

dr inż. Emilia Irzmańska

Centralny Instytut Ochrony Pracy - Państwowy Instytut Badawczy

00-701 Warszawa, ul. Czerniakowska 16

Zakład Ochron Osobistych

90-133 Łódź, ul. Wierzbowa 48

AUTOREFERAT
PRZEDSTAWIAJĄCY OPIS DOROBKU I OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH

Spis treści

1. Imię i nazwisko.....	2
2. Tytuły naukowe i stopnie.....	2
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.....	2
4. Wskazanie osiągnięcia naukowego.....	3
5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych.....	22
6. Sumaryczny dorobek publikacyjny, wynalazczy i wdrożeniowy.....	32

1. IMIĘ I NAZWISKO

Emilia Irzmańska, do 2005 r. Pryczyńska

2. TYTUŁY NAUKOWE I STOPNIE

Tytuł magistra inżyniera włókiennika – 1998 r.

Politechnika Łódzka, Wydział Włókienniczy, Specjalizacja: Architektura Tekstyliów

Tytuł pracy dyplomowej: *Wykorzystanie włókna lnu do poprawy walorów użytkowych i estetycznych tekstyliów*

Promotor: prof. dr hab. inż. Barbara Lipp – Symonowicz, Politechnika Łódzka

Recenzent: prof. dr hab. inż. Józef Masajtis, Politechnika Łódzka

Stopień doktora nauk technicznych – 2008 r. w dyscyplinie włókiennictwo

Politechnika Łódzka, Wydział Technologii Materiałowych i Wzornictwa Tekstyliów

Tytuł rozprawy: *Tekstylia o działaniu profilaktycznym w odniesieniu do uszkodzeń skóry*

Promotor: prof. dr hab. inż. Barbara Lipp – Symonowicz

Recenzent zewnętrzny: prof. dr hab. n. med. Lucjan Pawlicki, Uniwersytet Medyczny w Łodzi

Recenzent wewnętrzny: prof. dr hab. inż. Izabella Krucińska, Politechnika Łódzka

Kopia dokumentu stwierdzającego nadanie tytułu doktora nauk technicznych znajduje się w **Załączniku 1** do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego.

3. INFORMACJE O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH

1998 - 2007	Instytut Architektury Tekstyliów w Łodzi (dawniej: Centralny Ośrodek Badawczo – Rozwojowy Przemysłu Bawełnianego, obecnie Instytut Włókiennictwa) Zakład Projektowania i Technologii Tekstyliów Stanowiska: 1998 - 2001 Technolog 2001 - 2007 Asystent
1998 - 2002	Politechnika Łódzka, Wydział Włókienniczy Słuchacz Studiów Doktoranckich

2007 - 2009	Instytut Włókiennictwa Stanowisko: 2007 - 2009 Asystent
2007 - 2008	Politechnika Łódzka, Wydział Technologii Materiałowych i Wzornictwa Tekstyliów, Katedra Fizyki Włókna i Metrologii Włókienniczej Stanowisko: Asystent w projekcie międzynarodowym, VI Program Ramowy, akronim LIDWINE - <i>Multifunctionalized Medical Textiles for Wound (e.g. Decubitus) prevention and simulation of wound healing</i>
2009 - nadal	Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy Zakład Ochron Osobistych Stanowiska: 2009 - 2010 Specjalista 2010 - nadal Adiunkt 2015 - nadal Kierownik Pracowni Ochron Rąk i Nóg

4. WSKAZANIE OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO WYNIKAJĄCEGO Z ART. 16. UST. 2 USTAWY Z DNIA 14 MARCA 2003 r. O STOPNIACH NAUKOWYCH I TYTULE NAUKOWYM ORAZ STOPNIACH I TYTULE W ZAKRESIE SZTUKI (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311)

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Nauki i szkolnictwa Wyższego z dnia 26 września 2016 r. w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego (Dz. U. z 2016 r., poz. 1586) osiągnięciem naukowym habilitanta uzyskanym po otrzymaniu stopnia naukowego doktora, stanowiącym znaczny wkład w rozwój naukowy w dziedzinie Nauk Technicznych w dyscyplinie Włókiennictwo jest jednotematyczny cykl publikacji.

a) Tytuł osiągnięcia naukowego

Kształtowanie struktur tekstylnych do ochronnego obuwia użytkowanego w warunkach pracy oraz metod jego przydatności w aspekcie ergonomii i komfortu higienicznego.

b) Zestawienie jednotematycznego cyklu publikacji, stanowiących osiągnięcie naukowe

Do opracowania cyklu wykorzystałam wyniki swoich prac badawczych, dotyczących grantu badawczego pn. *Badanie nad kształtowaniem mikroklimatu w obuwiu ochronnym na podstawie zmian parametrów przepływu krwi* (N N404 068240), realizowanego w latach 2011 – 2013, finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki.

Na cykl składa się dziewięć artykułów opublikowanych w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Report (JCR), których sumaryczny Impact Factor (według roku publikacji) wynosi **IF = 9,252** (MNiSW: 252 p-ty). Elementem integralnie związanym ze wskazanym osiągnięciem jest również jedno zgłoszenie patentowe.

Moim znaczącym wkładem w rozwój dyscypliny Włókiennictwo jest:

- przeanalizowanie wpływu zastosowanego czynnika retencyjnego pary wodnej w postaci polimeru superabsorpcyjnego (SAP) w strukturach tekstylnych na kształtowanie się wilgotności względnej wewnątrz szczelnego obuwia ochronnego;
- zbadanie wpływu obecności medium - pot alkaliczny, pot kwaśny, na zdolność sorpcyjną struktur tekstylnych, przy ich zróżnicowaniu materiałowym – rozpatrywaną w aspekcie różnic porowatości układów kompozytowych oraz właściwości sorpcyjnych materiałów je tworzących, w warunkach użytkowania podczas intensywnego wysiłku, w szczelnym obuwiu ochronnym;
- opracowanie sposobu łączenia struktur tekstylnych - w odniesieniu do profilowanych kompozytowych wkładów do szczelnego obuwia ochronnego - za pomocą ultradźwięków i optymalizacja parametrów tego procesu - w kontekście trwałości połączenia układu utworzonego z włókien o różnej charakterystyce termicznej i struktur o różnej geometrii wewnętrznej;
- opracowanie i walidacja metodyki badań, zwiększającej trafność podejmowanych decyzji w odniesieniu do projektowanych struktur tekstylnych w szczelnym obuwiu ochronnym, poprawiających ergonomię i komfort użytkowania – obejmującej kilka narzędzi badawczych jednocześnie tj. pomiar mikroklimatu w obuwiu w warunkach dynamicznych, ocenę przyrostu masy obuwia i struktur tekstylnych, pomiar wskaźników przepływów naczyniowych w kończynie dolnej oraz ich weryfikację z subiektywną oceną użytkowników;
- przeanalizowanie i określenie wpływu parametrów mikroklimatu w szczelnym obuwiu ochronnym na zmiany wartości parametrów przepływu krwi w kończynie dolnej - jako rezultatu zastosowania w strukturach tekstylnych włókien o zróżnicowanej zdolności do sorpcji wody, z usytuowaniem warstwy włókien hydrofobowych przy skórze

użytkownika, co wiąże się ze zróżnicowaną dystrybucją ciepła i wilgoci, wpływającą na powierzchniowe przepływy krwi w kończynach dolnych.

Powyższe osiągnięcie zawarłam w dwóch niżej sformułowanych zagadnieniach:

- A. Badania nad opracowaniem koncepcji i sposobu wytwarzania funkcjonalnych struktur tekstylnych, do zastosowania w szczelnym obuwiu ochronnym.
- B. Badania nad opracowaniem i walidacją metodyki badań oceny komfortu użytkowania funkcjonalnych struktur tekstylnych do szczelnego obuwia ochronnego stosowanego w różnych warunkach pracy.

Cykl publikacji powiązanych tematycznie i usystematyzowanych zgodnie z powyższymi zagadnieniami, obejmuje następujące pozycje:

A – 1

Irzmańska E., The microclimate in protective firefighter footwear: foot temperature and air temperature and relative humidity, **AUTEX Research Journal**, 16, 2, 2016, 75 - 79

[IF = 0,46; MNiSW = 20]

Moim wkładem w powstanie tej pracy był przegląd aktualnego piśmiennictwa, opracowanie metodyki badań, nadzorowanie badań użytkowych, opracowanie wyników, analiza i interpretacja wyników badań, przygotowanie i edycja manuskryptu, udzielenie odpowiedzi recenzentom (100%).

A – 2

Irzmańska E., Dutkiewicz J., Evaluation of airlaid nonwovens with superabsorbent for use in protective footwear: tests involving a thermal foot model and a climatic chamber, **FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe**, 23, 6(114), 2015, 138 - 142

[IF = 0,566; MNiSW = 25]

Moim wkładem w powstanie tej pracy było współtworzenie koncepcji nowego zastosowania polimeru superabsorbencyjnego (SAP) i sposobu oceny jego właściwości użytkowych we wkładkach do obuwia ochronnego, nadzorowanie badań, opracowanie wyników, współuczestniczenie w analizie wyników badań, współuczestniczenie w pisaniu artykułu oraz udzielaniu odpowiedzi recenzentom (75%).

A – 3

Irzmańska E., Brochocka A., Majchrzycka K., Textile Composite Materials with Bioactive Melt-Blown Nonwovens for Protective Footwear, **FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe**; 20, 6A(95), 2012, 119-125

[IF = 0,801; MNiSW = 25]

Moim wkładem w powstanie tej pracy było opracowanie koncepcji struktury wkładki do obuwia, zaplanowanie metodyki badań jej przydatności, nadzorowanie badań, opracowanie i analiza wyników, współudział w interpretacji wyników, przygotowanie i edycja manuskryptu oraz współudział w udzieleniu odpowiedzi recenzentom (60%).

A – 4

Irzmańska E., Brochocka A., Influence of the Physical and Chemical Properties of Composite Insoles on the Microclimate in Protective Footwear, **FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe**; 22, 5(107), 2014, 89-95

[IF = 0,667; MNiSW = 20]

Moim wkładem w powstanie tej pracy było opracowanie koncepcji metodyki badań wkładek do obuwia o nowej strukturze, koordynowanie badań, opracowanie wyników, współudział w analizie i interpretacji wyników, przygotowanie i edycja manuskryptu oraz współudział w udzieleniu odpowiedzi recenzentom (60%).

A – 5

Irzmańska E., Brochocka A., Orlikowski W., Majchrzycka K.

Zgłoszenie patentowe nr P406 296 pt. Wkładka kompozytowa do szczelnego obuwia, data zgłoszenia listopad 2013 r.

Moim wkładem w powstanie tej pracy było opracowanie założeń wynalazku, współuczestniczyłam w koncepcji patentu, wykonywałam badania użytkowe, nadzorowałam badania metrologiczne, współuczestniczyłam w przygotowaniu opisu patentu i zastrzeżeń patentowych (40%).

A – 6

Irzmańska E., The impact of different types of textile liners used in protective footwear on the subjective sensations of firefighters, **APPLIED ERGONOMICS**, 47, 2015, 34-42

[IF = 1, 713; MNiSW = 35]

Moim wkładem w powstanie tej pracy był przegląd aktualnego piśmiennictwa, opracowanie koncepcji struktury wkładów do obuwia, opracowanie kwestionariusza ankietowego, przeprowadzenie badań użytkowych, opracowanie wyników, analiza i dyskusja wyników, przygotowanie i edycja manuskryptu oraz udzielanie odpowiedzi recenzentom (100%).

A – 7

Irzmańska E., Footwear use at workplace and recommendations for the improvement of its functionality and hygiene, **AUTEX Research Journal**, 14, 2, 2014, 89–94

[IF = 0, 22; MNiSW = 20]

Moim wkładem w powstanie tej pracy był przegląd aktualnego piśmiennictwa, opracowanie rekomendacji na podstawie otrzymanych wcześniej wyników badań, przygotowanie i edycja manuskryptu oraz udzielanie odpowiedzi recenzentom (100%).

B - 1

Irzmańska E., Charkusz M., Irzmański R., The use of impedance plethysmography to evaluate the impact of increasing physical activity on blood flow in the lower extremities involving footwear comfort – a preliminary report, **CLINICAL AND EXPERIMENTAL MEDICAL LETTERS (CEML)**; 52, 1-2, 2011, 45-51

[MNiSW = 7]

Moim wkładem w powstanie tej pracy była organizacja zespołu badawczego, opracowanie wstępnej koncepcji metodyki badawczej, współuczestniczyłam w badaniach użytkowych, współuczestniczyłam w opracowaniu i analizie wyników badań, współuczestniczyłam w formułowaniu wniosków badawczych, współuczestniczyłam w przygotowaniu manuskryptu (60%).

B – 2

Irzmańska E., Padula G., Irzmański R., Impedance plethysmography as a tool for assessing exertion-related blood flow changes in the lower limbs in healthy subjects, **MEASUREMENT**, 47, 2014, 110-115

[IF = 1, 484; MNiSW = 30]

Moim wkładem w powstanie tej pracy było współuczestniczenie w przeglądzie aktualnego piśmiennictwa, opracowałam wyniki badań, współuczestniczyłam w formułowaniu wniosków badawczych, współuczestniczyłam w przygotowaniu manuskryptu oraz udzieleniu odpowiedzi recenzentom (60%).

B – 3

Irzmańska E., Dutkiewicz J., Irzmański R., New approach to assessing comfort of use of protective footwear with a textile liner and its impact on foot physiology, **TEXTILE RESEARCH JOURNAL**, 84, 7; 2014, 728–738

[IF = 1,599; MNiSW = 40]

Moim wkładem w powstanie tej pracy była koncepcja dalszego rozwoju metodyki badań wkładów do obuwia, koncepcja sposobu analizy wyników badań, opracowanie wyników, współuczestniczenie w interpretacji wyników, współuczestniczenie w przygotowaniu manuskryptu oraz współuczestniczenie w udzieleniu odpowiedzi recenzentom (70%).

B – 4

Irzmańska E., Evaluating the comfort of use of protective footwear: Validation of a method based on microclimate parameters and peripheral blood flow, **MEASUREMENT**, 77, 2016, 34-39

[IF = 1,742; MNiSW = 30]

Moim wkładem w powstanie tej pracy była koncepcja podejścia i walidacja opracowanej metody badawczej, analiza wyników badań, opracowanie graficzne i statystyczne wyników, interpretacja wyników, przygotowanie i edycja manuskryptu oraz udzielenie odpowiedzi recenzentom (100%).

Kopie w/w publikacji, wchodzących w skład osiągnięcia naukowego, znajdują się w **Załączniku 7**, a oświadczenia współautorów tych publikacji zawarte są w **Załączniku 8**.

- c) Omówienie celu naukowego pracy i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Moje zainteresowania naukowe, od początku pracy zawodowej, były związane z opracowywaniem tekstyliów podnoszących jakość życia użytkowników. W tym zakresie projektowałam struktury tekstylne, a do potwierdzenia ich pozytywnego oddziaływania na człowieka, stosowałam metody wykorzystywane w diagnostyce medycznej. Kwantyfikację opierałam na metodzie pletyzmografii impedancyjnej związanej z wyznaczeniem wskaźników przepływów naczyniowych. Sukcesywnie rozwijałam możliwości implementacji tej metody w różne obszary zastosowania, uwzględniając różne przewidywane warunki użytkowania tekstyliów. Szczegółowy opis tej działalności zawarłam w **Załączniku 2**.

Podjęcie pracy w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym (CIOP-PIB), sprecyzowało moje zainteresowania badawcze i aplikacyjne w dwóch kierunkach. Zajmowałam się kształtowaniem właściwości ochronnych, użytkowych i ergonomicznych tekstyliów, przeznaczonych do obuwia ochronnego w warunkach użytkowania przemysłowego oraz opracowywałam metody badawcze potwierdzające ich pozytywne oddziaływanie na zdrowie użytkownika.

Zagadnienia związane z poprawą komfortu użytkowania obuwia od wielu lat stanowią przedmiot dociekań wielu badaczy ale problem związany z jego złożonością ciągle wymaga nowych poszukiwań badawczych. W przypadku konstrukcji niekonwencjonalnego obuwia stosowanego w środowisku pracy, ważne jest inne podejście w jego ocenie, w stosunku do obuwia powszechnego użytku. Pojawia się zatem pytanie, które czynniki są istotne. Śledząc literaturę, a przede wszystkim bazując na własnym doświadczeniu, nie tylko w obszarze włókiennictwa, ale także w obszarze medycyny uważam, że istnieje, co najmniej kilka czynników decydujących o pozytywnym wpływie obuwia ochronnego na komfort użytkowania, bądź jego braku, w kontakcie z użytkownikiem. W mojej ocenie do istotnych predyktorów, które powinno brać się pod uwagę w takiej ocenie są:

- rodzaj funkcjonalizacji tekstyliów do zastosowania w obuwiu ochronnym,
- czynnik fizjologiczny - związany z oddziaływaniem obuwia ochronnego na zmiany czynnościowe w organizmie z uwzględnieniem powierzchniowych przepływów krwi w kończynie dolnej,
- czynnik termiczny - związany z wymianą ciepła i wilgoci pomiędzy kończyną dolną a obuwiem,
- czynnik psychologiczny - związany z oddziaływaniem obuwia na subiektywne odczucia użytkownika.

Przedstawione zagadnienia wpisują się ściśle w aktualną problematykę nad rozwojem innowacyjnych ŚOI. Europejska strategia rozwoju ŚOI do 2020 r. pt.: *Long Term Personal Protective Equipment Perspective of the European Union*, przedstawia m.in. wytyczne w zakresie opracowywania funkcjonalnych rozwiązań tekstylnych (ang. *support textiles*) w postaci wkładek, wkładów oraz skarpet o właściwościach: antygrzybiczych i antybakteryjnych, paroprzepuszczalnych (istotnych w przypadku szczelnego obuwia ochronnego) oraz charakteryzujących się krótkim cyklem życia (ang. *service life*), co jest ważne w przypadku użytkowników z problemem zwiększonej potliwości stóp. Kwestia, podkreślona została w dokumencie Technical Committee w ramach ISO [ISO/TR 18690:2012]. Konieczność badań ŚOI, w symulowanych warunkach ich stosowania, podniesiona została w grupie CEN-CENELEC BT/WG 8 oraz Technical Committee EQUID (Ergonomic Quality In Design) organizacji IEA (International Ergonomics Association).

W cyklu publikacji powiązanych tematycznie, zaproponowałam sposób rozwiązania problemów praktycznych związanych z podniesieniem walorów użytkowych obuwia ochronnego, poprzez zastosowanie przebadanych struktur tekstylnych, konfekcjonowanych jako profilowane wkłady do wnętrza szczelnego obuwia ochronnego. Należy podkreślić, że jako obiekt badań wybrałam typ obuwia ochronnego, który generuje największe problemy związane z komfortem użytkowania z uwagi na fakt, że stanowiąc skuteczną barierę pomiędzy człowiekiem, a szkodliwym środowiskiem pracy jest poważną przeszkodą na

drodze wymiany ciepła i pary wodnej między kończyną dolną, a otoczeniem. Szczelne obuwie uniemożliwia odprowadzanie ciepła, a wydzielany intensywnie pot tylko w niewielkim stopniu jest odparowany, gromadzi się na skórze i na wewnętrznej powierzchni obuwia, co sprzyja gwałtownemu przyrostowi wilgotności i temperatury wewnątrz obuwia. Następnie, opracowałam metodę badawczą w celu potwierdzenia skuteczności rozwiązań tekstylnych poprawiających komfort użytkowania obuwia ochronnego. Stosując nowe podejście, połączyłam kilka narzędzi badawczych jednocześnie, w tym metodę pletyzmografii impedancyjnej, związanej z reakcją naczyń krwionośnych polegającą na ich zwężaniu lub rozszerzeniu w zależności od zewnętrznych warunków temperaturowo – wilgotnościowych.

Dzięki wiedzy z zakresu włókiennictwa, poszerzonej o wiedzę w zakresie medycyny oraz praktyce w badaniach obuwia ochronnego prowadzonych w Zakładzie Ochron Osobistych we współpracy z Zakładem Ergonomii CIOP-PIB, podjęłam się zaproponowania własnego spojrzenia na problematykę oddziaływania funkcjonalnych struktur tekstylnych w obuwiu ochronnym w aspekcie ergonomii i komfortu użytkowania w symulowanych warunkach obciążenia pracą.

Poniżej przedstawiłam omówienie najważniejszych osiągnięć naukowych i aplikacyjnych.

W początkowej fazie pracy prowadziłam badania mikroklimatu wewnątrz obuwia ochronnego. Interesowało mnie w jakim stopniu konstrukcja ochronna wpływa na pogorszenie mikroklimatu wewnątrz obuwia ochronnego, na przykładzie dwóch modeli obuwia ochronnego, różniących się pod względem konstrukcyjnym oraz materiałowym (skórzane z podwyższoną cholewką oraz polimerowe z kauczuku nitrylowego). Na podstawie zarejestrowanych krzywych rozkładu temperatury i wilgotności, charakteryzujących dynamikę kształtowania się mikroklimatu wewnątrz obuwia stwierdziłam, że obydwie badane konstrukcje ochronne wpływają na pogorszenie mikroklimatu, nasilone w szczelnym obuwiu ochronnym. Dla obuwia skózanego temperatura wewnątrz wynosiła 35,8° C wokół części grzbietowej stopy i 37,3° C wokół części podeszwowej; dla obuwia polimerowego 35,4° C wokół części grzbietowej stopy i 37,0° C wokół części podeszwowej. Najwyższe wartości wilgotności względnej zarejestrowano dla obuwia polimerowego - 96,6 %. Na podstawie wyników tych badań zdefiniowałam wartości parametrów temperaturowo – wilgotnościowych w szczelnym obuwiu ochronnym. Wskazałam na potrzebę poprawy mikroklimatu wewnątrz szczelnego obuwia, poprzez zastosowanie funkcjonalnych struktur tekstylnych w postaci wkładów lub wkładek w zakresie skutecznej dystrybucji ciepła i wilgoci.

Ważnym aspektem rozpoczęcia prac, nad projektowaniem funkcjonalnych struktur do szczelnego obuwia ochronnego, były modelowe badania nad oceną sorpcji wilgoci z powietrza. W sytuacjach, w których ilość cieczy (potu) do pochłonięcia przez materiał absorpcyjny jest duża lub kiedy materiał jest narażony na stosunkowo duże obciążenia z uwagi na warunki użytkowania (np. w obuwiu ochronnym) same struktury tekstylne z włókien o dobrym powinowactwie do wody, nie wystarczają na trwałe zmagazynowanie płynu w przestrzeniach między włóknami. Wówczas dobrym rozwiązaniem jest możliwość skorzystania z polimeru superabsorpcyjnego (SAP) w postaci granulatu, co było moim autorskim pomysłem w przeprowadzonych badaniach. Badania wskazujące na możliwość zastosowania (SAP) w konstrukcji struktur tekstylnych do obuwia ochronnego nie były dotąd opisywane w literaturze. Zakres prac obejmował ocenę wydajności włóknin, pod względem pochłaniania wilgoci z powietrza o dużym nasyceniu parą wodną, w komorze klimatyzacyjnej oraz symulowanych warunkach użytkowania na termicznym modelu stopy. Podczas badania włóknin modelowałam warunki temperaturowo-wilgotnościowe panujące wewnątrz użytkowanego szczelnego obuwia ochronnego podczas użytkowania (**publikacja A – 1**).

Zaobserwowałam, że włókniny zawierające SAP, powodowały osuszanie powietrza (znaczný spadek wilgotności względnej wewnątrz obuwia) w porównaniu do wkładek niezawierających SAP oraz tradycyjnie stosowanego w obuwiu ochronnym filcu wełnianego. Stwierdziłam więc, że materiały zawierające SAP mogą być bardziej wydajne od aktualnie użytkowanego filcu wełnianego. Jest to wniosek interesujący z poznawczego punktu widzenia, ponieważ materiały tego typu nie były do tej pory stosowane do tego celu. Ich produkcja przeznaczona jest obecnie wyłącznie na użytek odbiorców wytwarzających artykuły do higieny osobistej, a w wyrobach tych, funkcja ich polega na szybkim wchłanianiu i magazynowaniu płynów fizjologicznych (moczu lub krwi), a nie na osuszaniu powietrza.

Przeprowadzone przez mnie badania wskazały zatem nowy kierunek aplikacji materiałów chłonnych w szczelnym obuwiu ochronnym do poprawy komfortu higienicznego. Zagadnienia powyższe, kontynuuję w aktualnie realizowanym projekcie w ramach III konkursu Programu Badań Stosowanych (PBS) pt.: „*Opracowanie technologii wytwarzania wielofunkcyjnych kompozytów do ochrony człowieka w warunkach szczególnie uciążliwej pracy*” (kierownik projektu dr. hab. inż. Katarzyna Majchrzycka, prof. nadzw. CIOP-PIB). W projekcie jestem odpowiedzialna za opracowanie wielofunkcyjnego kompozytu tekstylnego, na bazie włóknin, zawierającego SAP z przeznaczeniem na wkłady do obuwia ochronnego.

Wyniki powyższych badań przedstawiono w pracy: Irzmańska E., Dutkiewicz J., *Evaluation of airlaid nonwovens with superabsorbent for use in protective footwear: tests involving a thermal foot model and a climatic chamber*, FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe, 23, 6(114), 2015, 138 – 142 (publikacja A – 2).

Dalsze prace ukierunkowałam na otrzymanie konstrukcji bioaktywnych struktur tekstylnych (kompozyty) o odpowiednich właściwościach ochronnych, podwyższonej wytrzymałości mechanicznej oraz zapewniających hamowanie rozwoju mikroorganizmów we wnętrzu szczelnego obuwia ochronnego. Specyficzne warunki temperaturowo – wilgotnościowe w szczelnym obuwiu ochronnym, mogą sprzyjać rozwojowi szkodliwych mikroorganizmów i w konsekwencji prowadzić do przewlekłych chorób stóp.

W wyniku przeprowadzonych badań sprawdziłam możliwość wykorzystania bioaktywnych włókien wytworzonych z polimerów włóknotwórczych o różnych właściwościach mechanicznych oraz zdolności do sorpcji cieczy do zastosowania w konstrukcjach tekstylnych, przeznaczonych do stosowania wewnątrz obuwia ochronnego. Do konstrukcji kompozytów opracowałam warianty bioaktywnych włókien pneumotermicznych na bazie polipropylenu (PP), poliwęglanu (PC) i poliamidu (PA). W celu nadania wkładowi właściwości bioaktywnych wprowadziłam na etapie formowania włókien, środek biocydowy w postaci dostępnego w handlu mononadftalanu magnezu. Zastosowanie wytworzonych włókien do konstrukcji kompozytów pozwoliło na uzyskanie wyrobu skutecznie hamującego rozwój wewnątrz obuwia mikroorganizmów tj. *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans*, *Aspergillus fumigatus*, *Trichophyton mentagrophytes*, w porównaniu do obecnie stosowanych w szczelnym obuwiu ochronnym wkładów z filcu wełnianego. W celu zapewnienia dobrych właściwości mechanicznych, związanych bezpośrednio z trwałością użytkową struktur tekstylnych do obuwia, opracowałam bezklejową technikę łączenia warstw kompozytów z wykorzystaniem ultradźwięków. Jest to moja autorska koncepcja, która pozwala na zachowanie odległości dystansowej pomiędzy warstwami konstrukcyjnymi kompozytu, poprawiając tym samym właściwości higieniczne przy zachowaniu optymalnych parametrów mechanicznych. Wykazałam, na podstawie otrzymanych rezultatów, że najlepszymi właściwościami charakteryzują się kompozyty zawierające w swej strukturze bioaktywną włókninę pneumotermiczną z PC – decydują o tym ich dobre właściwości sorpcyjne oraz wytrzymałościowe. Duża wytrzymałość włókien PC warunkuje w wyrobie finalnym - dobre właściwości mechaniczne, zaś hydrofobowość i nie zwilżalność powierzchniowa nie pozwalają na kumulowanie wody w ich strukturze oraz warunkują dobrą przepuszczalność pary wodnej.

Na podstawie badań wskazałam na możliwości optymalizowania zarówno składu surowcowego, konstrukcji struktur tekstylnych oraz sposobu łączenia warstw tych struktur w kompozycie, szczególnie skutecznych w przypadku szczelnego obuwia ochronnego.

Wyniki powyższych badań przedstawiono w pracy: Irzmańska E., Brochocka A., Majchrzycka K., *Textile Composite Materials with Bioactive Pneumotermiczna Nonwovens for Protective Footwear*, FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe; 20, 6A(95), 2012, 119-125 (publikacja A – 3).

Analiza literatury z zakresu zdolności sorpcyjnych tekstyliów, zainspirowała mnie do dalszych badań nad strukturami tekstylnymi w odniesieniu do potu alkalicznego i kwaśnego, przy ich zróżnicowaniu materiałowym – rozpatrywanym jako rezultat różnic porowatości układów kompozytowych oraz właściwości sorpcyjnych materiałów je tworzących. Podczas wykonywania intensywnego wysiłku w warunkach pracy następuje zmiana pH potu z kwaśnego w stronę alkalicznego – pot o odczynie kwaśnym zawiera przede wszystkim składniki nieorganiczne, głównie elektrolity Na^+ i K^+ , które zwiększają napięcie powierzchniowe cieczy, co wiąże się z silnym powinowactwem jonów do polarnych cząsteczek wody. Na tej podstawie przyjąłm tezę, że podczas wysiłku, pot o odczynie zasadowym zawierający przewagę związków organicznych, zmniejszających napięcie powierzchniowe cieczy, może być mniej efektywnie transportowany w strukturze tekstyliów. Badania wpływu pH potu na efektywność transportu kapilarnego w wyrobach tekstylnych nie były jak dotąd opisane w literaturze. Zakres prac uwzględniał instrumentalne badania fizyko – chemiczne w zakresie kinetyki sorpcji potu w różnym pH (kwaśnym i zasadowym) i parametrów porowatości oraz weryfikację tezy w badaniach użytkowych.

Podjęm się interpretacji różnic w efektywności sorpcji wilgoci wskazałam na dużą rolę medium. Wykazałam, że struktury o wielowarstwowej budowie z włókien hydrofobowych i hydrofilowych sprzyjają zjawisku sorpcji cieczy związanej z absorpcją i zwilżaniem powierzchni oraz transportem kapilarnym wewnątrz pustych przestrzeni (porów). W autorskiej interpretacji zwróciłam uwagę na fakt, że kinetyka sorpcji zależała od pH cieczy (potu) – następowało wydłużenie czasu sorpcji w pH zasadowym (mniej efektywny transport wilgoci w strukturze wyrobu) oraz duża prędkość w pH kwaśnym (bardziej efektywny transport wilgoci w strukturze wyrobu). Rodzaj włókien wpływał na kinetykę sorpcji – kompozyty z włókniną pneumotermiczną z włókien poliwęglanowych transportowały efektywnie ciecz (pot) w pH zasadowym, a kompozyty z włókniną pneumotermiczną z włókien poliamidowych transportowały efektywnie ciecz (pot) w pH kwaśnym. W celu potwierdzenia wniosków przeprowadziłam badania użytkowe w zakresie pomiaru mikroklimatu w obuwiu. W badaniach stosowałam ściśle określoną procedurę w zakresie planowanych czynności ruchowych, analizując zmiany w czasie – temperatury i wilgotności w sposób ciągły, w ściśle określonym miejscu stopy użytkownika obuwia. Na ich podstawie potwierdziłam, że zastosowanie w szczelnym obuwiu ochronnym, opracowanych struktur tekstylnych, wpływa korzystnie na mikroklimat w porównaniu do wkładek komercyjnych (zarejestrowano niższe wartości temperatury i wilgotności w okolicy śródstopia w obuwiu).

Na tej podstawie stwierdziłam, że wytypowane jako optymalne na podstawie badań właściwości fizyko-chemicznych wkładki, spełniają swoją funkcję lepiej niż wkładki komercyjne, które wspomagają efektywne odprowadzanie potu w warunkach pH zasadowego, typowego dla intensywnego wysiłku fizycznego w warunkach obciążenia pracą.

Wyniki powyższych badań przedstawiono w pracy: Irzmańska E., Brochocka A., *Influence of the Physical and Chemical Properties of Composite Insoles on the Microclimate in Protective Footwear*, FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe; 22, 5(107), 2014, 89-95 (**publikacja A – 4**)

Ważnym etapem projektowania struktur tekstylnych, z punktu widzenia zastosowania w szczelnym obuwiu ochronnym, było opracowanie sposobu połączenia pojedynczych warstw tekstyliów w opracowanym układzie. Z uwagi na fakt, że materiały stosowane w obuwiu powinny charakteryzować się podwyższoną wytrzymałością mechaniczną, opracowałam technologię łączenia warstw, która jest przedmiotem zgłoszenia patentowego autorów. Oryginalność wynalazku polega na zastosowaniu nowoczesnej metody bezklejowego łączenia warstw tekstylnych z wykorzystaniem ultradźwięków, która pozwala na zachowanie odległości dystansowej pomiędzy warstwami konstrukcyjnymi, poprawiając tym samym właściwości higieniczne przy zachowaniu optymalnych parametrów mechanicznych. Może być ona wykorzystywana jako metoda alternatywna do metod klejowych i łączenia warstw wkładów za pomocą litej błony klejowej nie przepuszczalnej dla pary wodnej i powietrza. Zastosowana zgrzewarka umożliwia wykorzystanie oprzyrządowania w postaci odpowiednio zaprojektowanych sonotrod zgrzewających i uzyskanie optymalnych parametrów procesowych. Podczas procesu zgrzewania stosowałam stałe parametry nacisku regulowanego ciśnieniem powietrza w siłowniku oraz częstotliwości drgań sonotrody regulowanej w generatorze drgań. Parametrem zmiennym zależnym od rodzaju zgrzewanych materiałów tekstylnych był czas zgrzewania. Kompozyty zgrzewano punktowo przy zastosowaniu zoptymalizowanych parametrów w odpowiednich odległościach, co stanowiło także oryginalne rozwiązanie autorów zgłoszenia patentowego.

Otrzymany kompozyt tekstylny, do szczelnego obuwia ochronnego, posiada lepsze właściwości higieniczne, w porównaniu do obecnie znanych rozwiązań przeznaczonych na wkładki do obuwia ochronnego. Kompozytowa wkładka wspomaga efektywnie proces dystrybucji potu w warunkach pH zasadowego, typowego dla warunków ciężkiej pracy i kształtuje optymalny mikroklimat w szczelnym obuwiu ochronnym (**publikacja A – 4**). Uzyskanie optymalnych właściwości użytkowych, uzyskałam dzięki zastosowaniu kombinacji włókien syntetycznych z włóknami o podwyższonej zdolności do sorpcji wody, stosownej konstrukcji wyrobu oraz odpowiedniego rozmieszczenia włókien hydrofobowych i hydrofilowych w jej przestrzennej strukturze.

Przedstawione rozwiązanie otrzymało zespołową Nagrodę Pierwszego Stopnia Ministra Pracy i Polityki Społecznej w Ogólnopolskim Konkursie Poprawy Warunków Pracy

w 2015 r., Złoty Medal Międzynarodowych Targów Poznańskich oraz Medal SAWO Prezesa Zarządu Głównego Związku Ochotniczych Straży Pożarnych RP na Międzynarodowych Targach Ochrony Pracy, Pożarnictwa i Ratownictwa SAWO w 2016 r.

Wyniki powyższych badań przedstawiono w pracy: Irzmańska E., Brochocka A., Orlikowski W., Majchrzycka K. **Zgłoszenie patentowe nr P406 296 pt. Wkładka kompozytowa do szczelnego obuwia**, data zgłoszenia listopad 2013 r. (**publikacja A – 5**)

O pozytywnym wpływie na użytkownika opracowanych struktur świadczą kolejne badania. Zaprojektowałam konfekcjonowane wkłady do szczelnego obuwia ochronnego w których wykorzystałam wcześniejsze rezultaty - zastosowałam surowce i materiały o dobrych właściwościach sorpcyjnych w części podeszwowej (wkładka) oraz zwiększonej przepuszczalności ciepła w części łydki (cholewka). W konstrukcji wkładu zastosowano dwa kompozyty tekstylne – jeden na wkładkę będący przedmiotem zgłoszenia patentowego (**publikacje A – 3, A – 4, A – 5**) oraz opracowany do zastosowania na cholewkę.

Kompozyt tekstylny na część podeszwową, utworzono z czterech warstw połączonych punktowo za pomocą techniki ultradźwięków (**publikacja A – 5**): warstwa 1 - kontaktująca się ze stopą użytkownika (tkanina dwuwarstwowa, w której warstwa górna utworzona z włókien hydrofobowych poliestrowych, a dolna z włókien hydrofilowych sztucznych celulozowych); warstwa 2 - środkowa (włóknina pneumatyczna z włókien hydrofilowych poliwęglanowych ze środkiem biobójczym); warstwa 3 – środkowa (włóknina chłonna zawierająca polimer superabsorpcyjny (**publikacja A – 2**); warstwa 4 – kontaktująca się bezpośrednio z obuwem (włóknina o dobrych parametrach mechanicznych z włókien hydrofobowych polipropylenowych). W przypadku warstwy zawierającej polimer superabsorpcyjny wykorzystałam wcześniejsze doświadczenia (**publikacja A – 2**) i wytypowałam – włókninę chłonną bez SAP-u (gramatura 80 g/m², pojemność sorpcyjna 10 g/g) oraz z SAP-em (gramatura 175 g/m², pojemność sorpcyjna 40 g/g). Kompozyt tekstylny na część cholewki utworzono z trzech warstw połączonych za pomocą techniki ultradźwięków: warstwa 1 i 3 – od wewnętrznej strony obuwia (tkanina dwuwarstwowa, w której warstwa górna utworzona z włókien hydrofobowych poliestrowych, a dolna z włókien hydrofilowych sztucznych celulozowych), warstwa 2 – środkowa (włóknina igłowana z mikrowłókien polipropylenowych o dobrej przepuszczalności ciepła i pary wodnej). W konstrukcji cholewki zastosowano dodatkowe rozwiązanie - system klimatyczny z włókniny z włókien polipropylenowych, ułatwiający wentylację powietrza w przedniej części kończyny dolnej.

Konfekcjonowane struktury tekstylne, w postaci wkładów do szczelnego obuwia ochronnego, porównywałam w badaniach użytkowych z wyrobem kontrolnym w postaci wkładu z włókien wełny. Badania prowadziłam w laboratorium z udziałem 45 zawodowo czynnych strażaków z jednostek gaśniczo – ratunkowych.

Przyjęłam tezę, że możliwa jest poprawa właściwości ergonomicznych szczelnego obuwia ochronnego, poprzez zastosowanie wkładów, wykonanych z odpowiednich struktur tekstylnych, różniących się pod względem surowcowym oraz konstrukcyjnym. Do oceny właściwości ergonomicznych zastosowałam metodę według normy EN ISO 20344:2012 oraz opracowany przeze mnie autorski kwestionariusz ankietowy uwzględniający ocenę pod względem użytkowania struktur tekstylnych. Udowodniłam, że obuwiu użytkowane z tradycyjnym wkładem wełnianym, stanowiło większe utrudnienie podczas wykonywania czynności zawodowych. Natomiast wkłady z nowych struktur tekstylnych pozwalały na bardziej swobodne wykonywanie takich czynności jak marsz, klękanie i kucanie, wspinanie się po schodach, nie ograniczały swobody ruchu stopy, zapewniały stabilność i poczucie bezpieczeństwa przy poruszaniu się. Opracowany przeze mnie kwestionariusz w badaniach ergonomicznych, dotyczący oceny odczuć wilgotnościowo-termicznych w obuwiu, może stanowić ważne uzupełnienie standardowej oceny właściwości ergonomicznych obuwia ochronnego. Poczyniłam obserwację, że w obuwiu z wkładem wełnianym odczucia w zakresie wilgotności oceniane były negatywnie (o około 70 %), w stosunku do wkładu zawierającego SAP oraz systemem wentylacji z przodu cholewki. Zastosowanie opracowanych struktur tekstylnych nadało nowy wymiar użytkowanemu szczelnemu obuwiu ochronnemu, związany z efektywnym zarządzaniem wilgocią, niemożliwy do osiągnięcia w przypadku standardowych produktów wykonanych z włókien wełnianych. Badania pozwoliły mi na sformułowanie ważnego wniosku praktycznego, iż możliwa jest poprawa właściwości ergonomicznych szczelnego obuwia ochronnego poprzez zastosowanie struktur tekstylnych w postaci konfekcjonowanego wkładu.

Wyniki powyższych badań przedstawiono w pracy: Irzmańska E., **The impact of different types of textile liners used in protective footwear on the subjective sensations of firefighters**, APPLIED ERGONOMICS, 47, 2015, 34-42 (**publikacja A – 6**)

Uzyskane wyżej rezultaty z badań nad strukturami tekstylnymi, sformułowałam w postaci rekomendacji do poprawy funkcjonalności i higieny szczelnego obuwia ochronnego. Podkreśliłam, że obuwiu aby zapewnić właściwą ochronę użytkownikowi powinno spełniać podstawowe wymagania w odniesieniu do bezpieczeństwa i ochrony zdrowia. Jednak w wielu przypadkach gwarantowanie bardzo dobrych cech ochronnych obuwia, odbywa się kosztem jego właściwości użytkowych, co poparałam własnymi wynikami badań (**publikacje A – 1, A – 3, A – 4**). Aby w konsekwencji uniknąć sytuacji w której pracownik nie będzie stosował ochrony z uwagi na duży dyskomfort użytkowania, ważne jest szukanie kompromisu między pożądanym stopniem ochrony, a możliwie największym komfortem użytkowania obuwia na stanowisku pracy. Alternatywą mogą być funkcjonalne struktury tekstylne do szczelnego obuwia ochronnego w postaci konfekcjonowanego wkładu (**publikacja A-6**).

Równolegle do badań dotyczących kształtowania struktur tekstylnych, moje zainteresowania naukowe ukierunkowałam na opracowanie powtarzalnej metody do oceny pozytywnego oddziaływania rozwiązań tekstylnych stosowanych w szczelnym obuwiu ochronnym z uwzględnieniem specyfiki pracy i obciążenia wysiłkiem fizycznym.

Do opracowania metodyki badawczej zastosowałam kilka narzędzi badawczych jednocześnie, w tym pomiar wskaźników przepływów naczyniowych (pletyzmografia impedancyjna). Jest to moja autorska koncepcja, która została zrealizowana we współpracy ze specjalistami z dziedziny medycyny. Jednocześnie chciałam podkreślić, że w pracy doktorskiej prowadziłam wcześniej badania z wykorzystaniem tej metody, ale w układzie statycznym u chorych przewlekłe unieruchomionych zagrożonych wystąpieniem odleżyn. W przypadku prac, przedstawionych w osiągnięciu, opisałam badania w układzie dynamicznym, a grupę badawczą stanowili zdrowi użytkownicy obuwia ochronnego (strażacy). Na początku metoda implikowała wiele nowych trudności metodycznych oraz interpretacyjnych, które wspólnie z zespołem badawczym musiałam rozwiązać.

Pierwszy etap prac dotyczył pilotażowych badań i poszukiwania odpowiedzi na pytanie: czy metoda pletyzmografii impedancyjnej jest możliwa do zastosowania w warunkach symulowanego obciążenia wysiłkiem, u użytkowników obuwia ochronnego? Badania wykonałam na grupie zawodowo czynnych strażaków (10-12 osób). Wykonałam pomiary mikroklimatu w obuwiu (czujniki T/RH) oraz przepływu krwi w obwodowym układzie naczyniowym kończyny dolnej. Podczas badania wyznaczałam parametry opisujące prędkość i objętość przepływającej krwi w kończynie dolnej (iloraz impedancji - IR [p.m.], iloraz nachylenia - SR [p.m./s], czas do osiągnięcia szczytu fali - CT [ms], szerokość szczytu fali - CW [ms] i całkowitą zmianę przepływu krwi - ABF [%/min]). Wyznaczałam także parametry mikroklimatu w przestrzeni między obuwiem, a stopą oraz temperaturę w grzbietowej oraz podeszwowej części stopy (temperatura – T [°C] i wilgotność względna RH [%]). Stwierdziłam, że ocena krążenia obwodowego w kończynach dolnych, z wykorzystaniem pletyzmografii impedancyjnej, u osób zdrowych, obciążanych stopniowanym wysiłkiem fizycznym, jest możliwa do wykonania oraz przyniosła, rezultat w postaci obiektywnych parametrów modyfikowanych w czasie przez trwające obciążenie. Założyłam, że w dalszych badaniach, na większej grupie badawczej, rokuje precyzyjnym ustaleniem wpływu czynników zewnętrznych (temperatura i wilgotność) na komfort użytkowania szczelnego obuwia ochronnego. Należy jednak podkreślić, że dopracowanie metodyki badań, przy wykorzystaniu modelu treningu interwałowego oraz poprzedzeniu

badania głównego, 30-minutową rozgrzewką (możliwości adaptacyjne układu naczyniowego u osób zdrowych), przyniosło spodziewany rezultat w postaci porównywalnych wyników.

Wyniki powyższych badań przedstawiono w pracy: Irzmańska E., Chałusz M., Irzmański R., **The use of impedance plethysmography to evaluate the impact of increasing physical activity on blood flow in the lower extremities involving footwear comfort – a preliminary report**, CLINICAL AND EXPERIMENTAL MEDICAL LETTERS (CEML); 52, 1-2, 2011, 45-51 (**publikacja B – 1**)

Kolejna praca jest rezultatem powyższych doświadczeń. Nadrzędnym celem było zwizualizowanie zmian objętości krwi w kończynach dolnych w warunkach użytkowania obuwia zawierającego próbkę kontrolną tj. wkład wełniany oceniony negatywnie w poprzedniej pracy (**publikacja A – 6**). Poszukiwałam odpowiedzi czy wkłady wełniane determinują negatywny wpływ mikroklimatu (wzrost temperatury i wilgotności) na krążenie krwi w kończynach dolnych (wzrost parametrów pletyzmograficznych). Badanie przeprowadziłam z udziałem 30 użytkowników (strażaków) w jednorodnym przedziale wiekowym, które przebiegało trójfazowo – faza rozgrzewki, wysiłku właściwego i odpoczynku. Zaobserwowałam, że większość parametrów impedancyjnych, charakteryzujących przepływ krwi w badanym obszarze była istotna statystycznie oraz wykazywała tendencję rosnącą proporcjonalnie do czasu trwania wysiłku fizycznego. Warto podkreślić, że podczas badania obserwowaliśmy istotne zmiany badanych parametrów układające się w logiczną całość. Wartości wszystkich parametrów przepływu krwi w kończynie dolnej podczas badania, miały charakter progresywny podczas fazy marszu na bieżni, w porównaniu do fazy spoczynkowej, a następnie regresywny w fazie wypoczynku, co potwierdza, że metoda nie charakteryzuje się ograniczoną odpowiedzią. Otrzymane wyniki wykazywały istotne zmiany w krążeniu krwi obwodowej, co potwierdza, że pletyzmografia impedancyjna wykazuje cechy precyzyjnej metody umożliwiającej ocenę lokalnego przepływu krwi w kończynie dolnej, w niestacjonarnych warunkach badania. Obserwowany, w tym kontekście, brak istotnych zmian w zakresie parametru czasu do szczytu fali pletyzmograficznej (CT), zinterpretowałam, jako czuły wskaźnik rzetelności badania. Na podstawie badań stwierdziłam, że pletyzmografia impedancyjna umożliwia ocenę lokalnego przepływu krwi w kończynach dolnych. Wpływ dodatkowego obciążenia na skutek użytkowania szczelnego obuwia ochronnego z komponentami tekstylnymi wełnianymi (wzrost temperatury i wilgotności wewnątrz obuwia), mogą stanowić ważny element badania i dostarczają danych ilościowych i jakościowych o reakcji układu naczyniowego na skutek wymienionych bodźców zewnętrznych.

Wyniki powyższych badań przedstawiono w pracy: Irzmańska E., Padula G., Irzmański R., **Impedance plethysmography as a tool for assessing exertion-related blood flow changes in the lower limbs in healthy subjects**, MEASUREMENT, 47, 2014, 110-115 (**publikacja B – 2**)

Wnioski z powyższych prac upoważniły mnie do uwzględnienia w dalszych badaniach metody pletyzmografii impedancyjnej do oceny komfortu użytkowania struktur tekstylnych w szczelnym obuwiu ochronnym. Opracowałam autorską metodę integrującą kilka narzędzi badawczych jednocześnie tj. pomiar mikroklimatu w obuwiu w warunkach dynamicznych (czujniki temperaturowo-wilgotnościowe), ocena przyrostu masy obuwia, skarpet i wkładu (metoda wagowa), pomiar wskaźników przepływów naczyniowych w kończynie dolnej (pletyzmografia impedancyjna) oraz ocena samopoczucia użytkowników (kwestionariusze ankietowe). Badanie przeprowadziłam na zwiększonej grupie badawczej 30 użytkowników (strażaków) w jednorodnym przedziale wiekowym, które przebiegało trójfazowo – faza rozgrzewki, wysiłku właściwego i odpoczynku.

Podczas eksperymentu zaobserwowałam znaczny wzrost temperatury w okolicy grzbietowej oraz podeszwowej stopy o około 10% (36 °C w części grzbietowej i 37,0 °C w podeszwowej) oraz wilgotności względnej powietrza w okolicy podeszwowej stopy o około 50% (90% - 93%). Wartości porównywałam z danymi literaturowymi, na podstawie których przyjęto, że przedział odpowiadający komfortowi to temperatura nie niższa niż 28-29 °C i nie wyższa niż 33-34 °C, a wilgotność względna w przedziale od 60 do 65%. Zaobserwowałam duży przyrost wagowy obuwia i tekstylnych materiałów (wkładu i skarpet) na skutek absorpcji potu wydzielonego przez stopy – około 28 g. Wartość porównywałam z danymi literaturowymi na podstawie których przyjąłam, że w czasie marszu ilość wydzielanego przez stopę potu wynosi około 7 g/h. Na skutek niekorzystnych warunków temperaturowo-wilgotnościowych w szczelnym obuwiu ochronnym, wartości całkowitego przepływu krwi w kończynie dolnej wzrosły istotnie o 33% w stosunku do wartości początkowych.

Nad podstawie otrzymanych wyników badań stwierdzono, że podwyższone parametry przepływu krwi są silnie skorelowane z podwyższonymi wartościami parametrów mikroklimatu w obuwiu. Odnotowano silne korelacje pomiędzy ilorazem impedancji (IR) i temperaturą (T) ($r = 0.857$), ilorazem nachylenia krzywej impedancyjnej (SR) i temperaturą (T) ($r = 0.853$), czasem do szczytu fali (CT) i temperaturą (T) ($r = 0.976$); całkowitym przepływem krwi (ABF) i temperaturą (T) ($r = 0.805$) oraz czasem do szczytu fali (CT) i wilgotnością względną (RH) ($r = 0.888$).

Wykazałam bardzo wysokie korelacje pomiędzy subiektywnymi odczuciami temperatury w obuwiu, a obiektywną oceną parametrów temperaturowo-wilgotnościowych, parametrami przepływu krwi oraz przyrostem masy wkładu. Stwierdziłam, że subiektywne odczucia termiczne wiążą się bardzo silnie z temperaturą w części grzbietowej stopy ($r=0,97$; $p<0,001$), w części podeszwowej stopy ($r=0,98$; $p<0,001$), wyższymi wartościami ilorazu impedancji (IR) ($r=0,94$; $p<0,001$), wyższymi wartościami ilorazu nachylenia (SR) ($r=0,95$; $p<0,001$) oraz z wyższymi wartościami zmian przepływu krwi (ABF) ($r=0,90$; $p<0,001$). Jest to ciekawy wniosek z poznawczego punktu widzenia. Subiektywne odczucia wilgotności

w obuwiu nie były powiązane istotnie z wymienionymi parametrami, co oznaczało, że przy większym zawilgoceniu materiałów silniej odczuwanym bodźcem zewnętrznym w obuwiu była podwyższona temperatura, przypuszczalnie dlatego, że ludzka skóra nie jest wyposażona w receptory wrażliwe na wilgoć. Przy większym zawilgoceniu silniej odczuwanym bodźcem zewnętrznym była podwyższona temperatura otoczenia.

Udowodniłam, że komponenty w postaci wełnianych wkładów w konstrukcji szczelnego obuwia ochronnego, zaburzają cyrkulację ciepła, a wydzielany intensywnie pot w niewielkim stopniu jest odprowadzany na zewnątrz. Zjawisko to prowadzi do wzrostu wilgotności mikroklimatu wewnątrz obuwia, w wyniku czego następuje wzrost wskaźników przepływowych krwi w naczyniach obwodowych. Opracowane podejście może być przydatnym narzędziem do obiektywnej oceny zdrowia i higieny kończyn dolnych użytkowników obuwia ochronnego. Wyniki tego badania stanowią pierwszy etap w kierunku lepszego zrozumienia wpływu różnych parametrów na komfort użytkowania tekstylnych struktur w postaci konfekcjonowanych wkładów do szczelnego obuwia ochronnego.

Wyniki powyższych badań przedstawiono w pracy: Irzmańska E., Dutkiewicz J., Irzmański R., **New approach to assessing comfort of use of protective footwear with a textile liner and its impact on foot physiology**, TEXTILE RESEARCH JOURNAL, 84, 7; 2014, 728–738 (**publikacja B – 3**)

Poza aspektami poznawczymi, wykonane badania miały na celu sprawdzenie przydatności (walidacja) opracowanej metody badawczej, pod kątem możliwości prowadzenia wiarygodnych badań komfortu użytkowania obuwia ochronnego.

W postępowaniu walidacyjnym wyniki uzyskane na bazie wcześniejszych badań pletyzmograficznych skonfrontowałam z wyselekcjonowanymi składnikami, które mogą istotnie wpływać na komfort użytkowania szczelnego obuwia ochronnego. Wśród nich znalazły się: temperatura mikroklimatu wewnątrz obuwia, wilgotność względna, masa wydzielanego potu, masa wkładów. Opracowana metoda posłużyła, jako walidator dla tych elementów mikroklimatu, które istotnie mogą wpływać na komfort użytkowania szczelnego obuwia użytkowego. Taki zabieg został przeprowadzony celem obiektywnej oceny, niemierzalnego w sposób precyzyjny, subiektywnego uczucia komfortu użytkowania. Skorelowanie zmiennych, determinujących mikroklimat wewnątrz obuwia ze zmianami objętości przepływu krwi w kończynach dolnych, stanowi istotny element i jednocześnie potwierdza cel jaki postawiłam czyli ocena komfortu obuwia ochronnego z wykorzystaniem metody stosowanej w diagnostyce medycznej. Metoda pletyzmografii impedancyjnej tylko w kontekście oceny parametrów mikroklimatu daje pełen obraz wpływu niekonwencjonalnej struktury obuwia ochronnego na zmiany krążenia krwi w kończynach dolnych. W przeciwnym razie orzekanie, czy wskaźniki impedancji uzyskane z badania eksperymentalnego określają poziom komfortu, a nie na przykład stan chorobowy, byłoby obarczone dużą niepewnością.

Tak więc skorelowanie zmian objętości krwi ze zmianami takich parametrów, jak: temperatura, poziom wilgotności oraz związana z nimi, masa wkładów, daje potwierdzenie zasadności zaproponowanej metody badawczej. Z kolei pełne oszacowanie za pomocą dostępnych metod analizy statystycznej budżetów niepewności poszczególnych parametrów oraz ich procentowego udziału w całkowitej niepewności względnej, w odniesieniu do dokumentów normatywnych poszerza obraz możliwości modyfikacji konstrukcji struktur tekstylnych do obuwia ochronnego w kontekście wygody jego użytkowania, z jednoczesnym uwzględnieniem jego walorów zdrowotnych.

W aspekcie metrologicznym metodę sprawdziłam pod względem jej wiarygodności i spełnienia określonych kryteriów jakościowych tj. dokładność (poprawność, precyzja) i niepewność pomiarów, a otrzymane wartości parametrów walidacyjnych świadczą o tym, że laboratorium może w przyszłości wydawać wiarygodne i użyteczne wyniki badań.

Wyniki powyższych badań przedstawiono w pracy: Irzmańska E., **Evaluating the comfort of use of protective footwear: Validation of a method based on microclimate parameters and peripheral blood flow, MEASUREMENT**, 77, 2016, 342 (publikacja B – 4).

Podsumowanie osiągnięcia naukowego stanowiące podstawę wniosku habilitacyjnego

Przedstawiony jednotematyczny cykl publikacji kompleksowo **uzupełnienia i znacząco poszerza stan wiedzy z zakresu tematyki kształtowania funkcjonalnych struktur tekstylnych, przeznaczonych do stosowania w obuwiu ochronnym w warunkach pracy ciężkiej oraz metod badania ich skuteczności opartych na obiektywnych wskaźnikach i subiektywnych odczuciach pracownika, w aspekcie wymogów ergonomii i higieny użytkowania w odniesieniu do zakresu ich przewidywanego stosowania.**

Na podstawie uzyskanych wyników badań, opisałam zależności pomiędzy właściwościami zaprojektowanych struktur tekstylnych, a czynnikami ergonomicznymi wpływającymi na komfort użytkowania obuwia ochronnego. Pozwoliło to na wykrycie związków przyczynowo – skutkowych w zakresie oddziaływania funkcjonalnych struktur tekstylnych, ze szczególnym uwzględnieniem minimalizacji uciążliwości wynikających z niekorzystnych warunków mikroklimatycznych, na komfort i zdrowie użytkowników szczelnego obuwia ochronnego.

Fakt ten ma istotne znaczenie poznawcze i praktyczne. Przedstawione struktury tekstylne oraz metodyka badań skuteczności ich ochrony, mogą być wykorzystane przez specjalistów zajmujących się tworzeniem bezpiecznych i higienicznych warunków pracy oraz producentów wyrobów tekstylnych do obuwia ochronnego, w celu tworzenia programów profilaktycznych opartych na naukowo uzasadnionych faktach.

5. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIAGNIĘĆ NAUKOWO - BADAWCZYCH

Poza przedstawionym powyżej cyklem 11 powiązanych tematycznie prac, będących podstawą ubiegania się o stopień doktora habilitowanego, mój dorobek obejmuje prace, których tematyka ściśle związana jest z analizą zjawisk związanych ze stosowaniem rękawic i obuwia ochronnego w różnych środowiskach pracy oraz opracowywanie metod badań, specjalnie przystosowanych do odwzorowania konkretnych, specyficznych warunków pracy podczas użytkowania tych ochron.

Prace zostały opublikowane w recenzowanych czasopismach naukowych. Ze względu na tematykę zagadnień można pogrupować je w następujące cykle:

Cykl prac związany z badaniem wpływu elementów ochronnych na mikroklimat obuwia

Ważny nurt mojej aktywności naukowej, dotyczył opracowania badania komfortu użytkowania obuwia ochronnego z wykorzystaniem termicznego modelu stopy. Poszukiwałam odpowiedzi w jakim stopniu elementy ochronne (podnoski, ochrony śródstopia, ochrony kostki, wkładki chroniące stopy przed przekłuciem) wpływają na kształtowanie się mikroklimatu oraz izolacyjności cieplnej w obuwiu ochronnym. W tym celu opracowałam, we współpracy z firmą zewnętrzną, stanowisko badawcze w postaci termicznego modelu stopy do badań obuwia ochronnego. Nowością zbudowanego modelu, w stosunku do istniejących rozwiązań na świecie oraz moim autorskim pomysłem, jest koncepcja modelu w zakresie wysokości do kolana, umożliwiająca badanie pięciu wersji konstrukcyjnych obuwia ochronnego (obuwie z niską cholewką, trzewik, but do połowy łydki, do kolana, z cholewką powyżej kolana).

Badania prowadziłam w ramach projektu pn. *Opracowanie metody badania komfortu użytkowania obuwia ochronnego z wykorzystaniem modelu sztucznej stopy*, realizowanego w II etapie programu wieloletniego pn. *Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy w latach 2011 - 2013 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego/Narodowego Centrum Badań i Rozwoju* (kierownik projektu). W badaniach skoncentrowałam się na określeniu związku pomiędzy wpływem rodzaju materiału elementów ochronnych a kształtowaniem mikroklimatu w obuwiu. Zaobserwowałam, że podczas badania obuwia z podnoskami metalowymi zarejestrowałam wewnątrz obuwia wyższe wartości temperatury i wilgotności względnej (około 32° C i 90%) w porównaniu do podnosków z materiałów kompozytowych (około 29° C i 53 %). Stwierdziłam, że na mikroklimat w obuwiu duży wpływ ma rodzaj materiału z którego wytworzone są elementy ochronne. Dla opracowanej metody badania komfortu użytkowania obuwia ochronnego, na termicznym modelu stopy, wykonałam walidację

wewnątrzlaboratoryjną oraz międzylaboratoryjną z Finnish Institute of Occupational Health (FIOH) z Finlandii. Potwierdziłam także biegłość uczestników porównań międzylaboratoryjnych w zakresie oceny izolacyjności cieplnej obuwia z wykorzystaniem termicznego modelu stopy.

W wyniku prac w tym obszarze tematycznym powstały następujące publikacje pogładowe i oryginalne (poza pracami uwzględnionymi w cyklu stanowiącym osiągnięcie naukowe):

1. **Irzmańska E.**, Mikroklimat w obuwiu o właściwościach ochronnych, PRZEGLĄD – WŁÓKNO ODZIEŻ SKÓRA, 2011, 5, 35-37
2. **Irzmańska E.**, Termiczny model stopy - próba aplikacji w badaniach obuwia ochronnego, POMIARY AUTOMATYKA KONTROLA, 2012, 12, 1076-1081
3. **Irzmańska E.**, Mikroklimat obuwia ochronnego - badania z zastosowaniem termicznego modelu stopy, POMIARY AUTOMATYKA KONTROLA, 2013, 59, 5, 485-488
4. **Irzmańska E.**, Case study of the impact of toecap type on the microclimate in protective footwear, INTERNATIONAL JOURNAL OF INDUSTRIAL ERGONOMICS, 2014, 44, 5, 706-714
5. Majchrzycka K., Jachowicz M., Okrasa M., Bartkowiak G., Dąbrowska A., Gralewicz G., Owczarek G., **Irzmańska E.**, Rozwój funkcjonalności i ergonomii środków ochrony indywidualnej z uwzględnieniem innowacyjnych materiałów, systemów i technologii, ZESZYTY NAUKOWE WSZOP, 2015, 1(11), 38-50

Cykl prac związany z opracowaniem metody badania obuwia ochronnego ze szczególnym uwzględnieniem indywidualnych potrzeb pracowników starszych

Realizowałam tematykę w zakresie opracowania metod badania obuwia ochronnego stosowanego przez pracowników starszych. Prace realizowałam w ramach projektu pn. *Opracowanie wytycznych doboru obuwia ochronnego stosowanego przez pracowników starszych w celu ograniczania ryzyka upadku w wyniku poślizgnięcia* w III etapie programu wieloletniego pn. *Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy*, finansowanym w latach 2014-2016 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej (kierownik projektu). Założyłam, że obuwiu przeznaczone dla tej grupy pracowników, wymaga stosowania odpowiednich środków ochrony indywidualnej, zarówno o potwierdzonych badaniami parametrach ochronnych oraz dodatkowych, uwzględniających: wiek oraz związaną z nim sprawność ruchową oraz specyfikę chodu. Obuwie, powinno zatem charakteryzować się nie tylko określonymi cechami ochronnymi ale również ergonomicznymi. Wspólnie z zespołem Pracowni Biomechaniki Zakładu Ergonomii CIOP-PIB oraz specjalistami z Kliniki Geriatrii Uniwersytetu Medycznego w Łodzi,

zdefiniowałam które wskaźniki i metody, należy brać pod uwagę w przypadku oceny obuwia ochronnego, przeznaczonego dla pracowników starszych (60+). Potwierdziłam, że pewne konstrukcje obuwia zwiększają wielkość wychylenia środka ciężkości w płaszczyźnie czołowej i strzałkowej i dlatego należy stosować w tym celu ocenę równowagi za pomocą platformy dynamometrycznej i badania równowagi w teście dynamicznym. Stwierdziłam, wspólnie z zespołem badawczym, że kluczowy parametr w tym zakresie to całkowita długość ścieżki [cm], której wartość dla badanej osoby (60+) w obuwiu ochronnym, w stosunku do wariantu bez obuwia, powinna zmniejszyć się co najmniej o 50 %.

Opracowałam sposób oceny dopasowania obuwia zawierającego elementy ochronne u pracowników starszych z zastosowaniem metody skanowania 3D. Na podstawie badań na użytkownikach, opracowałam autorski tzw. wskaźnik całkowitego dopasowania obuwia ochronnego, poprzez wyznaczenie wartości naddatków częściowych, zdefiniowanych jako różnice pomiędzy wewnętrznymi wymiarami obuwia, a odpowiadającymi im wymiarami stóp uczestników badań. Za pomocą opracowanego wskaźnika porównywałam stopień dopasowania obuwia u osób starszych w porównaniu do osób młodszych. Badania wskazały, że w przypadku osób starszych, obserwowano miejsca 'ciasne', wyrażone wartościami ujemnymi wskaźnika, gdzie zlokalizowane są elementy ochronne: materiały do amortyzacji absorpcji energii w pięcie, metalowe elementy do ochrony palców (podnoski), materiały do amortyzacji uderzeń w stawie skokowo-goleniowym. Miejsca te, szczególnie u pracowników starszych, ograniczają ergonomiczne dopasowanie obuwia ochronnego do stopy. Wyniki mają charakter wstępny, ale wskazują na ciekawy kierunek badawczy, wymagający kontynuowania badań w tym zakresie.

W wyniku prac w tym obszarze tematycznym powstały następujące publikacje pogładowe i oryginalne:

1. **Irzmańska E.**, Protective footwear and the risk of slipping in older workers - definitions, achievements, recommendations, AUTEX RESEARCH JOURNAL, 2015, 15, 3, 181-190
2. **Irzmańska E.**, Tokarski T., Human movement analysis in evaluation of the risk of falls in younger and older workers while wearing protective footwear, MEASUREMENT, 91 (2016) pp. 19-24
3. Wójcik P., **Irzmańska E.**, Podnoski ochronne stosowane w obuwiu chroniącym przed urazami mechanicznymi, BEZPIECZEŃSTWO PRACY – NAUKA I PRAKTYKA, 2016, 6, 17-20
4. Wójcik P., **Irzmańska E.**, Ochrony palców – metody standardowe oraz przykładowe wyniki badań odporności na uderzenie, PRZEGLĄD – WŁÓKNO ODZIEŻ SKÓRA, 2016, 7, 23-27
5. **Irzmańska E.**, Zastosowanie platformy dynamometrycznej do oceny równowagi u pracowników starszych użytkujących obuwiu ochronne, MECHANIK, 2016, 11, 1623-1626

Cykl prac związany z kształtowaniem struktur ochronnych rękawic z wykorzystaniem innowacyjnych materiałów

Kolejny kierunek moich badań był związany z opracowaniem tkaniny z przędzy z włókien bazaltowych z przeznaczeniem na rękawice chroniące przed czynnikami gorącymi. Zagadnienie realizowałam wspólnie z zespołem badawczym z CIOP-PIB oraz Politechniką Łódzką i producentem Basaltex a.s. z Czech w projekcie międzynarodowym EUREKA ! akronimi BAGLO pn. *Elaboration of new type of protective gloves from basalt fibers for hot workplaces* (2010 – 2012). Z uwagi na zastosowanie do wytworzenia rękawic – bazaltu jako surowca nie stosowanego dotychczas w ich konstrukcji - konieczne było wcześniejsze opracowanie optymalnej struktury tkaniny stanowiącej zasadniczą warstwę, gwarantującą spełnienie odpowiednich wymagań ochronnych i użytkowych. W projekcie, byłam głównym wykonawcą zadania, dotyczącego opracowania optymalnej struktury tkaniny ochronnej z przędzy bazaltowej pn. *Opracowanie optymalnej struktury tkaniny ochronnej z przędzy bazaltowej* oraz przygotowałam raport merytoryczny za okres od 19.03.2010 do 31.12.2010 do NCBiR. W zakresie merytorycznym opracowałam założenia do wytworzenia przędzy i tkanin, przeprowadziłam analizę wyników badań laboratoryjnych dla znormalizowanych wskaźników jakości przędzy pod względem wykorzystania do wytworzenia tkanin bazaltowych w sześciu wariantach o masach powierzchniowych wynoszących odpowiednio: 200, 400 i 600 g/m², w dwóch wariantach splotowych tj. płóciennym i skośnym.

Rękawice z włókien bazaltowych zostały nagrodzone medalem srebrnym i brązowym na 113 Międzynarodowych Targach Wynalazczości Concours Lepine, Paryż (2014) oraz złotym medalem z wyróżnieniem i srebrnym medalem na 63 The Belgian and International Trade Fair for Technological Innovation "Brussels Innova 2014 w towarzyszącym konkursie Brussels Eureka, Bruksela (2014).

W wyniku prac w tym obszarze tematycznym powstała, z moim udziałem, jedna publikacja oryginalna:

1. Hrynyk R., Frydrych I., **Irzmańska E.**, Stefko A., Thermal properties of aluminized and non-aluminized basalt fabrics, TEXTILE RESEARCH JOURNAL, 2013, 83, 17, 10, 1860-1872

Brałam udział w projekcie pn. *Modelowe rozwiązania nanokompozytów polimerowych do zastosowania w materiałach dwufunkcyjnych chroniących przed olejami i wybranymi czynnikami mechanicznymi*", realizowanym w II etapie programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” w latach 2011-2013 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego/Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (główny wykonawca). Celem jego było opracowanie modelu kompozytu polimerowego z udziałem nanocząstek, przeznaczonego do wytwarzania rękawic chroniących przed olejami i czynnikami mechanicznymi. Jest to nowy aspekt badawczy, nie

podejmowany jak dotąd w badaniach rękawic ochronnych, w zakresie nowych nanostruktur polimerowych na bazie innych rodzajów kauczuku, przeznaczonych do wykorzystania w konstrukcji rękawic, łączących cechy rękawic chroniących przed olejami mineralnymi i czynnikami mechanicznymi. W projekcie, odpowiadałam za opracowanie metody oceny właściwości ergonomicznych dla rękawic chroniących przed olejami mineralnymi i czynnikami mechanicznymi. Zastosowałam dwa zmodyfikowane testy stosowane do oceny wygody użytkowania: test zręczności palców oraz chwytania i ciągnięcia. Badanie prowadziłam w warunkach symulujących rzeczywiste użytkowanie rękawic m.in. poprzez zanieczyszczenie ich powierzchni olejem mineralnym, co stanowiło aspekt nowości. Ocena właściwości ergonomicznych rękawic z zastosowaniem testu zręczności palców (ocena małych ruchów palców) oraz testu chwytania i ciągnięcia cylindra (ocena większych ruchów ramion i dłoni) uwidoczniła, że zanieczyszczenie powierzchni rękawicy olejem mineralnym, wpływa istotnie na obniżenie parametrów charakteryzujących właściwości ergonomiczne rękawic. Stwierdzono, że materiał rękawicy ma wpływ na ocenę wysiłku podczas pracy manualnej w warunkach zaoliwienia powierzchni rękawicy. Badania wskazały także, który test jest bardziej czuły i pozwala na bardziej dokładne zweryfikowanie materiału rękawicy przeznaczonego do zastosowań w sytuacji narażenia na kontakt z olejami mineralnymi.

Efektom prac jest patent udzielony przez UP Rzeczypospolitej Polskiej nr 219209 z 25.08.2014 pn. *Kompozycja elastomerowa do wytwarzania wyrobów cienkościennych metodą maczania*, w którym jestem współtwórcą.

W wyniku prac w tym obszarze tematycznym powstały z moim udziałem następujące publikacje poglądowe i oryginalne:

1. Krzezińska S., **Irzmańska E.**, Zagrożenie olejami mineralnymi na stanowiskach pracy oraz nowe rozwiązania polimerowych materiałów ochronnych w wybranych środkach ochrony indywidualnej; MEDYCYNA PRACY; 2011, 62 (4), 435-443
2. Krzezińska S., **Irzmańska E.**, Preliminary Evaluation of the Ergonomic Properties of Gloves for Protection Against Mineral Oils Based on Manual Dexterity Tests, JOURNAL OF TESTING AND EVALUATION, 2013, 41, 6, 875-882

Cykl prac związany z opracowaniem metody sygnalizacji czasu bezpiecznego stosowania rękawic ochronnych

Ważny nurt mojej aktywności naukowej w zakresie badania rękawic ochronnych stanowią prace badawcze z zakresu szacowania bezpiecznego czasu użytkowania, które realizowałam wraz z zespołem pracowników CIOP-PIB, Wydziału Chemii Uniwersytetu Łódzkiego i Wydziału Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej w ramach projektu

pn. *Opracowanie metody badania czasu zużycia rękawic chroniących przed olejami mineralnymi i wybranymi czynnikami mechanicznymi* w ramach II etapu programu wieloletniego pn. *Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy, finansowanego w latach 2011-2013 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej* (kierownik projektu).

Celem było opracowanie metody wyznaczania bezpiecznego czasu użytkowania rękawic ochronnych (z materiałów tekstylnych oraz materiałów tekstylnych powlekanych) w warunkach symulujących ich stosowanie podczas czynności zawodowych.

Opracowanie metody było moim autorskim pomysłem, którą poprzedziłam wnikliwą analizą warunków wykonywania prac manualnych w rękawicach ochronnych, na podstawie badań ankietowych w trzydziestu warsztatach mechanicznych i autoserwisach. Zaproponowałam sposób kwantyfikacji oceny czasu bezpiecznego użytkowania rękawic, który odpowiada warunkom rzeczywistym na stanowiskach pracy i uwzględnia wpływ czynnika ludzkiego, co pozwala na szacowanie przybliżonego okresu po upływie, którego wyroby przestają stanowić barierę ochronną w stosunku do olejów mineralnych i czynników mechanicznych obecnych w środowisku pracy. W celu potwierdzenia, prawidłowego odtworzenia warunków użytkowania rękawic ochronnych w laboratorium wykonałam, analizę zmian powierzchni techniką SEM dla próbek pochodzących z rękawic użytkowanych w warunkach symulacyjnych w laboratorium oraz stanowiskach pracy. Skuteczność rękawic w zakresie ochrony przed substancjami chemicznymi potwierdzałam na podstawie tzw. czasu przebicia substancji przez materiał, wyznaczonego doświadczalnie w laboratorium za pomocą metody, opracowanej wcześniej, wraz z zespołem pracowników CIOP-PIB oraz Wydziału Chemii Uniwersytetu Łódzkiego. Sposób postępowania uwzględnia ilościowe oznaczenie zawartości olejów w ekstrakcie z wykorzystaniem GC-FID, jako novum, stałego medium zbierającego. Prace te realizowałam w I etapie programu wieloletniego pn. *Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy, finansowanym w latach 2009-2013 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej* (główny wykonawca).

Potwierdziłam, że rękawice w warunkach użytkowania szybciej tracą właściwości ochronne, co skutkuje obniżeniem poziomów skuteczności (zdefiniowanych w normach) w stosunku do rękawic nowych. Na tej podstawie opracowałam praktyczne kryteria oceny czasu bezpiecznego użytkowania rękawic ochronnych, które mogą być stosowane jako wymagania uzupełniające podczas oceny typu WE rękawic, dotyczącego określania daty ważności lub okresu trwałości środków ochrony indywidualnej.

Obecnie, prace są kontynuowane w projekcie w ramach dotacji na działalność statutową CIOP-PIB „Opracowanie modelu matematycznego do szacowania czasu bezpiecznego użytkowania wskazanego typu rękawic ochronnych stosowanych w narażeniu na wybrane rozpuszczalniki organiczne” (2016–2017), w którym jestem wykonawcą. Jako

nowe, ciekawe podejście do tego zagadnienia zaproponowałam możliwość zastosowania modelowania matematycznego w kontekście bezpiecznego wykonywania pracy z uwzględnieniem rzeczywistych, zmiennych czynników środowiska pracy (m.in. temperatura otoczenia, wilgotność względna, odporność mechaniczna i chemiczna). Opracowany model pozwoli w przyszłości na przewidywanie poziomu skuteczności rękawic ochronnych i określenie tendencji zachowania się materiału, z których są wykonane, w zmiennych warunkach środowiska pracy tylko na podstawie obliczeń matematycznych.

W wyniku prac w tym obszarze tematycznym powstały następujące publikacje poglądowe i oryginalne:

1. **Irzmańska E.**, Grzegorzczak E., Dyńska-Kukulska K., Some aspects of the preparation position to determine the resistance of protective gloves to permeation of oils using UV spectrophotometry method; POLISH JOURNAL OF APPLIED CHEMISTRY; 2010, 1-4, 21-30
2. **Irzmańska E.**, Kamińska W., Dyńska-Kukulska K., Grzegorzczak E., Aspekty metrologiczne doboru materiałów sorpcyjnych przy oznaczaniu olejów przenikających przez rękawice ochronne metodą spektrofotometrii absorpcyjnej w nadfiolecie, POMIARY AUTOMATYKA KONTROLA, 2010, 8, 883-886
3. **Irzmańska E.**, Dyńska-Kukulska K., Permeation of mineral oils through protective glove materials in view of literature data and authors' own studies, REVIEWS IN ANALYTICAL CHEMISTRY, 2012, 31, 113-122
4. **Irzmańska E.**, Stefko A., Właściwości ochronne rękawic a warunki ich użytkowania – badania ankietowe, BEZPIECZEŃSTWO PRACY – NAUKA I PRAKTYKA, 2012, 12, 20-24
5. **Irzmańska E.**, Ocena bezpiecznego czasu użytkowania rękawic ochronnych, POMIARY AUTOMATYKA KONTROLA, 2013, 59, 4, 376-379
6. **Irzmańska E.**, Dyńska-Kukulska K., Jurczyk-Kowalska M., Characteristics of microstructural phenomena occurring on the surface of protective gloves by the action of mechanical and chemical factors, POLIMERY, 2014, 59, 2, 136-146
7. **Irzmańska E.**, Stefko A., Simulation method for assessing the end of service life of gloves used by workers exposed to mineral oils and mechanical factors, INTERNATIONAL JOURNAL OF INDUSTRIAL ERGONOMICS, 2015, 47, 61 – 71
8. **Irzmańska E.**, Stefko A., Dyńska-Kukulska K., Factors influencing the end of the service life of protective gloves used in car repair shop: A preliminary report, ARCHIVES OF ENVIRONMENTAL & OCCUPATIONAL HEALTH, 2015, 70, 2, 81-90
9. Chęsy P., **Irzmańska E.**, Zastosowanie metod modelowania matematycznego do wyznaczania bezpiecznego czasu stosowania rękawic chroniących przed czynnikami chemicznymi, PRZEGLĄD WŁÓKNO – ODZIEŻ – SKÓRA, 2017, 1, 23-28

Cykl prac związany z badaniem odporności na przecięcie materiałów tekstylnych rękawic ochronnych

Prace badawcze z zakresu badania odporności materiałów tekstylnych rękawic ochronnych na przecięcie realizowałam w projekcie pn. *Wdrożenie metody i budowa stanowiska do badania odporności rękawic na przecięcie ostrymi przedmiotami* w ramach I etapu programu wieloletniego pn. *Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy w latach 2008-2010 w zakresie zadań służb państwowych* przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej (główny wykonawca). Przyczyną podjęcia prac, wspólnie z zespołem pracowników z CIOP – PIB, jest fakt, że coraz częściej rękawice chroniące przed urazami mechanicznymi, wykonywane są z przędz o wysokiej odporności na przecięcia (włókien p-aramidowych, rdzeniowych, polietylenowych czy szklanych). Badania w tym zakresie koncentrowały się na optymalizacji metody standardowej, która jest niewystarczająca do badania rękawic wykonanych z przędz o wyższej odporności na przecięcie. Na podstawie wielowariantowych badań i analizy wyników stwierdziłam, że możliwe jest zaaplikowanie z pewnymi modyfikacjami sposobu wykorzystywanego do oceny odzieży ochronnej. Opracowałam klasyfikację poziomów skuteczności rękawic wykonanych z przędz o wysokiej odporności na przecięcia, który może być przydatny w zakresie oceny materiałów stosowanych w konstrukcjach rękawic o różnym poziomie odporności na przecięcie.

W wyniku prac w tym obszarze tematycznym powstały następujące publikacje poglądowe i oryginalne:

1. **Irzmańska E.**, Majchrzycka K., Stefko A., Ocena właściwego doboru rękawic ochronnych do prac z nożami ręcznymi – badania ankietowe, *BEZPIECZEŃSTWO PRACY – NAUKA I PRAKTYKA*, 2011, 9, 14-17
2. **Irzmańska E.**, Stefko A., Comparative Evaluation of Test Methods for Cut Resistance of Protective Gloves According to Polish Standards, *FIBRES & TEXTILES IN EASTERN EUROPE*, 2012, 20, 5 (94), 107-111
3. Stefko A., **Irzmańska E.**, Odporność rękawic ochronnych na przecięcie na podstawie normy europejskiej EN 388:2003, *PRZEGLĄD – WŁÓKNO ODZIEŻ SKÓRA*, 2013, 2, 33-36

Cykl prac związany z opracowaniem nowej metody badania właściwości ergonomicznych rękawic ochronnych

Ważnym aspektem w mojej pracy badawczej jest opracowanie metodyki badania właściwości ergonomicznych rękawic ochronnych z uwzględnieniem elektromiografii powierzchniowej (EMG). Współpracowałam w tym zakresie z zespołem Pracowni Biomechaniki Zakładu Ergonomii CIOP – PIB. Badania realizowałam w projekcie pn.

Badanie właściwości ergonomicznych rękawic ochronnych z zastosowaniem elektromiografii powierzchniowej, w III etapie programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2014-2016 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego/Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (kierownik projektu). Zapewnienie właściwości ergonomicznych w konstrukcjach rękawic ochronnych jest bardzo ważne ze względu na wpływ tych cech na skuteczność i ochronę pracowników przed zagrożeniami oraz wydajność pracy. Nie uwzględnienie wymagań ergonomii w konstrukcjach rękawic ochronnych wpływa ujemnie na siłę chwytu, czas wykonywania pracy, zręczność manualną, obciążenie mięśni kończyny górnej, co potwierdziłam w swoich badaniach. Opracowałam, na podstawie wielowariantowych badań z udziałem uczestników, kryteria oceny właściwości ergonomicznych rękawic ochronnych, uwzględniające czynniki, istotne z punktu widzenia ergonomii środków ochrony indywidualnej: biomechaniczny (oddziaływanie wyrobu na kończynę górną przy uwzględnieniu badania EMG), sensoryczny (oddziaływanie wyrobu na ludzki zmysł dotyku), antropometryczny (dopasowanie wyrobu do anatomicznych wymiarów ręki), termiczny (wymiana ciepła i wilgoci pomiędzy ręką a otoczeniem), psychologiczny (oddziaływanie wyrobu na psychikę użytkownika). Opracowałam autorski sposób kwantyfikacji czynników ergonomicznych, poprzez wyznaczenie następujących parametrów: wskaźnika stopnia ograniczenia zręczności manualnej oraz całkowitego wskaźnika ograniczenia zręczności manualnej (badania biomechaniczne w zakresie pięciu testów zręczności manualnej skorelowanych z oceną obciążenia mięśni kończyny górnej), moduł zginania (badania sensoryczne w zakresie sztywności zginania materiału rękawicy), szerokość i długość wewnętrzna rękawicy oraz minimalne, średnie i maksymalne naddatki w palcach (badanie antropometryczne w zakresie wymiarowania rękawic z uwzględnieniem wymiarów antropometrycznych rąk), absorpcja pary wodnej i przepuszczalność pary wodnej przez materiał rękawic oraz temperatura i wilgotność wewnątrz rękawic (badanie termiczne w zakresie oceny właściwości higienicznych materiału oraz mikroklimatu wewnątrz wyrobu) oraz komfort wykonywania czynności manualnych w rękawicy (badanie ankietowe związane z subiektywnymi odczuciami użytkownika).

Jestem autorką pomysłu nadawania graficznego znaku towarowego dla rękawic ochronnych o dużej wygodzie użytkowania ERGOGLOVES, który został zastrzeżony prawnie na terenie Unii Europejskiej w zakresie certyfikacji wyrobów na znak zgodności. Znak zarejestrowano w European Union Intellectual Property Office (EUIPO) w dniu 30.09.2016 r. pod numerem 015430135. Znak ERGOGLOVES będzie nadawany przez Pracownię Ochron Rąk i Nóg Zakładu Ochron Osobistych CIOP-PIB, rękawicom ochronnym

o wysokich właściwościach ergonomicznych, które przejdą pozytywnie ocenę laboratoryjną z wykorzystaniem opracowanych przez mnie kryteriów.

W wyniku prac w tym obszarze tematycznym powstały następujące publikacje pogładowe i oryginalne:

1. **Irzmańska E.**, Ergonomiczna ocena rękawic chroniących przed przecięciami i ułuczeniami nożami ręcznymi, PRZEGLĄD – WŁÓKNO ODZIEŻ SKÓRA, 2014, 5, 77-81
2. **Irzmańska E.**, Niestandardowe metody oceny komfortu użytkowania rękawic ochronnych E. Irzmańska, PRZEGLĄD – WŁÓKNO ODZIEŻ SKÓRA, 2015, 8, 29 – 34
3. **Irzmańska E.**, Wójcik P., Ocena wygody użytkowania rękawic chroniących przed przecięciem i przekłuciem nożami ręcznymi na podstawie badań ankietowych, PRZEGLĄD – WŁÓKNO ODZIEŻ SKÓRA, 2016, 3, 25-29
4. **Irzmańska E.**, Okrasa M., Preliminary study evaluating manual dexterity tests assessing gloves protecting against cuts and stabs by hand knives, INTERNATIONAL JOURNAL OF INDUSTRIAL ERGONOMICS, 2016, 56, 138-149
5. **Irzmańska E.**, Tokarski T., A new method of ergonomic testing of gloves protecting against cuts and stabs, APPLIED ERGONOMICS, 2017, 61, 102 -114

Od roku 2015 jestem kierownikiem projektu badawczego pn. *Zastosowanie proekologicznych, aktywnych związków mineralnych w produkcji rękawic i obuwia do ochrony przed zimnem* (umowa PBS3/A9/33/2015) finansowanego w ramach Programu Badań Stosowanych (PBS) w ścieżce A dofinansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, który wykonuję w partnerstwie naukowo – przemysłowym z Politechniką Warszawską Wydziałem Inżynierii Materiałowej oraz Producentem REK-SWED Sp. z o.o. i przedsiębiorstwem F.H. JAKAR Sp. j, K. Gajda, J. Tomczyk. Na podkreślenie zasługuje fakt, że projekt znalazł uznanie w wysokiej ocenie recenzentów i znajdował się na pierwszym miejscu listy projektów rekomendowanych do finansowania (nr 245168) w ścieżce A w obszarze projektów: *Interdyscyplinarne*. Celem projektu jest opracowanie sposobu aplikacji proekologicznych aktywnych związków mineralnych w produkcji rękawic i obuwia, przeznaczonych do ochrony przed zimnem w warunkach narażenia zawodowego. W ramach projektu zostaną opracowane nowe rozwiązania konstrukcyjne ogrzewanych rękawic i obuwia ochronnego, aktywnie reagujące na zmienne warunki środowiska pracy i tym samym dostosowujące swoje właściwości termoizolacyjne do potrzeb użytkownika w danych warunkach pracy. Planowanym rezultatem będą prototypowe rozwiązania ogrzewanych rękawic i obuwia, zawierających proekologiczne związki mineralne bezpieczne dla użytkownika i środowiska naturalnego. Opracowane zostaną wytyczne i zasady użytkowania rękawic i obuwia do ochrony przed zimnem wyposażonych w elementy grzejne w kierunku optymalnego wykorzystania energii cieplnej. Zakłada się, że uzyskana w wyniku realizacji

projektu wiedza umożliwi w dalszej przyszłości wdrożenie do produkcji, a następnie wprowadzenie na rynek środków ochrony indywidualnej, innowacyjnych wyrobów, wyposażonych w aktywne proekologiczne elementy grzejne, usprawniające ochronę termiczną podczas ekspozycji na zimno w warunkach zawodowych. Badania te będą kontynuowała do 2018 r.

6. SUMARYCZNY DOROBK PUBLIKACYJNY, WYNALAZCZY I WDROŻENIOWY

Szczegółowe wykazy moich osiągnięć naukowych i aplikacyjnych, po uzyskaniu stopnia doktora, przedstawiłam w **Załączniku 5 i 6**, a sumaryczny dorobek prezentuję poniżej.

L.p.	KRYTERIUM WEDŁUG §3 p.4, §4 I §5	TAK (liczba) / BRAK
1	Publikacje naukowe w czasopismach z bazy Journal Citation Reports (JCR)	24 (724 pkt. MNiSW)
2	Zrealizowane oryginalne osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne i technologiczne	4
3	Udzielone patenty a) międzynarodowe b) krajowe	a) 1 znak towarowy zastrzeżony w UE b) 1 zgłoszenie patentowe, 1 patent
4	Wynalazki oraz wzory użytkowe i przemysłowe, które zostały wystawione na międzynarodowych lub krajowych wystawach lub targach	4
5	Monografie, publikacje naukowe w czasopismach innych niż znajdujące się w bazie JCR	33 (49 pkt. MNiSW)
6	Autorstwo, współautorstwo poradników, broszur i artykułów popularnonaukowych	20
7	Opracowania zbiorowe, katalogi zbiorów, dokumentacja prac badawczych, ekspertyz	8
8	Sumaryczny <i>impact factor</i> według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania	22,1
9	Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (WoS)	Liczba cytowań: 60 dla Pryczyńska E.: 10 dla Irzmańska E.: 50
10	Indeks Hirscha według bazy Web of Science (WoS)	Indeks H:

		4 (Irzmańska E.) / 1 (Pryczyńska E.)
11A	Kierowanie projektami badawczymi: a) międzynarodowymi b) krajowymi	a) Brak b) 9
11B	Udział w projektach badawczych a) międzynarodowych b) krajowych	a) 2 b) 5
12	Międzynarodowe i krajowe nagrody za działalność naukową	1
13	Wygłoszenie referatów na tematycznych konferencjach a) międzynarodowych b) krajowych	a) 8 referatów 8 posterów b) 15 referatów
14	Uczestnictwo w programach europejskich oraz innych programach międzynarodowych i krajowych	3
15	Aktywny udział w konferencjach naukowych a) międzynarodowych b) krajowych	a) 14 b) 14
16	Udział w komitetach organizacyjnych konferencji naukowych a) międzynarodowych b) krajowych	a) 2 b) 2
17	Otrzymane nagrody i wyróżnienia inne niż wymienione wyżej	6
18	Udział w konsorcjach i sieciach badawczych	1
19	Kierowanie projektami realizowanymi we współpracy z: a) naukowcami z innych ośrodków polskich b) naukowcami z innych ośrodków zagranicznych c) przedsiębiorcami, innymi niż wymienione wyżej	a) 1 b) 1 c) 2
20	Udział w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism	5
21A	Członkostwo w międzynarodowych organizacjach oraz towarzystwach naukowych	2
21B	Członkostwo w krajowych organizacjach oraz towarzystwach naukowych	2
22	Osiągnięcia dydaktyczne i w zakresie popularyzacji nauki	6
23	Opieka naukowa nad studentami	8
24	Opieka naukowa nad doktorantami w charakterze a) opiekuna naukowego b) promotora pomocniczego	a) 1 b) Brak
25	Staże w ośrodkach naukowych lub akademickich	

	a) zagraniczne b) krajowe	a) 3 b) 1
26	Wykonane ekspertyzy lub inne opracowania na zamówienie	6
27	Udział w zespołach eksperckich i konkursowych	2
28	Recenzowanie projektów: a) międzynarodowych b) krajowych	a) Brak b) 2
29	Recenzowanie publikacji w czasopismach a) międzynarodowych b) krajowych	a) 35 b) Brak
30	Inne osiągnięcia	13