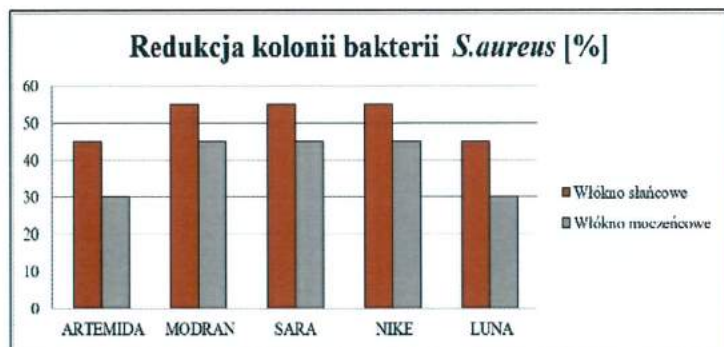
Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdziłam, że włókno lniane sianowe odmiany Modran posiada niezidentyfikowane do tej pory właściwości antyoksydacyjne, swoją oryginalną pierwotną funkcjonalność zawdzięcza stosunkowo wysokiej zawartości kwasów fenolowych, stanowiących ważną grupę przeciwutleniaczy.

Z punktu widzenia praktycznego wykorzystania wyników prowadzonych przeze mnie badań aktywności antyoksydacyjnej włókna lnu stwierdzam, iż odzież wykonana ze sianowego włókna lnu odmiany Modran będzie charakteryzować się zdolnością do częściowej neutralizacji reaktywnych form tlenu na naskórku i w bliskim otoczeniu skóry człowieka, włączając w to ochronę przed wolnymi rodnikami powstałymi na skutek działania promieniowania ultrafioletowego. Funkcjonalność odzieży lnianej w postaci aktywności antyoksydacyjnej jest istotna z punktu widzenia osób cierpiących na schorzenia dermatologiczne, pacjentów leczonych immunosupresyjnie lub osób z obniżoną odpornością organizmu.

Właściwości antyoksydacyjne włókna lnu determinują jego aktywność biologiczną. Na podstawie wyników kolejnych prac określiłam poziom aktywności antybakteryjnych włókna lnu, które są uwarunkowane jego składem chemicznym wynikającym z odmiany roślin włóknistych oraz sposobu roszczenia [2]. W dostępnej literaturze naukowej brak jest doniesień dokumentujących uwarunkowania aktywności antybakteryjnej włókien lnianych, informacja o antybakteryjności tych włókien jest przekazywana formie opinii formułowanych na podstawie przekazów ludowych nieopartych badaniami naukowymi.

Badania aktywności antybakteryjnej wyżej opisanych włókien lnianych o zidentyfikowanych właściwościach antyoksydacyjnych prowadzone były z użyciem bakterii *Staphylococcus*

aureus, ponieważ ten szczep bakterii należy do najczęstszych czynników etiologicznych zakażeń miejsc operowanych u człowieka. Do badań wykorzystano szczepy bakterii klinicznych izolowanych z zakażonych ran skórnych pacjentów. Bakterie pobrane od chorych były inkubowane na podłożu z agaru z krwią owczą w warunkach tlenowych w temperaturze 37°C przez okres 20 -24 godziny. Próbki włókna umieszczone na pożywce TSA (agar tioglikolanowo-sojowy) z zawiesiną bakteryjną o gęstości 0,5 McF inkubowano w temperaturze 37°C przez okres 18 – 24 godzin. Efekt antybakteryjny badanego materiału oznaczono metodą dyfuzyjną, zgodnie z normami: EN ISO 20645:2004 oraz PN-EN ISO 20645:2006 – „Płaskie wyroby włókiennicze. Wyznaczanie aktywności antybakteryjnej. Metoda dyfuzji na płytce z agarem”.



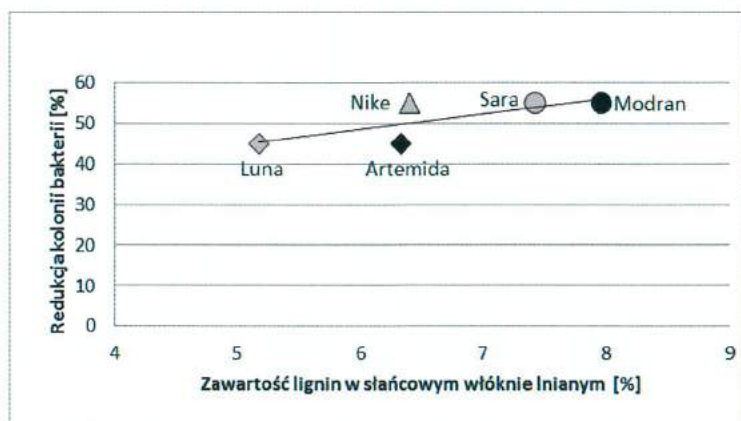
Rys. 3. Właściwości antybakteryjne słańcowego lub moczeńcowego włókna lnu pochodzącego z różnych odmian roślin włóknistych

W wyniku przeprowadzonych badań wykazałam wyższą zdolność redukcji kolonii bakterii *Staphylococcus aureus* w przypadku włókna lnianego wydobytego w roślin włóknistych z wykorzystaniem metody siania w porównaniu z włóknem moczeńcowym, co zostało zilustrowane na Rysunku 3, przy czym włókno słańcowe odmian: Modran, Sara i Nike charakteryzuje się najsilniejszymi właściwościami antybakteryjnymi; ich zdolność zabijania bakterii została sklasyfikowana zgodnie z normą na pośrednim poziomie aktywności między ograniczonym, a średnim. Rysunek 4, który jest obrazem mikroskopowym włókna lnu i bakterii *Staphylococcus aureus* ilustruje antybakteryjną aktywność włókna odmiany Modran. W obrazie mikroskopowym na powierzchni włókna widoczne są pomarańczowe martwe bakterie *Staphylococcus aureus* oraz obok - żywe bakterie w kolorze zielonym. Przedstawiony obraz mikroskopowy potwierdza, że włókno lnu spowodowało zabicie bakterii znajdujących się bezpośrednio na jego powierzchni.

Włókno moczeńcowe wszystkich odmian lnu oraz włókno Luna i Artemida niezależnie od sposobu rosznienia wykazują niewystarczającą zdolność do zabijania bakterii, określoną na podstawie normy, ponieważ ich skuteczność redukcji kolonii bakterii zawiera się w granicach 30 – 50%. W badaniach dowiodłam, że każdy rodzaj włókna lnianego niezależnie od zastosowanej metody rosznienia posiada pewną zdolność redukcji kolonii bakterii *Staphylococcus aureus*, przy czym niższą aktywność włókna lnianego moczeńcowego oraz włókna Luna i Artemida należy sklasyfikować jako bakteriostatyczną.



Rys. 4. Mikroskopowy obraz włókna lnu odmiany Modran i bakterii *Staphylococcus aureus* – bakterie w kolorze pomarańczowym są martwe, zielone punkty na obrazie oznaczają żywe bakterie; Mikroskop fluorescencyjny Nikon Eclipse E200, powiększenie x100



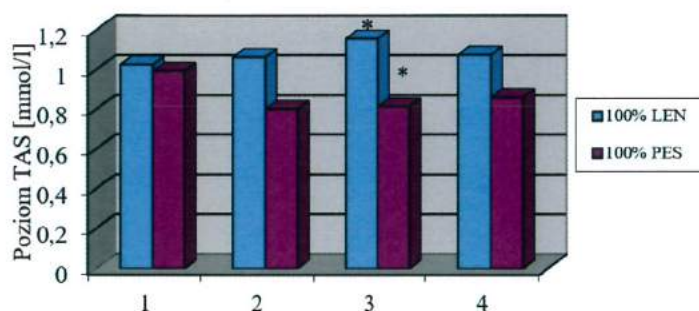
Rys. 5. Zależność między zawartością lignin w słańcowym włóknie lnianym a jego zdolnością do redukcji kolonii bakterii *Staphylococcus aureus*

Zdolność redukcji kolonii bakterii jest ściśle związana z zawartością ligniny w składzie chemicznym włókna, potwierdza to Rysunek 5. Włókna lniane wydobyte z łodyg roślin z wykorzystaniem procesu siania, charakteryzują się wyższą zawartością ligniny i związanych z nią kwasów fenolowych, co stanowi główny czynnik determinujący aktywność antybakteryjną lnu. W trakcie procesu siania pod wpływem warunków klimatycznych następuje rozwój mikroorganizmów, głównie grzybów, które wydzielając enzymy powodują degradację pektyn, białek, cukrów, skrobi, wosków, tłuszczu i minerałów doprowadzając do rozkładu zdrewniałych części łodygi i rozklejenia tasiemek włókien. W moich badaniach dowiodłam, że na powierzchni włókna słańcowego rezydują kolonie grzybów w ilości ok. 10 000 krotnie wyższej niż w przypadku włókna moczeńcowego. Aktywność grzybów obecnych na powierzchni włókna słańcowego wzmacnia antybakteryjny potencjał lnu, np. obecne na lnie słańcowym grzyby *Epicoccum nigrum* oraz *A. Alternata*, wytwarzają metabolity wtórne, które wykazują selektywną toksyczność wobec innych drobnoustrojów wzmacniając działanie antybakteryjne włókna. W procesie rosznienia wodnego, obserwuje się głównie aktywność bakterii beztlenowych, które są odpowiedzialne za rozpad pektyn na skutek mikrobiologicznego utleniania galaktozy.

Przeprowadzona przeze mnie analiza aktywności biologicznej włókna lnianego oraz zdeterminowanie właściwości antyoksydacyjnych i antybakteryjnych pozwoliły na opracowanie opatrunku lnianego [3]. Opatrunek w postaci opracowanej przeze mnie tkaniny

wykonanej z bioaktywnych włókien lnianych o właściwościach antybakteryjnych i antyoksydacyjnych posiada określone parametry strukturalne, niską sztywność zginania, oraz charakteryzuje się wysoką zdolnością retencji płynów. W celu sprawdzenia możliwości wykorzystania opatrunków wykonanych z niemodyfikowanych genetycznie włókien lnu oraz oceny skuteczności leczenia ran przeprowadzono badania kliniczne na pacjentach z poradni chirurgicznej cierpiących na niegojące się owrzodzenia żylakowate podudzia oraz rany stopy cukrzycowej. Badania potwierdziły skuteczność stosowania opatrunków lnianych w przypadkach trudno gojących się ran. Zaobserwowano stosunkowo szybkie wygojenie się ran zakażonych bez stosowania antybiotyków, soli srebra i innych środków bakteriobójczych. W ranach zainfekowanych bakteriami opornymi na antybiotyki nastąpiło gojenie ran, tzw. naskórkowanie, mimo dodatnich posiewów bakteriologicznych. Opatrunki lniane hamowały rozwój bakterii, skutecznie odprowadzały wysięk z ran. Opracowanie opatrunku z niemodyfikowanych genetycznie włókien lnianych stanowi praktyczne wykorzystanie wyników prowadzonych przeze mnie badań.

W badaniach powyżej poprzez eksplorację włókna lnu, doprowadziłam do zdefiniowania nowych pro-humanoeologicznych właściwości lnianego surowca włókienniczego. Potencjał bioaktywności włókna lnianego jest ściśle związany z odmianą roślin włóknistych oraz metodą rosznienia, które to czynniki mają wpływ na zawartość aktywnych substancji we włóknie. Odzież lniana dostępna na rynku nie jest zaopatrzona w pełną charakterystykę bioaktywności, brak jest informacji z jakich odmian roślin pochodzi włókno wykorzystane do wytworzenia danej odzieży. Zazwyczaj jest to mieszanka włókna lnu pochodzącego z różnych odmian o zróżnicowanej zawartości lignin i kwasów fenolowych, stąd też aktywność biologiczna tej odzieży może być umiarkowana. Jednakże niezależnie od tego, odzież lniana gwarantuje użytkownikowi komfort i dobre samopoczucie w warunkach życia codziennego. Moja kolejna praca była poświęcona badaniu wpływu odzieży lnianej na parametry stresu oksydacyjnego w organizmie człowieka [4]. Celem tej pracy było opracowanie metody oraz ocena odzieży pod kątem możliwości wywoływania zmian parametrów stresu oksydacyjnego użytkownika, a tym samym zidentyfikowanie nowego humanoeologicznego aspektu odzieży.



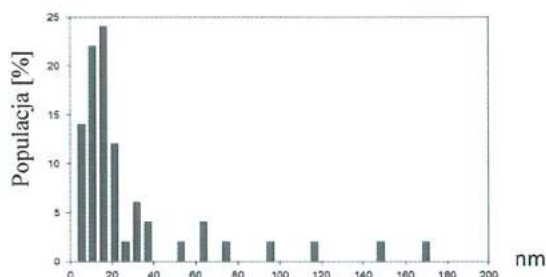
Rys. 6. Poziom całkowitej rezerwy antyoksydacyjnej u osób noszących odzież lnianą lub poliestrową 1. wartość początkowa, 2. po 8 godzinach spoczynku, 3. po 20 min wysiłku, 4. po okresie restytucji

Do badań zaprosiłam ochotników, których poprosiłam o noszenie komercyjnej odzieży lnianej a następnie do celów porównawczych - odzieży poliestrowej. Doświadczenia prowadziłam w warunkach spoczynku trwającym 8 godzin, umiarkowanego wysiłku

fizycznego trwającego 20 minut oraz restytucji powysiłkowej do ustabilizowania pulsu. W tym czasie badane były parametry: temperatura i wilgotność skóry oraz czterokrotnie pobierana była krew do oznaczeń biochemicznych. Parametry stresu oksydacyjnego oznaczane były z wykorzystaniem metody kolorymetrycznej Randox Laboratories Ltd. GB. W badaniach wykazałam, że w trakcie prowadzenia doświadczenia zwiększa się różnica między wartością całkowitej rezerwy antyoksydacyjnej (TAS) u osób noszących odzież lnianą w porównaniu z odzieżą poliestrową, mimo że wartości początkowe tego parametru były na podobnym poziomie. Różnica TAS pogłębiła się w sposób znamieny po umiarkowanym wysiłku fizycznym, co zostało oznaczone „*” na Rysunku 6. Uzyskany wynik świadczyć może o wyczerpaniu rezerw antyoksydacyjnych wskutek wystąpienia reakcji obronnej organizmu w obliczu warunków niekorzystnych dla użytkownika i konieczności neutralizacji zwiększonej ilości reaktywnych form tlenu powstających u osób ubranych w odzież poliestrową. Zmiana parametrów układu antyoksydacyjnego może świadczyć o wystąpieniu u osób ubranych w odzież poliestrową stanu stresu oksydacyjnego czyli zaburzeń fizjologicznych mechanizmów obronnych przeciwko reaktywnym formom tlenu. W przypadku noszenia odzieży lnianej nie odnotowałam zmniejszenia całkowitej rezerwy antyoksydacyjnej u badanych ochotników, zauważyłam nawet niewielki wzrost tego parametru, czym dowiodłam, że odzież lniana, nawet pochodząca z komercyjnych rynków, nie jest przyczyną powstania stresu oksydacyjnego w organizmie użytkownika. Dzieje się tak dzięki właściwościom wyrobów lnianych zapewniającym skórze swobodne oddychanie, dyfuzję cząstek pary wodnej ze strefy przyskórnej na zewnątrz, co zapobiega wzrostowi temperatury skóry pod odzieżą, dzięki czemu system fizjologicznej termoregulacji, odpowiedzialny za utrzymanie prawidłowej temperatury ciała człowieka nie odpowiada wzmożoną potliwością, niezbędną do utrzymania równowagi termicznej organizmu. Wyroby lniane charakteryzują się wysoką higroskopijnością, przepuszczalnością powietrza oraz brakiem zdolności do gromadzenia ładunków elektrostatycznych na swojej powierzchni, w przeciwieństwie do odzieży wykonanej ze standardowych włókien poliestrowych.

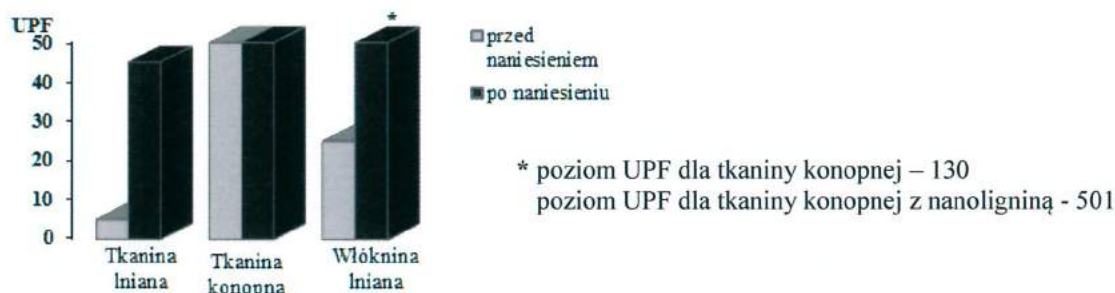
W celu wzmocnienia pierwotnych pro-humaniekoekologicznych właściwości wyrobów lnianych w zakresie aktywności biologicznej oraz barierowości przed promieniowaniem UV, które mogą być niesatysfakcjonujące z uwagi na niekontrolowane pod względem bioaktywności warunki produkcji włókna, podjęto badania z moim udziałem nad opracowaniem metody modyfikacji powierzchniowej płaskich wyrobów włókienniczych za pomocą nanocząstek ligniny na [5, 6, 7, 8, 9, 10]. Badania prowadzono w projekcie KB/50/13223/IT1-B/U/08 pt. "Modyfikacja lignocelulozowych wyrobów włókienniczych za pomocą biopolimerów o strukturze nano, w celu nadania produktom wielofunkcyjnych właściwości" realizowanym w ramach programu „Inicjatywa technologiczna I”, w którym byłam głównym wykonawcą. Lignina jest obok celulozy jednym z najważniejszych naturalnych polimerów będącym składnikiem roślinnej biomasy, charakteryzuje się jednak niską jakością i stanowi produkt odpadowy przemysłu drzewno-papierniczego. Dlatego wskazanie możliwości nowego wykorzystania odpadów ligniny stanowi wartość dodaną opracowanego rozwiązania. W badaniach wykorzystano ligninę kraft, którą rozdrobniono do skali nano przy użyciu ultradźwięków w roztworze wodnym bez stabilizatorów (stężenie nanoligniny w roztworze <1g/l). Wielkość cząstek nanoligniny oceniono przy użyciu transmisyjnego mikroskopu elektronowego JEM 1200 EX II, Joel. Największą liczbę nanocząstek ligniny uzyskano o wielkości do 20 nm, a rozrzut cząstek nanoligniny przedstawiono na Rysunku 7.





Rys. 7. Rozrzut cząstek nanoligniny

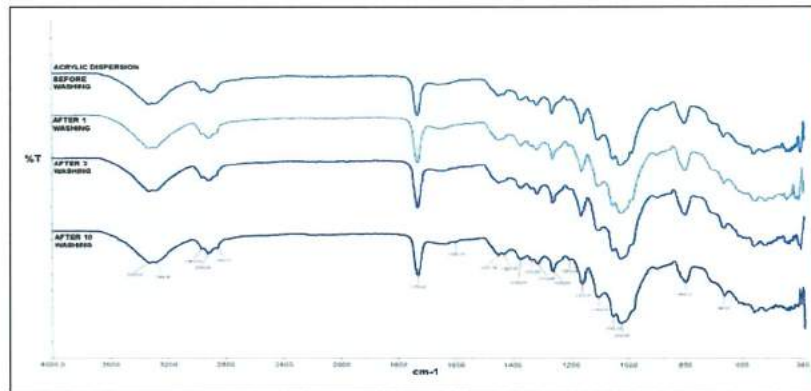
Wodny roztwór nanoligniny z dodatkiem emulsji silikonowej o stężeniu 25g/l jako środka wspomagającego nanoszono na tkaninę lnianą, konopną oraz na włókninę lnianą metodą napawania. Naniesienie roztworu nanoligniny z emulsją silikonową, zarówno na tkaninę lnianą, konopną, jak i włókninę lnianą znacznie poprawiało ich właściwości barierowe przed promieniowaniem ultrafioletowym, wyniki badań obrazuje Rysunek 8.



Rys. 8. Współczynnik barierowości przed UV tekstyliów po ośmiokrotnym naniesieniu roztworu nanoligniny z emulsją silikonową (25g/l)

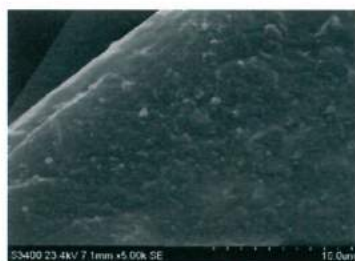
W celu zwiększenia trwałości naniesienia preparatu nanoligniny dodatkowo zastosowano środek wiążący w postaci dyspersji akrylowej o stężeniu 30g/l o pH 4,5 – 5,5. Po procesie napawania, tkaniny poddano suszeniu w temperaturze 90-100°C; sieciowanie prowadzono w temperaturze 150-160°C przez 2 minuty. Dyspersja akrylowa została wytypowana na podstawie badań porównawczych z udziałem innych związków, jako najbardziej efektywny środek w zakresie utrwalania nanocząstek na powierzchnię wyrobów z włókien litych. W badaniach wykorzystano również inne środki wiążące, tj. dyspersję poliuretanową, dyspersję octanu winylu, środek sieciujący na bazie DMDHEU oraz związek fluorowęglowy. Badania wskaźnika barierowości przed promieniowaniem ultrafioletowym prowadzone zgodnie z normą PN-EN 13758-1:2007 z wykorzystaniem aparatu Cary 50 Solascreen potwierdziły że zastosowanie roztworu nanoligniny z emulsją silikonową i dyspersją akrylową powoduje poprawę właściwości barierowych wyrobów włókienniczych mimo, że dodanie dyspersji akrylowej spowodowało częściowe obniżenie zdolności nanoligniny do absorbowania promieniowania UV. Potwierdzeniem trwałości naniesienia i odporności tkaniny lnianej impregnowanej roztworem nanoligniny z dyspersją akrylową na proces prania jest brak zmian w wartościach wskaźnika UPF po 10 cyklach prania. Badania tkanin z wykorzystaniem metody spektrofotometrii w podczerwieni przy użyciu spektrofotometru typu Perkin Elmer Spectrum 100 FTIR w zakresie długości fali 380–4000 cm⁻¹, potwierdziły brak jakichkolwiek zmian zarówno po 1, 3, jak i 10 cyklach prania, co

zostało przedstawione na Rysunku 9. Potwierdzeniem obecności nanoligniny na powierzchni tkaniny są również obrazy mikroskopowe SEM pokazane na rysunkach 10 i 11, wykazujące obecność nanocząstek ligniny na powierzchni tkaniny przed i po 10 cyklach prania.

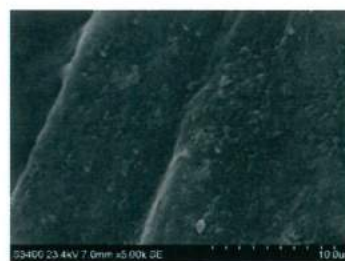


Rys. 9. Widma FTIR tkaniny lnianej z nanoligniną i dyspersją akrylową przed praniem i po 1, 3 i 10 cyklach prania

Badania skryningowe aktywności antybakteryjnej tkaniny lnianej z naniesionym preparatem nanoligniny z emulsją silikonową wykazały, że impregnowana tkanina posiada właściwości antybakteryjne w odniesieniu do ośmiu kultur bakterii najczęściej zagrażających zdrowiu człowieka, tj. *Corynebacterium xerosis*, *Bacillus licheniformis*, *Micrococcus flavus*, *Staphylococcus haemolyticus*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*. Badania wykonane zostały zgodnie z normą AATCC 147-1998 – „Oznaczenie działania przeciwbakteryjnego materiałów tekstylnych: metoda równoległych posiewów na płytce”. W celu przeprowadzenia badań przygotowano pożywkę TSA (agar tioglikolanowo-sojowy), na której wykonano posiew liniowy bakterii: *Corynebacterium xerosis* PCM555, *Bacillus licheniformis* Łosk 0808, *Micrococcus flavus* Łosk, *Staphylococcus haemolyticus* PCM 2113, *Staphylococcus aureus* ATCC6538, *Klebsiella pneumoniae* PCM555, *Escherichia coli* ATCC 10536, *Pseudomonas aeruginosa* Łosk 0885. Paski tkaniny lnianej z nanoligniną nasączone syntetycznym potem o pH kwaśnym przeniesiono na pożywkę TSA prostopadle do linii posiewu bakterii. Próby inkubowano w warunkach 37°C w czasie 24 godzin. Po tym czasie sprawdzano strefę zahamowania wzrostu bakterii na spodniej stronie tkaniny i na pożywce. Wyniki badania wykazały brak wzrostu bakterii pod tkaniną lnianą z nanoligniną.



Rys. 10. Obraz SEM tkaniny lnianej z nanoligniną i dyspersją akrylową - przed praniem



Rys. 11. Obraz SEM tkaniny lnianej z nanoligniną i dyspersją akrylową – po 10 cyklach prania

J. Ma

Tkaniny lniane z naniesioną na jej powierzchnię nanoligniną zostały poddane badaniom biofizycznym w celu oceny wpływu zastosowanej apretury na właściwości użytkowe. Na podstawie badań sztywności zginania tkanin lnianych prowadzonych zgodnie z normą PN-P-04631:1973) stwierdzono, że naniesienie roztworu nanoligniny z emulsją silikonową i dyspersją akrylową obniża wartość sztywności zginania tkaniny lnianej. Badania właściwości elektrostatycznych badane zgodnie z normą PN-E-05203:1992 potwierdziły, że impregnowana tkanina charakteryzuje się niską zdolnością gromadzenia ładunków elektrostatycznych. Badania wykonano w temperaturze 20°C przy względnej wilgotności powietrza 50%. Rezystancja powierzchniowa tkaniny wynosiła $<2 \times 10^{10} \Omega$.

Badanie wpływu preparatów nanoligniny z emulsją silikonową z dodatkiem dyspersji akrylowej na parametry biofizyczne tkaniny lnianej obejmowało wyznaczenie – oporu cieplnego i oporu pary wodnej metodą pocącej się zaizolowanej cieplnie płyty przy użyciu płyty typu SGHP-8.2 wraz z komorą środowiskową CEO 910-4 (wg normy PN-EN 31092:1998). Badano również przepuszczalność powietrza (wg normy PN-EN ISO 9237:1998) oraz higroskopijność w warunkach 65 i 100% wilgotności względnej (wg normy PN-P-04635:1980). Nie zaobserwowano żadnych istotnych zmian badanych parametrów i stwierdzono, że tekstylia impregnowane preparatami nanoligniny według opracowanej metody nie powodują pogorszenia właściwości biofizycznych tkanin, gwarantując komfort i pozytywne oddziaływanie na organizm człowieka.

Dodatkowo wykonano badania cytotoksyczności impregnowanej tkaniny lnianej. Cytotoksyczność badano z wykorzystaniem ludzkich fibroblastów skóry zgodnie z ATCC nr CRL-2522, USA. Czas inkubacji zawiesiny komórek o stężeniu 106/ml z włóknami lnu i konopi wynosił 90 i 180min. Ocena żywotności fibroblastów prowadzona była za pomocą Cytotoxicity Kit z wykorzystaniem metody fluorescencyjnej. Badania kontrolne prowadzone były z zawiesiną fibroblastów bez udziału włókna. Badania cytotoksyczności wykazały, że tkaniny z naniesionym preparatem nanoligniny nie wykazują oddziaływania cytotoksycznego wobec komórek ludzkich fibroblastów skóry.

W przeprowadzonych badaniach dowiodłam, że wykorzystanie lignin w dyspersji nano w procesie wykończalniczym wyrobów włókienniczych z dodatkiem emulsji silikonowej i dyspersji akrylowej, skutkuje nadaniem produktom z włókien łykowych nowych pod względem ilościowym, wielofunkcyjnych właściwości tj. właściwości barierowych przed promieniowaniem UV oraz właściwości antybakteryjnych. Dodatkowo opracowane rozwiązanie wpływa na obniżenie sztywności zginania poprawiając miękkość wyrobu. W badaniach potwierdziłam, że odzież lniana pokryta nanoligniną charakteryzuje się pro-humanoeologicznymi właściwościami, jest bezpieczna dla ludzkiej skóry, gwarantuje komfort i pozytywne oddziaływanie na organizm człowieka.

Twórcom powyższego rozwiązania został przyznany Patent europejski EP 2150649 B1 [10].

Opracowane rozwiązanie technologiczne zostało nagrodzone Nagrodą Prezesa Krajowej Izby Gospodarczej za osiągnięcie w dziedzinie innowacji w polskiej gospodarce w kategorii innowacyjne rozwiązanie w 2010r. oraz wieloma nagrodami na międzynarodowych targach innowacyjności, np. złote medale zostały przyznane na: 36th International Exhibition of Inventions, New Techniques and Products 2008, Geneva, Switzerland; 2nd International Warsaw Invention Show, Poland, 2008; 6th International Exhibition (Su Zhou) of Inventions, Shanghai, China, 2008; Taipei International Invention Show & Technomart, 2008

oraz srebrny medal podczas 56. „Brussels EUREKA 2007”, The Belgian and International Trade Fair for Technological Innovation”. Dodatkowo w Taipei International Invention Show & Technomart w 2008r. została przyznana nagroda specjalna dla najwybitniejszego wynalazku Special Award for The Most Outstanding Invention.

W celu opracowania metody nadania nowych funkcjonalnych właściwości wyrobom z włókien naturalnych z możliwością personalizacji, czyli zaspokojenia potrzeb konkretnego odbiorcy, z uwzględnieniem zasad pro-humanoeologii, opracowałam projekt PBS1/A5/26/2012 w ramach Programu Badań Stosowanych pt. „Bioaktywna odzież o właściwościach leczniczo – pielęgnacyjnych” o akronimie BIOAKOD. Projekt, którego byłam pomysłodawcą oraz kierownikiem był realizowany w ramach konsorcjum naukowo-przemysłowego. Wymiernym rezultatem prowadzonych badań było Zgłoszenie patentowe nr ZP – P 411869 z dnia 02.04.2015, pt. „Odzież jako suplement opatrunku w terapii chorób dermatologicznych” [11]. Celem projektu było opracowanie technologii wytwarzania odzieży o właściwościach pielęgnacyjnych i wspomagających leczenie chorób dermatologicznych. Aby osiągnąć cel projektu, opracowałam założenia łańcucha technologicznego wytworzenia bioaktywnej odzieży uwzględniając wyłącznie naturalne surowce zarówno włókiennicze, jak i barwierskie oraz aktywne ekstrakty ziołowe o potwierdzonych właściwościach leczniczych gwarantujące pozytywne oddziaływanie odzieży na parametry fizjologiczne użytkownika oraz minimalizujące możliwość wystąpienia reakcji alergicznych.

Na potrzeby opracowania bioaktywnej odzieży wytypowałam bezpieczne dla użytkownika miękkie dzianiny lniane oraz tkaninę z bawełny organicznej. W celu zredukowania użycia chemicznych środków w procesie wytwarzania odzieży, które mogłyby mieć niekorzystny wpływ na chorą skórę pacjenta, opracowano proces naturalnego barwienia z wykorzystaniem ekstraktów barwierskich z roślin o potwierdzonych właściwościach antybakteryjnych i przeciwzapalnych, tj. marzanny barwierskiej *Rubia tinctorum*, nachyłka barwierskiego *Coreopsis tinctoria*, oraz janowca barwierskiego *Genista tinctoria*. W procesie barwienia do poprawienia jakości i trwałości wybarwienia wykorzystano naturalne zaprawy roślinne *Galas Gallae Quercus* o właściwościach przeciwzapalnych i antyseptycznych oraz *Myrobalan Terminalia Chebula* o właściwościach antybakteryjnych, antyoksydacyjnych i antywirusowych. Zasadniczy proces funkcjonalizacji surowców włókienniczych polegał na opracowaniu mikroenkapsulacji, zamykającej aktywne ekstrakty ziołowe w mikrosferę.

Na podstawie przeprowadzonych badań aktywności ekstraktów ziołowych, na potrzeby funkcjonalizacji odzieży w zakresie wspomaganie leczenia chorób dermatologicznych, wytypowano ekstrakty z zielonej herbaty oraz fiołka trójbarwnego. Ekstrakt z zielonej herbaty łagodzi stany zapalne, przyspiesza gojenie się ran oraz działa przeciwświądowo. Otrzymany w ramach projektu suchy ekstrakt etanolowy z zielonej herbaty (MIC=0,5 mg/ml; MBC=1,0 mg/ml) charakteryzował się silną aktywnością antybiotyczną w porównaniu do chloramfenikolu (MIC = 0,005 mg/ml) stanowiącego substancję referencyjną. Ekstrakt otrzymany z fiołka trójbarwnego, stosowanego zazwyczaj do leczenia trądziku, wykwitów skórnych oraz skórnych zmian alergicznych, charakteryzował się nieco niższą niż zielona herbata aktywnością antybiotyczną.

Przygotowane ekstrakty ziołowe zamknięte w mikrokapsuły wykonane z etylocelulozy, zostały naniesione na powierzchnię dzianiny lnianej z wykorzystaniem roztworu alginianu sodu po uprzedniej obróbce plazmowej, w sposób gwarantujący zadowalającą trwałość naniesienia roztworu mikrosfer. Na podstawie analizy mikroskopowej obrazu SEM oraz badań kinetyki uwalniania substancji aktywnych potwierdzono obecność mikrokapsułów

zawierających aktywne ekstrakty ziołowe po 10 cyklach prania i użytkowania. Proces projektowania oraz wytwarzania odzieży prowadzony był zgodnie z zasadami wielopoziomowej personalizacji. Jednym z założeń personalizacji odzieży było dopasowanie do indywidualnych potrzeb konkretnego użytkownika pod względem charakteru i umiejscowienia zmian dermatologicznych na ciele. W odpowiedzi na zdefiniowane indywidualne potrzeby pacjenta, mikrokapsuły nanoszono jedynie na wewnętrzną powierzchnię części odzieży bezpośrednio okrywających chorą skórę. W celu zapewnienia prawidłowego przylegania odzieży do ciała oraz zagwarantowania jak największej powierzchni kontaktu aktywnej części odzieży ze skórą, mikrokapsuły nanoszono na dzianinę charakteryzującą się dużą elastycznością, czyli zawierającą w swoim składzie surowcowym obok włókien lnu, 4% włókien elastomerowych. Personalizacja bioaktywnej odzieży możliwa jest również w zakresie doboru ekstraktów ziołowych oraz intensywności ich oddziaływania w zależności od rodzaju schorzenia dermatologicznego. Personalizacja polegająca na dopasowaniu odzieży do kształtu sylwetki pacjentek prowadzona była z wykorzystaniem skanera 3D ciała oraz systemu CAD z użyciem oprogramowania firmy Lectra - KALEDO STYLE V3R3 oraz Lectra – Modaris V7R2 z modułem wizualizacji symulacji odzieży w przestrzeni trójwymiarowej. W celu potwierdzenia funkcjonalności bioaktywnej odzieży w zakresie zdolności do wspomagania leczenia chorób skóry, przeprowadzono badania z udziałem pięciu ochotniczek, pacjentek ze zdiagnozowanymi chorobami skóry. Całość eksperymentu trwała 5 tygodni, w którym to czasie ochotniczki nosiły opracowaną w ramach projektu odzież zarówno w dzień jak i w nocy. Przed i po zakończonym okresie użytkowania bioaktywnej odzieży wykonano badania mikrobiologiczne i pomiary parametrów biofizycznych skóry, tj. wilgotności skóry, przeznaskórkowej utraty wody, pH oraz ocenę nasilenia świądu.

W przeprowadzonej analizie wyników badań biofizycznych skóry, badań mikrobiologicznych oraz oceny natężenia świądu wykazano pozytywny wpływ bioaktywnej odzieży na kondycję zmienionej chorobowo skóry pacjentek biorących udział w eksperymencie. W wyniku użytkowania bioaktywnej odzieży zanotowano zmniejszenie odczucia dyskomfortu ochotniczek związanego z chorobą, a w szczególności zaobserwowano wzrost wilgotności skóry, zmniejszenie przeznaskórkowej utraty wody, zmniejszenie odczucia świądu. Po okresie noszenia odzieży u dwóch chorych stwierdzono negatywny wynik dla hodowli gronkowca złocistego występującego wcześniej na powierzchni skóry. W analizowanej grupie pacjentek wartym podkreślenia jest brak wpływu noszonej odzieży na florę saprofityczną skóry. W świetle badań prowadzonych w ostatnich latach utrzymanie prawidłowego składu mikroorganizmów na skórze wydaje się mieć ogromne znaczenie dla jej funkcji immunologicznych.

Badania cytotoksyczności czynników aktywnych zawartych w wybarwionych materiałach włókienniczych pokrytych mikrokapsułami prowadzono na hodowli ludzkich keratynocytów (Human Epidermal Keratinocytes, adult) hodowanych w medium hodowlanym Medium EpiLife®, suplementowanym czynnikami wzrostu (Human Keratinocyte Growth Supplement). Dla oceny potencjalnej cytotoksyczności substancji zawartych w materiałach, inkubowano je przez okres 60 minut w medium hodowlanym, dla ich uwolnienia do medium, na które następnie były eksponowane komórki w warunkach hodowli in vitro. Próbkami materiałów inkubowano w proporcji 1cm²materiału/5 ml medium.



Wyniki przeprowadzonych eksperymentów dowiodły, że czynniki aktywne zawarte w badanych materiałach nie są cytotoksyczne w stosunku do keratynocytów, co można stwierdzić na podstawie braku ich wpływu na żywotność i proliferację komórek. Nie wywierają one również działania drażniącego, czego odzwierciedleniem jest brak stymulacji uwalniania interleukiny 6.

Dodatkowo rezultaty prowadzonych badań w zakresie wpływu bioaktywnej odzieży na aktywność mięśni potwierdziły, że badana odzież nie wpływa na zmianę aktywności lub desynchronizację jednostek ruchowych mięśni, a tym samym nie będzie ona przyczyną wystąpienia zwiększonej tendencji do zmęczenia pacjentów. Opracowana metodyka obejmująca warunki technologiczne wytwarzania odzieży oraz sposób oceny odzieży w zakresie oddziaływania na organizm człowieka stanowią nowy kompleksowy aspekt humanoekologii odzieży.

Prowadzone pod moim kierownictwem badania w ramach projektu BIOAKOD dowiodły, że opracowana bioaktywna odzież posiada zdolność wspomaganie leczenia schorzeń dermatologicznych. Innowacyjne rozwiązanie opracowane w ramach projektu przez zespół wykonawców zostało nagrodzone na międzynarodowych targach: złotym medalem na 9 Międzynarodowej Warszawskiej Wystawie Wynalazków - IWIS 2015; złotym medalem na 67th The International Trade Fair for "Ideas – Inventions – New Products" – IENA 2015" w Norymbergii w Niemczech; złotym medalem na BRUSSELS INNOVA-The World Exhibition on Inventions, Research and New Technologies, 2015 w Belgii oraz nagrodą specjalną - „Innovation Award” przyznaną przez ORIGITEA Institute of Health and Beauty by Doctor Muchina, Moscow z Rosji.

Aspekty humanoekologii, w tym ocena wpływu odzieży na parametry fizjologiczne człowieka, pozwalają na zdeterminowanie założeń stanowiących ważny element procesu projektowania odzieży, który należy uwzględnić w celu wzmocnienia jej funkcjonalnych właściwości. Prowadzone pod moim kierownictwem badania nad wpływem składu surowcowego odzieży na koszt energetyczny osób obciążonych wysiłkiem fizycznym zostały opisane w artykule pt. „Influence of Sportswear Made from Polyester and Man-Made Cellulosic Fibres on the Energy Cost of Physical Effort” [12]. Przedmiotem badań były zestawy odzieży sportowej wykonane techniką dziania o zróżnicowanym składzie surowcowym, tj. wykonane z włókien 100% Tencel, mieszanki Tencel/PES oraz 100% PES. Tencel, jako włókno celulozowe charakteryzuje się podobnie jak włókna naturalne typu len i bawełna wysoką higroskopijnością, zdolnością do sorpcji wody oraz brakiem zdolności do gromadzenia ładunków elektrostatycznych. Odzież z włókien poliestrowych charakteryzowała się odmiennymi właściwościami, tzn. bardzo wysoką rezystancją elektrostatyczną oraz niską zdolnością do wchłaniania wilgoci i wody. Właściwości dzianin z mieszanki Tencel/PES osiągały wartości pośrednie w zakresie badanych parametrów, w stosunku do dwóch pozostałych typów dzianin. Badania wszystkich typów dzianin wykazały, że najwyższym oporem cieplnym oraz najwyższym oporem pary wodnej charakteryzowała się dzianina poliestrowa, natomiast dzianina z włókien mieszankowych Tencel/PES wykazywała najniższy opór pary wodnej.

Celem badań było wyznaczenie kosztu energetycznego standardowego wysiłku fizycznego u ochotników ubranych w testowaną odzież. Grupę badawczą stanowili ochotnicy mężczyźni. Wykonano 30 oznaczeń dla każdego typu odzieży. Każdy z ochotników wykonał standardowy 10 minutowy test wysiłkowy polegający na biegu na bieżni mechanicznej firmy

Woodway, przy czym w pierwszej minucie ochotnicy biegli z prędkością 8 km/h, w drugiej - 10 km/h, pozostałe osiem minut biegli z prędkością 12 km/h.

Przed rozpoczęciem testu, podczas trwania i po jego ukończeniu przez 5 minut rejestrowano w sposób ciągły kształtowanie się parametrów charakteryzujących funkcję układu oddechowego takich jak: wentylacja minutowa płuc, pobór tlenu, wydalanie dwutlenku węgla, współczynnik oddechowy. Parametry te pozwoliły na określenie, metodą kalorymetrii pośredniej w układzie otwartym, wydatku energetycznego. Pomiarów dokonywano posługując się przenośnym analizatorem gazów Oxycon Mobile firmy Jaeger.

Zastosowana analiza statystyczna wyników badań wskazała, iż koszt energetyczny w zakresie pracy i restytucji związany z realizacją standardowego wysiłku fizycznego był statystycznie istotnie mniejszy w przypadku zastosowania odzieży wykonanej z mieszanki włókien Tencel/PES w porównaniu z realizacją tej samej pracy fizycznej z wykorzystaniem dwóch pozostałych typów odzieży. Mniejszy koszt energetyczny pracy jest zjawiskiem zdecydowanie korzystniejszym. Pozwala na dłuższy czas realizowania wysiłku fizycznego o określonej intensywności nie powodując znacznego naruszenia homeostazy wewnątrz ustrojowej. Rezultaty badań kosztu energetycznego są ściśle związane z wynikami badań temperatury i wilgotności skóry ochotników podczas eksperymentu. Najniższą temperaturę skóry pleców oraz najniższą wilgotność skóry mierzoną na udzie ochotnika po biegu zanotowano u biegaczy noszących odzież Tencel/PES, co wiąże się z najniższym oporem pary wodnej zanotowanym dla tego typu dzianiny.

Rezultaty powyższych badań przyczyniły się do poszerzenia wiedzy z zakresu humanoekologii dotyczącego wpływu właściwości odzieży na wydolność organizmu w warunkach wysiłku fizycznego. Badania potwierdziły, że włókna celulozowe charakteryzujące się wysoką higroskopijnością oraz zdolnością do sorpcji wody, mogą być z powodzeniem wykorzystywane do wytwarzania odzieży sportowej w mieszance obok włókien hydrofobowych.

Funkcjonalna odzież, w tym odzież ochronna oprócz bezpieczeństwa powinna zapewniać użytkownikom komfort na akceptowalnym poziomie oraz charakteryzować się właściwościami pro-humoekologicznymi. W rozdziale monografii pt. „Comfort of protective textiles” opisałam badania prowadzone w aspekcie komfortu odzieży ochronnej [13]. W przypadku odzieży ochronnej stosowanej najczęściej w trudnych warunkach klimatycznych przy dodatkowym obciążeniu wysiłkiem fizycznym, pojęcie komfortu musi być traktowane wieloaspektowo. Istotnym jest dbałość o zapewnienie użytkownikowi możliwości utrzymania równowagi termicznej organizmu, czyli dostosowanie ilości ciepła wytwarzanego w organizmie i ciepła wymienianego między organizmem a otoczeniem do poziomu zapewniającego zachowanie homeostazy termicznej organizmu w warunkach określonego środowiska termicznego. Każda odzież jest istotnym elementem wpływającym na procesy termoregulacji fizycznej, nie mniej jednak utrzymanie równowagi termicznej u osób noszących odzież ochronną, która jest często złożonym układem wielowarstwowym używanym w nietypowych warunkach otoczenia przy zróżnicowanej aktywności fizycznej, jest dużym wyzwaniem. Wiadomo, że przeciętny człowiek znajdujący się w pomieszczeniu o temperaturze 21⁰C i wilgotności względnej powietrza 50% oraz przepływie powietrza z prędkością 0,1 m/s, siedzący i nie wykonujący żadnej pracy, wydziela ciepło w ilości 50 kcal (ok. 210 J) w ciągu 1 godziny na 1 m² powierzchni ciała. Wskaźnik metabolizmu jest różny dla różnych poziomów aktywności fizycznej wynosi: 1 met (58,15W/m²) dla osoby siedzącej, 3 dla osoby idącej i 8 dla osoby biegnącej prędkością 10 km/h.

Oddzielnym aspektem, istotnym w kontekście rozważań na temat odzieży ochronnej jest komfort sensoryczny, czyli mechaniczne odczuwanie odzieży. W przypadku odzieży ochronnej, należy uwzględnić cztery kluczowe elementy, które mają wpływ na zapewnienie użytkownikowi możliwości swobodnego wykonywania obowiązków w ściśle określonych stałych lub zmiennych warunkach otoczenia tj. prawidłowe dopasowanie odzieży do ciała, niską masę odzieży, w miarę możliwości elastyczność i zapewnienie prawidłowej wentylacji ciała. Zbyt duży nacisk, jaki wywiera na ciało ciężka odzież ochronna oraz zbyt nieodpowiednie dopasowanie będzie ograniczać swobodne ruchy użytkownika, z kolei w przypadku zbyt luźnej odzieży, jej funkcje ochronne mogą być zredukowane, co jest niedopuszczalne zwłaszcza w niebezpiecznych warunkach pracy. Progowa wartość nacisku odzieży na skórę przy której występuje poczucie dyskomfortu jest na poziomie 70g/cm^2 , co jest zbliżone do średniej kapilarnej ciśnienia krwi w naczyniach krwionośnych zlokalizowanych w pobliżu powierzchni skóry. Oprócz aspektów ściśle związanych z komfortem, w przypadku odzieży ochronnej istotnym jest, aby przy jej projektowaniu wzięto pod uwagę czynniki mogące mieć negatywny wpływ na parametry fizjologiczne człowieka, np. wpływać na zwiększenia tendencji do zmęczenia lub wystąpienia stresu oksydacyjnego w organizmie użytkownika. Aspekty prohumanoekologiczne odzieży ochronnej powinny być kluczowe szczególnie dla osób zmuszonych do korzystania z odzieży ochronnej podczas wykonywania pracy w ekstremalnych warunkach otoczenia.

5. Pozostałe osiągnięcia naukowo – badawcze

Do pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych zaliczam badania nad funkcjonalizacją tkaniny bawełnianej, przygotowaniem włókien naturalnych do wykorzystania jako wzmocnienia kompozytów oraz prace dotyczące procesów przetwarzania i modyfikacji włókien naturalnych.

Wyniki tych prac zostały opublikowane w artykułach wymienionych poniżej w części A, B oraz C.

A. Funkcjonalizacja tkaniny bawełnianej z wykorzystaniem techniki sol-gel

- A.1. AD. Belakovaa, S. Vihodcevaa, S. Kuklea & **M. Zimniewska**, The sol-gel technology application of cotton textile processing, The Journal of The Textile Institute, DOI: 10.1080/00405000.2015.1114767, Published online: 18 Nov 2015,

IF=0.722, MNiSW = 25

Mój udział 20% - współudział w opracowaniu metodologii badań oraz udział w analizie i interpretacji wyników,

B. Wykorzystanie włókien naturalnych do wzmocnienia kompozytów

- B.1. **M. Zimniewska**, A. Stevenson, A. Sapieja, A. Kicińska-Jakubowska, Linen Fibres Based Reinforcements for Laminated Composites. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe, 2014; 22, 3(105): 103-108.

IF = 0.667, MNiSW = 20

Mój udział 60% - kierowanie projektem naukowym obejmującym badania opisane w tej pracy, koncepcja badań, udział w analizie wyników, przygotowanie manuskryptu,

- B.2. **M. Zimniewska**, E. Bogacz, Preliminary Study on Flax Yarn Suitable for Composite Application, 2009 Rozdział w monografii: Natural Fibres - Their Attractiveness in Multi-Directional Applications wydanej przez Gdynia Cotton Association, Gdynia, ISBN 978-83-916006-5-8, p.178-183,

Mój udział 80% - koncepcja publikacji, wykonanie części badań, analiza wyników i przygotowanie tekstu manuskryptu,

- B.3. **M. Zimniewska**, J. Myalski, M. Koziol, J. Mankowski, E. Bogacz, Natural Fibers Textile Structures Suitable For Composite Materials, Journal of Natural Fibres, Volume 9 (2012) issue 4, p. 229-239,

IF = 0.558, MNiSW = 20

Mój udział 60% - kierowanie projektem naukowym obejmującym badania opisane w tej pracy, koncepcja badań, udział w analizie wyników, przygotowanie manuskryptu,

- B.4. **M. Zimniewska**, M. Władyka-Przybylak, Natural Fibers for Composite Applications, Rozdział w monografii: Fibrous and Textile Materials for Composite Applications, Textile Science and Clothing Technology, S. Rana and R. Figueiro (eds.), © Springer Science+Business Media Singapore 2016, p.171-204, ISBN 978-981-10-0234-2, DOI 10.1007/978-981-10-0234-2_5,

Mój udział 60% - koncepcja publikacji, wykonanie części badań i przygotowanie tekstu manuskryptu,

- B.5. **M. Zimniewska**, J. Mańkowski, M. Władyka-Przybylak, Włókna naturalne, rodzaje, właściwości, kierunki zastosowań, Rozdział w monografii: Biokompozyty z surowców odnawialnych, praca zbiorowa pod red. S Kuciela i H. Rydarowskiego, 2012, str. 15-34,

Mój udział 60% - koncepcja publikacji, wykonanie części badań, analiza wyników i przygotowanie tekstu manuskryptu,

- B.6. Z. Kovačević, E. Bogacz, **M. Zimniewska**, S. Bischof Vukušić, New fibers in composites, Spanish broom, Rozdział 7: monografii: Young Scientists in the Protective Textiles Research. Publisher: University of Zagreb, Faculty of Textile Technology, 2011, p. 95-110,

Mój udział 30% - wykonanie części badań, analiza i interpretacja wyników,

- B.7. **M. Zimniewska**, M. Władyka – Przybylak, J. Mańkowski, Cellulosic Bast Fibres, their Structure and Properties suitable for Composite Applications, Rozdział w monografii: Cellulose Fibers, Bio-, and Nano- Polymer Composites, Publisher: Springer-Verlag, Germany, 2011, p. 97-119,

Mój udział 60% - koncepcja publikacji, wykonanie części badań, analiza wyników i przygotowanie tekstu manuskryptu,

- B.8. **M. Zimniewska**, W. Konczewicz, Preliminary Processes of Bast Fibres for Composites Reinforcement Application, materiały konferencyjne 90th Textile Institute World Conference, Poznan, 25-28.04. 2016,

Mój udział 50% - kierowanie projektem naukowym obejmującym badania opisane w tej pracy, koncepcja badań, udział w analizie wyników,

C. Procesy przetwarzania oraz modyfikacji włókien naturalnych

- C.1. **M. Zimniewska**, R. Kozłowski, N. Carneiro, P. Souto, R. Marszałek, E. Mazur, Effect of corona treatment on finishing processes of linen fabrics, Rozdział 29 książki: Textiles for Sustainable Development, 2007, ISBN: 1-60021-559-9, Nova Science Publishers, New York, p. 337-347,

Mój udział 60% - koncepcja publikacji, koncepcja badań, wykonanie części badań, analiza wyników i przygotowanie tekstu manuskryptu,

- C.2. K. Schmidt-Przewozna, R. Kozłowski, **M. Zimniewska**, Influence of corona treatment on linen fabric dyed with natural dyestuffs, Rozdział 23 książki: Textiles for Sustainable Development, 2007, ISBN: 1-60021-559-9, Nova Science Publishers, New York, p. 263-274

Mój udział 45% - koncepcja publikacji, koncepcja badań, wykonanie części badań, analiza wyników,

- C.3. D. Bogdał, A. Kulawik, A. Pusz, **M. Zimniewska**, Technologie łączenia, modyfikacji i obróbki wykończeniowej, Rozdział 3.7. w monografii Foresight technologiczny materiałów polimerowych w Polsce – Analiza stanu zagadnienia, 2008, wydanej przez Instytut Włókien Naturalnych, ISBN 8390973987, 9788390973982, str. 182-194,

Mój udział 30% - wykonanie części badań, analiza wyników

- C.4. E. S. Abdel-Halima, W. Konczewicz, **M. Zimniewska**, Al-Deyab S. S., El-Newehy M. H., “Enhancing hydrophilicity of bioscoured flax fabric by emulsification post-treatment”, Carbohydrate Polymers 82, 2010, p. 195–201,

IF = 3.463 MNiSW = 32

Mój udział 30% - udział w opracowaniu koncepcji badań, udział w analizie i interpretacji wyników,

- C.5. Z. Kovačević, S. Bischof Vukušić, **M. Zimniewska**, Characterization of Spanish broom (*Spartium Junceum* L.) fibre as new natural material, Textile Research Journal 10/2012; 82(17), p.1786-1798,

IF = 1.135, MNiSW = 40

Mój udział 30% - udział w opracowaniu koncepcji badań, udział w analizie i interpretacji wyników, udział w przygotowaniu publikacji,

- C.6. G. Nair, A. Singh, **M. Zimniewska**, V. Raghavan, Comparative Evaluation of Physical and Structural Properties of Water Retted And Non-Retted Flax Fibers,

Fibers, Open Access Journal, 2013, No.1, Vol. 3, ISSN 2079-6439,
doi:10.3390/fib1030059, p. 59-69,

Mój udział 30% - udział w opracowaniu koncepcji badań, udział w analizie i interpretacji wyników, udział w przygotowaniu publikacji,

- C.7. S. Kukle, **M. Zimniewska**, D. Kalnina, R. Solizenko, Comparative Analysis of Chemical Composition And Technological Properties of Flax Fibers From Different Species, materiały konferencyjne, 12th World Textile Conference AUTEX, June 13th to 15th 2012, Zadar, Chorwacja,

Mój udział 30% - udział w opracowaniu koncepcji badań, udział w analizie i interpretacji wyników, udział w przygotowaniu publikacji,

- C.8. **M. Zimniewska**, I. Frydrych, J. Mankowski, W. Trywińska, Process Control in Natural Fiber Production, Book: Process Control in Textile Manufacturing, Woodhead Publishing Series in Textiles, Chapter 2: Process Control in Fibre Production and Yarn Manufacture, 2013, No. 131, ISBN 978-0-85709-027-0 (print), ISBN 978-0-85709-563-3 (online), p. 81-108,

Mój udział 30% - koncepcja publikacji, analiza wyników i przygotowanie tekstu manuskryptu,

W 2013 roku byłam opiekunem naukowym stażu Svetlany Vihodceva z RIGA TECHNICAL UNIVERSITY realizowanego w ramach programu ERASMUS oraz pełniłam funkcję promotora pomocniczego jej pracy doktorskiej pt. „EXTENSION OF THE RANGE OF TEXTILE MODIFIED AT NANO-LEVEL”. W ramach stażu naukowego, realizowałam wspólnie z S. Vihodceva oraz zespołem z Uniwersytetu w Rydze prace w zakresie funkcjonalizacji tkanin bawełnianych z wykorzystaniem techniki sol-gel. Wyniki prac zostały opublikowane w artykule pt. „The sol-gel technology application of cotton textile processing”[A.1]. Technologia powlekania tkaniny bawełnianej metodą sol-gel została zastosowana w celu nadania jej właściwości antybakteryjnych. Na potrzeby modyfikacji tkaniny przygotowano zol z wykorzystaniem alkoholu etylowego, tetraetoksyilanu $C_8H_{20}O_4Si$, dejonizowanej wody oraz kwasu fluorowodorowego HF, w następnej kolejności dodano octan cynku dwuwodny $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$, przy czym jego stężenie wynosiło ostatecznie 5 – 7,5%. Ograniczeniem stosowania technologii sol-gel dla włókien naturalnych jest ich niska odporność termiczna, stąd też w niniejszych badaniach zastosowano zmodyfikowaną metodę wykorzystującą niższe temperatury w procesach suszenia i utrwalania. Tkaninę bawełnianą zanurzono w przygotowanym zolu przez 10 min, a następnie poddano suszeniu w temperaturze 90 °C przez 10 min oraz utrwalaniu w temperaturach 120, 140, 160 °C przez 2 min. Rezultaty badań potwierdziły, że przygotowany zol z octanem cynku dwuwodnym jako prekursorem pozwolił na naniesienie cienkiej powłoki zawierającej cynk i krzem na powierzchnię tkaniny bawełnianej. Mikroskopowa ocena powierzchni modyfikowanej tkaniny potwierdziła obecność równomiernej powłoki, nie mniej jednak po 50 cyklach prania zaobserwowano zmiany w jej strukturze. Przyczyną niższej odporności powłoki na pranie jest zastosowanie niskich temperatur w procesach suszenia i utrwalania, w temperaturze poniżej 200°C formowane są głównie amorficzne struktury, które są mniej stabilne w porównaniu ze strukturami krystalicznymi. Badania potwierdziły bardzo dobrą adhezję powłoki zawierającej cynk i krzem do włókien bawełnianych. Powłoka naniesiona z

wykorzystaniem metody sol-gel wykazuje wysoką odporność na tarcie nawet po 50 cyklach prania. Proces modyfikacji tkaniny zgodnie z przewidywaniami spowodował obniżenie przepuszczalności powietrza.

Cel pracy został osiągnięty, ponieważ rezultaty badań potwierdziły, że proces modyfikacji prowadzony metodą sol-gel doprowadził do znacznego zredukowania adhezji bakterii *Pseudomonas aeruginosa* oraz *Staphylococcus epidermidis* w stosunku do powierzchni tkaniny bawełnianej zarówno przed jak i po 50 cyklach prania. Prowadzone badania przyczyniły się do poszerzenia wiedzy w zakresie możliwości wykorzystania metody sol-gel do funkcjonalizacji wyrobów z włókien naturalnych.

Badania nad wykorzystaniem włókien naturalnych jako wzmocnienia kompozytów prowadziłam wieloaspektowo głównie w ramach dwóch projektów unijnych 7 Programu Ramowego, pierwszy z nich CP-TP 214467-2, o akronimie NATEX zatytułowany był: Natural Aligned Fibres and Textiles for Use in Structural Composite Applications, drugi z numerem 605658 realizowany jest w ramach programu Capacities – Research for SMEs o akronimie NATURTRUCK pod tytułem " Development of a new Bio-Composite from renewable resources with improved thermal and fire resistance for manufacturing truck internal parts". W obu projektach pełnię rolę lidera pakietu badawczego.

W projekcie NATEX kierowałam badaniami nad przygotowaniem przędz i tkanin z włókien lnianych poddanych modyfikacji mającej na celu poprawę adhezji między włóknem a matrycą polimerową do zastosowania jako wzmocnienie kompozytów [B.1, B.2]. Proces acetylacji zastosowany dla krótkiego włókna lnianego wpłynął na znaczne obniżenie jakości włókna, spowodował usunięcie wosków i tłuszczu z chemicznej struktury włókna oraz destrukcję łańcuchów polimerowych, zaobserwowano wzrost współczynnika tarcia, włókno stało się kruche i łamliwe, co utrudniało proces przędzenia. W ramach prowadzonych badań przygotowano przędze o zróżnicowanej liczbie skrętów z włókna 100% lnianego [B.2] oraz z mieszanek włókna len/ polipropylen, len/poliester oraz len/PLA [B.1]. Przędze wykonywano z wykorzystaniem różnych systemów przędzenia. W przypadku przędz mieszkankowych stosowano różne techniki mieszania surowców, tj. mieszanie włókien staplowych w masie a następnie przędzenie systemem bawełniarskim oraz wełniarskim, skręcanie przędzy lnianej i filamentu polimerowego oraz wytwarzanie przędzy rdzeniowej z wykorzystaniem techniki wydrążonego wrzeciona, przy czym rdzeń stanowiła przędza lniana o niskiej liczbie skrętów, jako oplót zastosowano włókno ciągłe PLA. Ze wszystkich rodzajów przędz przygotowano próbki tkanin o różnych gęstościach nitek w kierunku wątku i osnowy. Z tak przygotowanego wzmocnienia wykonano próbki laminatów z wykorzystaniem termoplastycznych matryc polimerowych: polylactic acid PLA, polipropylen PP oraz polietylen terephthalate PET. Rezultaty prowadzonych prac wskazały, że czynnikami wpływającymi na jakość kompozytów są: równomierność dystrybucji włókien w matrycy polimerowej, za co odpowiedzialna jest struktura przędzy i tkanin, głównie gęstość i równomierność oraz rodzaj zastosowanej żywicy polimerowej. Hybrydowa przędza wytworzona metodą wydrążonego wrzeciona zapewnia optymalne ułożenie włókien w przekroju poprzecznym i najlepszy kontakt włókien lnianych z polimerem PLA. Wykorzystanie wykonanej z tej przędzy tkaniny, jako wzmocnienia laminatu skutkowało w konsekwencji otrzymaniem kompozytu o najlepszych właściwościach mechanicznych. Opracowane w projekcie Natex kompozyty są przeznaczone do wytwarzania fotowoltaicznych systemów solarnych, części obudowy elementów traktorów, łodzi i innych.

Badania nad wpływem właściwości tkanin lnianych oraz tkanin o składzie surowcowym len/Kevlar, len/włókno szklane oraz len/polyimid P84 przeznaczonych do zastosowania jako wzmocnienie kompozytów na właściwości mechaniczne kompozytów zostały opisane w artykule pt. „Natural Fibers Textile Structures Suitable For Composite Materials” [B.3]. Badania potwierdziły, że włókno lnu wykorzystane jako wzmocnienie kompozytów, może z powodzeniem zastąpić włókno szklane, właściwości mechaniczne kompozytów wzmocnionych tkaniną lnianą oraz tkaniną z włóknem szklanym są na porównywalnym poziomie.

Badania prowadzone z moim udziałem dotyczące oceny właściwości włókien naturalnych pochodzących z różnych roślin pod kątem ich przydatności do zastosowań jako wzmocnienia kompozytów zostały opisane w publikacjach [B.4, B.5, B.6, B.7]. Największymi zaletami włókien naturalnych w aspekcie ich atrakcyjności w zakresie wykorzystania jako wzmocnienie kompozytów jest ich niska gęstość, biodegradowalność, możliwość recyklingu, zdolność absorbowania fal akustycznych, drgań, dobra izolacyjność cieplna, dobre właściwości mechaniczne. Roślinne włókna naturalne znajdują zastosowanie jako wzmocnienia kompozytów z przemyśle samochodowym, samolotowym, taboru kolejowego, przy budowie jednostek pływających, np. jachtów, do produkcji mebli, sprzętu sportowego, architektury ogrodowej, w budownictwie i wielu innych gałęziach gospodarki.

W ramach projektu NATURTRUCK kieruję pracami nad przygotowaniem włókien konopi do wykorzystania jako wzmocnienie kompozytu przeznaczonego do budowy elementów wyposażenia kabiny kierowcy samochodów ciężarowych VOLVO-Truck [B.8]. Włókna konopi muszą być przygotowane w taki sposób, aby spełniały wysokie wymagania aplikacyjne. Dlatego do celów projektu zastosowano niekonwencjonalną metodę wydobycia włókna wykorzystującą zjawisko osmozy. Wyniki badań dowiodły, że włókno konopi wydobyte z łodyg roślin z wykorzystaniem tej metody charakteryzuje się korzystniejszymi niż włókno konopne słane właściwościami zdeterminowanymi jako istotne w przypadku stosowania w kompozytach, tj. niższą masą liniową i dużą jej równomiernością, jasnym kolorem, brakiem nieprzyjemnego zapachu oraz niższą emisją lotnych związków organicznych. Projekt jest w trakcie realizacji.

Badania z moim udziałem poświęcone procesom przetwarzania oraz modyfikacji włókien naturalnych prowadzone były wieloaspektowo. W rozdziałach monografii [C.1, C.2, C.3] zostały opisane prace nad zastosowaniem wyładowań koronowych w procesie wykończenia tkanin lnianych. Modyfikacja powierzchniowa tkanin z wykorzystaniem procesu koronowania była prowadzona w systemie ciągłym w warunkach otoczenia: ciśnienia atmosferycznego i temperatury 21⁰C, przy czym możliwe było włączenie urządzenia do koronowania w skład wykończalniczej linii technologicznej. Rezultaty badań potwierdziły, że proces koronowania tkanin lnianych zastosowany bezpośrednio przed mokrymi procesami wpływa na poprawę jakości bielienia i wybarwienia pod względem równomierności i intensywności koloru. Proces koronowania pozwala na wyeliminowanie prania wstępnego oraz na zredukowanie ilości środków chemicznych stosowanych w procesach wykończalniczych, co wiąże się z korzyściami ekonomicznymi i środowiskowymi.

W artykule pt. „Enhancing hydrophilicity of bioscoured flax fabric by emulsification post-treatment” opisane są rezultaty badań prowadzonych z moim udziałem [C.4] nad wykorzystaniem obróbki enzymatycznej oraz emulsyfikacji zastosowanej dla tkanin lnianych w celu jej oczyszczenia i zwiększenia zdolności do sorpcji wody. W badaniach proces

enzymatycznego oczyszczania tkaniny lnianej prowadzony był z wykorzystaniem czterech enzymów: Texazym SCW, Texazyme SER-3, Texazym DLG oraz Scourzym L użytych do przygotowania szesnastu kąpieli o zróżnicowanej kombinacji udziału tych enzymów. Tkanina lniana po obróbce enzymatycznej poddana została procesowi emulsyfikacji mającym na celu rozpuszczenie wosków znajdujących się na powierzchni tkaniny oraz deaktywację działania enzymów. Na koniec tkaninę lnianą poddano procesowi prania i suszenia. Wyniki badań właściwości modyfikowanej tkaniny lnianej potwierdziły wzrost higroskopijności i zdolności tkaniny do sorpcji wody oraz nieznaczne pogorszenie jej właściwości mechanicznych w stosunku do surowej tkaniny lnianej. Najlepsze wyniki uzyskano w przypadku tkaniny poddanej procesom obróbki enzymatycznej z wykorzystaniem kombinacji enzymów Scourzym L–Texazym(A) a następnie emulsyfikacji. Mikroskopowy obraz SEM potwierdził gładką czystą powierzchnię zmodyfikowanej tkaniny bez widocznych oznak uszkodzenia włókna.

W swojej pracy poświęconej procesom przetwórczym włókien naturalnych brałam udział w badaniach nad ekstrakcją włókna różgowca sitowatego *Spartium Junceum* oraz zdeterminowania możliwości aplikacyjnych dla tego niedocenianego włókna [C.5]. Wyniki badań dowiodły, że włókno pozyskane z różgowca sitowatego charakteryzuje się zbliżonymi do lnu właściwościami fizyko-mechanicznymi, może stanowić cenny surowiec do wytwarzania biokompozytów. Poza opisanymi powyżej badaniami, uczestniczyłam w pracach polegających na analizie porównawczej fizyko-mechanicznych właściwości roszonego oraz nieroszonego włókna lnu [C.6], analizie składu chemicznego włókna lnianego słanego oraz zieleńcowego pochodzącego z łotewskich i polskich odmian roślin [C.7] oraz brałam udział w badaniach nad krytycznymi aspektami produkcji i przędzenia włókien naturalnych w kontekście kontroli poszczególnych procesów [C.8].

6. Sumaryczne zestawienie moich osiągnięć naukowych

Dokładne wyszczególnienie moich osiągnięć naukowych i aktywności naukowej zostało przedstawione w Załączniku nr 5 Wniosku. Poniżej przedstawiam w formie tabelarycznej zestawienie mojego dorobku.

l.p.	Osiągnięcie/aktywność	Liczba pozycji
1.	Publikacje naukowe w czasopismach z bazy Journal Citation Reports (JCR)	16
2.	Zrealizowane oryginalne osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne	5
3.	Udzielone patenty: a) międzynarodowe b) krajowe c) zgłoszenie patentowe	1 1 1
4.	Wynalazki oraz wzory użytkowe i przemysłowe, które zostały wystawione na międzynarodowych lub krajowych wystawach lub targach	2
5.	Monografie, publikacje naukowe w czasopismach innych niż znajdujące się w bazie JCR a) Rozdziały monografii w języku polskim b) Rozdziały monografii w języku angielskim c) Publikacje w innych czasopismach o zasięgu krajowym	5 10 7

	d) Publikacje w innych czasopiśmiech o zasięgu międzynarodowym	9
	e) publikacje w materiałach konferencyjnych o zasięgu krajowym	11
	f) publikacje w materiałach konferencyjnych o zasięgu międzynarodowym	54
6.	Opracowania zbiorowe, katalogi zbiorów, dokumentacja prac badawczych, ekspertyz	6
7.	Sumaryczny <i>impact factor</i> według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania: Punkty z listy Komitetu Badań Naukowych (KBN) oraz Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (MNiSW)	Sumarycznie: 11,446 Przed doktoratem 0,837 Po doktoracie 10,609 Sumarycznie 315 Przed doktoratem 23 Po doktoracie 292
8.	Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (WoS): Sumaryczna liczba cytowań Bez autocytaowań	77 65
9.	Indeks Hirscha według bazy Web of Science (WoS)	5
10.	Kierowanie projektami badawczymi lub udział w takich projektach: a) międzynarodowymi b) krajowymi	7 13
11.	Międzynarodowe i krajowe nagrody za działalność naukową	16
12.	Wygłoszenie referatów na tematycznych konferencjach a) międzynarodowych b) krajowych	43 16

7. Dorobek dydaktyczny i popularyzatorski oraz informacja o współpracy międzynarodowej

Mój dorobek w zakresie popularyzacji nauki, jak również działalność organizacyjna i dydaktyczna zostały przedstawione w Załączniku 6 do Wniosku.