

Znaczenie materiałów włókienniczych dla poprawy jakości życia osób długotrwale unieruchomionych w świetle badań własnych

The importance of textile materials for improving the quality of life of long-term immobilized people in the light of own research

Ewa Witczak

ORCID: [0000-0003-3689-3958](https://orcid.org/0000-0003-3689-3958)

Małgorzata Cieślak

ORCID: [0000-0001-9867-7789](https://orcid.org/0000-0001-9867-7789)

Katarzyna Śledzińska

ORCID: [0000-0002-8383-5972](https://orcid.org/0000-0002-8383-5972)

Marek Lao

ORCID: [0000-0001-9122-8876](https://orcid.org/0000-0001-9122-8876)

Ewa Gromadzińska

ORCID: [0000-0001-8065-9603](https://orcid.org/0000-0001-8065-9603)

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Włókiennictwa

Streszczenie

Problematyka powstawania i leczenia odleżyn u osób długotrwale unieruchomionych ma duże znaczenie społeczne. Odleżyny stanowią poważny problem medyczny i ekonomiczny. Do grupy narażonej na powstawanie odleżyn należą między innymi osoby wykonujące pracę w pozycji siedzącej oraz poruszające się na wózkach inwalidzkich. Poprawa warunków pracy osób niepełnosprawnych, unieruchomionych na stanowiskach pracy, może wpływać na wzrost aktywności zawodowej tej grupy osób. Brak właściwości bioaktywnych i komfortu fizjologicznego siedziska prowadzi do infekcji i schorzeń dermatologicznych. Obecnie użytkowane siedziska nie uwzględniają zagrożeń pożarowych i ze strony elektryczności statycznej. Dlatego istotne jest opracowanie nowych funkcjonalnych materiałów włókienniczych przeznaczonych na siedziska oraz ich kompleksowe badania.

Prawidłowo projektowane siedziska mogą zapewnić odpowiednie warunki komfortu fizjologicznego między ciałem człowieka a podłożem, co ograniczy ryzyko powstawania odleżyn.. Do oceny przydatności struktur włókienniczych na wierzchnią warstwę siedziska przeciwodleżynowego pod względem komfortu fizjologicznego nie powinno się stosować metod dla wyrobów odzieżowych. Muszą być one dostosowane do specyfiki siedzisk, uwzględniając transport ciepła i wilgoci w warunkach symulowanego odkształcenia układu oraz rozkładu nacisku w czasie użytkowania. Metodyka badawcza

powinna uwzględniać analizę siły nacisku, izolacyjności cieplnej, dostępu powietrza, transportu pary wodnej w warunkach odpowiednio rozłożonego nacisku oraz aspekt bezpieczeństwa użytkowania. Zgodnie z opracowaną metodyką badano nowe modelowe struktury dystansowe przeznaczone na wierzchnią warstwę siedziska przeciwoleżynowego. Struktury te charakteryzują się budową przestrzenną oraz sprężystością grubości. W połączeniu z funkcją bioaktywności, trudnozapalności i antyelektrostatyczności opracowane rozwiązania stanowią nową jakość w materiałach przeznaczonych na siedziska.

Metodyka badawcza umożliwia kompleksową ocenę układów włókienniczo-tapicerskich w aspekcie profilaktyki przeciwoleżynowej i może być wykorzystywana do projektowania oraz oceny struktur włókienniczych dla nowej generacji siedzisk dla osób długotrwale unieruchomionych.

Słowa kluczowe

profilaktyka przeciwoleżynowa, struktury włókiennicze, siedziska dla osób niepełnosprawnych

Abstract

The problem of bedsore formation and treatment of long-term immobilized people has a high social significance. Bsores pose a serious medical and economical problem. The group exposed to the risk of bedsore formation includes, among others, persons working in a sitting position and moving in a wheelchair. Improvement of work conditions at worksites of disabled people or immobilized ones may affect the increase of work activity of this group of people. Lack of bioactive properties and physiological comfort of seats result in infections and dermatological diseases. In the current used seats the fire hazard and static electricity properties are also omitted. Therefore, it is important to develop new functional textiles design for seats and their comprehensive research.

Such designed seats may provide appropriate conditions of physiological comfort between the body and the substrate material and limit the risk of bedsore formation. Methods usually applied for clothing products test are improper for assessment the suitability of textile structures for the top layer of anti-bedsore seats in terms of physiological comfort. They must be tailored to the specificity of seats, taking into account the heat and moisture transport under conditions of simulated deformation of the textile system and also the pressure distribution during usage. The research methodology should take into account the analysis of pressure forces, thermal insulation, air and moisture transport in appropriately distributed pressure and the aspect of the safety of use.

According to the developed methodology a new model of 3D structures for the top layer of an anti-bedsore seat were tested. These structures are characterized by spatial construction and elasticity of thickness. Due to such construction, regardless of the pressure force during using, there are spaces enabling transfer of heat and moisture excess from the body – seat system. The developed solutions in combination with bioactive function, flame resistancy and antielectrostatic features represent the new quality in materials for seats.

The research methodology enables comprehensive evaluation of textile – upholstery systems in the aspect of anti-bedsore prevention and may be used in the design and evaluation of textile structure for new generation seats for long-term immobilized people.

Keywords

anti-bedsore prevention, textile structure, seats for disabled persons

JEL: I15, J140

Wprowadzenie

Długotrwale pozostawanie w pozycji siedzącej prowadzi do znacznego nacisku na naczynia krwionośne, a w konsekwencji do problemów dermatologicznych i powstawania odleżyn. Najbardziej zagrożone powstawaniem odleżyn są miejsca, które podczas siedzenia podlegają działaniu długotrwałego ucisku powodującego niedotlenienie, zaburzenia metabolizmu komórek oraz ograniczenie lub zupełne zahamowanie krążenia krwi. Efektem tego jest powstawanie zaczerwienionych obszarów skóry, w obrębie których szybko dochodzi do obumierania tkanek. Ucisk trwający dłużej niż 2-3 godziny¹ może powodować już nieodwracalne zmiany chorobowe.

Na powstawanie zmian skórnych wpływa także temperatura oraz wilgotność skóry w miejscu kontaktu ciała z podłożem. Jeżeli ciało stale przylega do powierzchni i nie ma warunków umożliwiających wymianę powietrza i odparowanie wydzielanego potu, wzrasta wilgotność i temperatura skóry. Dotyczy to szczególnie osób długotrwale unieruchomionych na wózkach inwalidzkich i leżących.

Jak wynika z badań Głównego Urzędu Statystycznego Departamentu Badań Społecznych, ilość osób niepełnosprawnych oraz trwale unieruchomionych na stanowiskach pracy może sięgać nawet 320 tys.² Aktywność zawodowa może w pewnym zakresie kompensować osobie niepełnosprawnej ograniczenia wynikające z niepełnosprawności, a tym samym poprawić jakość życia, dając poczucie niezależności materialnej i osobistej.

Osoba niepełnosprawna, pracująca, ma znacznie więcej kontaktów społecznych, uregulowany tryb życia, motywacje, aspiracje oraz perspektywy awansu i rozwoju osobistego³.

Dla wzrostu integracji społecznej osób niepełnosprawnych konieczne jest zwiększenie wskaźnika zatrudnienia tych osób. Wśród najważniejszych przyczyn niskiego wskaźnika ich zatrudnienia wymienia się obawę pracodawców przed trudnościami wynikającymi z konieczności przystosowania obiektów, pomieszczeń i stanowisk do potrzeb osób niepełnosprawnych. Zapewnienie odpowiednich warunków pracy umożliwia sprawne i bezpieczne funkcjonowanie osób niepełnosprawnych w środowisku pracy. Praca w pozycji siedzącej charakteryzuje się ograniczonym zakresem ruchów i wysokimi wartościami sił wywieranych na ciało. W pozycji siedzącej najczęściej jest wykonywana praca z komputerem, biurowa, czynności powtarzalne na stanowiskach lub liniach

¹ R. Krutul, *Odleżyna, profilaktyka i terapia*, <http://www.revita.pl> [dostęp 02.07.2017].

² Główny Urząd Statystyczny Departament Badań Społecznych, *Stan zdrowia ludności Polski w 2009 r.*, Warszawa 2011.

³ B. Kurkus-Rozowska, *Osoby niepełnosprawne – zatrudnienie a jakość życia*, https://www.ciop.pl/CIOPPortalWAR/appmanager/ciop/pl/?_nfpb=true&_pageLabel=P30001831335539182278&html_tresc_root_id=25067&html_tresc_id=25092&html_klucz=19558&html_klucz_spis= [dostęp 02.05.2019].

produkcyjnych. Dostosowanie stanowiska pracy siedzącej do możliwości pracownika obecnie polega na dobraniu odpowiednio:

- krzesła (odpowiednie wymiary i regulacje),
- stołu, blatu roboczego (odpowiednia wysokość i powierzchnia),
- narzędzi (odpowiednie wymiary i kształt),
- przedmiotów pracy (łatwość chwycenia i obsługi),
- wszystkich elementów, które pracownik obserwuje (łatwość rozpoznawania i spostrzegania).

W przypadku osób z niepełnosprawnością układu ruchu obowiązują ogólne wymagania w zakresie parametrów mikroklimatu. Wymagania szczegółowe dotyczą tylko osób z zaburzeniami układu termoregulacji. W przypadku osób poruszających się na wózkach inwalidzkich należy indywidualnie określić poziom ich metabolizmu oraz oszacować wartość izolacyjności cieplnej odzieży, siedziska oraz oparcia wózka inwalidzkiego⁴.

Potrzeby ludzi z dysfunkcjami narządu ruchu wiążą się z użytym sprzętem rehabilitacyjnym. Zasadniczym elementem prawidłowego wyposażenia stanowiska pracy jest regulowane siedzisko (krzesło, stołek niski lub wysoki, fotel), które powinno zapewniać:

- prawidłową pozycję tułowia, kończyn oraz głowy;
- zgodność z wymaganiami fizjologicznymi i higienicznymi;
- stabilność i trwałość;
- łatwość dostosowania wysokości siedziska do stanowiska pracy;
- dostosowanie do wymiarów antropometrycznych użytkownika;
- prawidłowe podparcie miednicy, guzów kulszowych oraz ud;
- stosowanie różnych form podparć bocznych i podnózków;
- stosowanie różnych form podparcia kręgosłupa podczas pracy;
- stosowanie odpowiednich materiałów tapicerskich;
- stosowanie łatwo dostępnych elementów regulacji⁵.

⁴ Ramowe wytyczne w zakresie projektowania obiektów, pomieszczeń oraz przystosowania stanowisk pracy dla osób niepełnosprawnych o specyficznych potrzebach, pod redakcją naukową dr. hab. inż. Wiktora M. Zawieski. Publikacja opracowana i wydana w ramach projektu nr POKL.01.03.06-00-070/12 realizowanego w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki 2007-2013, Priorytet I, Działanie 1.3, Poddziałanie 1.3.6, współfinansowanego przez Unię Europejską, ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego, ISBN 978-83-7373-179-0, <https://www.pip.gov.pl/pl/f/v/191527/Ramowe%20wytyczne2014.pdf> [dostęp 02.05.2019].

⁵ B. Kurkus-Rozowska, *Stanowisko pracy - adaptacja do możliwości zatrudnianych osób niepełnosprawnych*, https://www.ciop.pl/CIOPortalWAR/appmanager/ciop/pl?_nfpb=true&_pageLabel=P30001831335539182278&html_tresc_root_id=25067&html_tresc_id=25451&html_klucz=19558&html_klucz_spis= [dostęp 02.05.2019].

Osoby korzystające z wózków inwalidzkich są podatne na zmiany skórne, które wpływają na ryzyko powstawania odleżyn. Obecnie wskazuje się na stosowanie miękkich i grubych poduszek, które wpływają na zwiększanie powierzchni podparcia, co w naturalny sposób zmniejsza ciśnienie proste działające na tkanki. Istnieją takie schorzenia, w których wózki dla osób niepełnosprawnych, a przede wszystkim poduszki na siedziska tych wózków stanowią element rehabilitacji. Tak jest w przypadku chorych z uszkodzeniem rdzenia kręgowego⁶. Na rynku wyposażenia medycznego dostępne są różnego rodzaju poduszki na siedziska. Nie ma jednak obiektywnych wytycznych wskazujących jednoznacznie, które siedziska należy stosować w konkretnych przypadkach chorobowych i osobowych (budowa pacjenta, jego waga, wiek itp.). W związku z tym rozwiązania w tym zakresie powinny być personalizowane lub charakteryzować się uniwersalnością.

Obecnie dostępne są siedziska, w których stosowane są poduszki:

- z pianki poliuretanowej. Jest to najtańsze i najczęściej stosowane rozwiązanie, posiadające najwięcej wad związanych z nierównomiernym rozkładem nacisków i trudnościami w procesach konserwacji.
- z wyprofilowanej pianki o zmiennej twardości. Charakteryzują się one nierównomiernym rozkładem nacisków i trudnościami konserwacji,
- żelowe – wypełnione lub pokryte warstwą specjalnego żelu, który umożliwia równomierny rozkład nacisków. Wadą tego rozwiązania jest podatność na uszkodzenia warstwy żelowej, duży ciężar poduszki, podwyższona izolacyjność termiczna, podatność na wzrost temperatury i brak dostępu powietrza do ciała,
- pneumatyczne, w których komora wypełniona powietrzem, dopasowująca się do kształtu ciała, umożliwia równomierny rozkład nacisków. Wadą rozwiązania jest możliwość przebicia oraz konieczność częstego uzupełniania i regulacji ciśnienia powietrza; poduszki te wykonane są z PVC, co utrudnia wymianę ciepła i odprowadzenie wilgoci,
- wielokomorowe (w tym zmiennociśnieniowe). Są one odmianą poduszek pneumatycznych z niewielkimi komorami wypełnionymi powietrzem i pozwalają na regulację rozkładu nacisku na siedzisko^{7,8}.

Każdy z rodzajów stosowanych poduszek charakteryzuje się zróżnicowaną ceną.

Profilaktyka przeciwoodleżynowa osób trwale unieruchomionych wiąże się z badaniami nad rozwiązaniami, które łączyłyby cechy niezbędne do utrzymania prawidłowego

⁶ A. Gefen, *Tissue changes in patients following spinal cord injury and implications for wheelchair cushions and tissue loading: A literature review*, „Ostomy Wound Manage” 2014, vol. 60(2), s. 34-45.

⁷ M. Sydor, *Wybór i eksploatacja wózka inwalidzkiego*, Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu, Poznań 2003.

⁸ A. Bartków, T. Bortnowski, *Wózek. Budowa i eksploatacja*, Fundacja Aktywnej Rehabilitacji, https://www.far.org.pl/phocadownload/2015_far_skrypty/skrypt-14_wozek.pdf [dostęp 06.05.2019].

stanu części ciała narażonych na ucisk. Podstawowym problemem podczas doboru właściwego rozwiązania jest brak standardów w zakresie przeciwdziałania takim zmianom jak odleżyny czy inne problemy dermatologiczne oraz brak procedur doboru wózka inwalidzkiego⁹.

Powszechnie użytkowane siedziska nie zapewniają komfortu fizjologicznego. Podwyższenie temperatury, wilgotności i brak dostępu powietrza wraz z miejscowym niedokrwieniem tkanek na skutek długotrwałego ucisku naczyń prowadzi między innymi do powstawania zmian skórnych oraz odleżyn. Warunki takie sprzyjają także powikłaniom na skutek infekcji bakteryjnych i grzybiczych. Obecnie stosowane siedziska nie zapewniają też bezpieczeństwa pracy w zakresie zagrożeń ze strony elektryczności statycznej, ognia i mikroorganizmów. Osoby niepełnosprawne ruchowo pracują często jako operatorzy urządzeń elektronicznych. Takie stanowiska pracy powinny być chronione przed skutkami ESD. W przypadku osób niepełnosprawnych ruchowo powinny być również zapewnione szczególne warunki ochrony przeciwpożarowej. Aktualny stan wiedzy i techniki pozwala na wytwarzanie struktur włókienniczych ograniczających ryzyko ze strony takich zagrożeń^{10,11}. Badania przeprowadzone przez prof. dr. K.H. Umbacha¹² w odniesieniu do komfortu fizjologicznego siedzeń samochodowych wykazały, że w skrajnych przypadkach po 122 min nastąpił wzrost temperatury ciała do 38,5°C, co skutkowało osłabieniem reakcji czasowej i obniżeniem koncentracji. Badanie prowadzono na osobach pełnosprawnych, których kondycja psychofizyczna była lepsza niż osób z ograniczeniami ruchowymi, wynikającymi z uszkodzenia i chorób narządu ruchu.

W Polsce około 80% osób niepełnosprawnych funkcjonuje poza rynkiem pracy, w krajach UE odsetek ten wynosi 40-50%. Oczekiwane są istotne zmiany w tym zakresie.

Najskuteczniejszym sposobem zapobiegania odleżynom jest ograniczenie lub wyeliminowanie wszystkich czynników ryzyka. W celu ograniczenia ryzyka zmian skórnych niezbędne są prawidłowe i częste zabiegi pielęgnacyjno-higieniczne, jak również zapewnienie między ciałem człowieka a podłożem prawidłowych warunków komfortu fizjologicznego, który może być modelowany poprzez stosowanie odpowiednio zaprojektowanych siedzisk. Istotnym elementem takich siedzisk są funkcjonalne struktury włókiennicze.

⁹ E. Mikołajewska, *Dobór wózków dla niepełnosprawnych w polskich i zagranicznych badaniach naukowych*, „Annales Academiae Medicae Silesiensis” 2013, vol. 67/1.

¹⁰ M. Cieślak, S. Wróbel, I. Kamińska, M. Lao, *Functional Upholstery Materials for Protection Against Electrostatic Risk*, „Fibres & Textiles in Eastern Europe” 2009, vol. 4 (75), s. 52-58.

¹¹ S. Brzeziński, G. Malinowska, D. Kowalczyk, A. Kaleta, B. Borak, M. Jasiorski, K. Dąbek, A. Baszczuk, A. Traczet, *Antibacterial and Fungicidal Coating of Textile-polymeric Materials Filled with Bioactive Nano- and Submicro-particles*, „Fibres & Textiles in Eastern Europe” 2012, vol. 1 (90), s. 70-77.

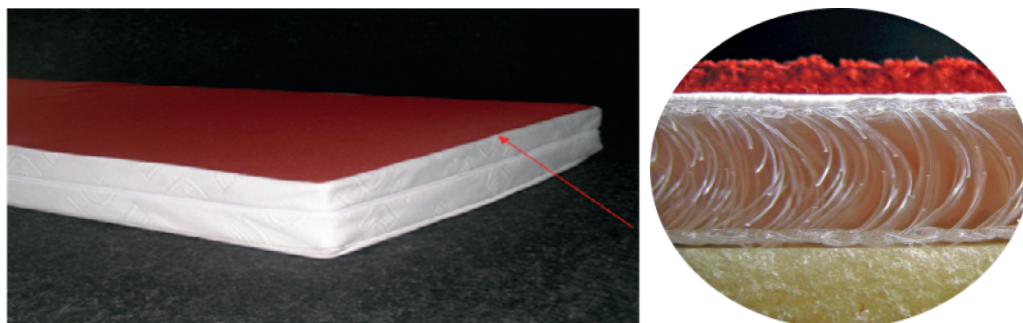
¹² K.H. Umbach, *Einsatz von Abstandsgewirken in Autositzen zur Verbesserung des klimatischen Sitzkomforts*, Internationale Chemiefasertagung, Dornbirn 1999.

1. Materiały

Analiza stanu wiedzy oraz wyniki prac własnych^{13,14,15,16,17} z zakresu struktur włókienniczych i metod badań stosowanych w profilaktyce przeciwoleżynowej wskazują, iż parametry komfortu fizjologicznego i sensorycznego siedzisk mogą być kształtowane nie tylko za pomocą rozwiązań konstrukcyjnych stosowanych obecnie poduszek pneumatycznych, ale również dzięki materiałom włókienniczym o odpowiednich strukturach i surowcach przeznaczonych na ich wierzchnie pokrycia. Pokrycia takie powinny zapewnić właściwy transport wilgoci i powietrza oraz łatwość konserwacji. Mogą posiadać dodatkowe funkcje, takie jak np. bioaktywność, trudnozapalność czy antyelektrostatyczność.

Istnieją rozwiązania stosowane w materacach przeciwoleżynowych (Rys. 1), których konstrukcja wierzchniej warstwy oparta jest na tekstylnych strukturach dystansowych. Innym rozwiązaniem są przestrzenne struktury wypełnione powietrzem^{18,19,20}.

Rys. 1. Układ włókienno-polimerowy kompozytu przeznaczonego na wierzchnią warstwę materacy²¹



Fot. Marek Lao

¹³ Dokumentacja projektu badawczego 3 T08E 092 28 *Przestrzeny, wielowarstwowy włókienno polimerowy kompozyt stanowiący wierzchni materiał materacy przeciwoleżynowych*, Instytut Włókiennictwa.

¹⁴ Niepublikowana praca w ramach działalności statutowej Instytutu Włókiennictwa, *Ocena zjawisk termodynamicznych w układzie człowiek leżący/siedzący – struktura włókiennicza*, 2009.

¹⁵ Niepublikowana praca w ramach działalności statutowej Instytutu Włókiennictwa, *Opracowanie metodyki badań procesów termodynamicznych w układzie człowiek leżący/siedzący – struktura włókiennicza*, 2010.

¹⁶ Niepublikowana praca w ramach działalności statutowej Instytutu Włókiennictwa, *Optymalizacja właściwości układów tapicerskich siedzisk przeznaczonych dla osób długotrwale unieruchomionych*, 2012.

¹⁷ Niepublikowana praca w ramach działalności statutowej Instytutu Włókiennictwa, *Opracowanie udoskonalonej metody badań procesów termodynamicznych*, 2015.

¹⁸ Dokumentacja projektu badawczego 3 T08E 092 28 *Przestrzeny, wielowarstwowy włókienno polimerowy kompozyt stanowiący wierzchni materiał materacy przeciwoleżynowych*.

¹⁹ Patent nr PL213182 (B1) *Nakładka przeciwoleżynowa*.

²⁰ E. Gromadzińska, G. Malinowska, M. Lao, *Rola wierzchniej warstwy materacy przeciwoleżynowych w kształtowaniu komfortu fizjologicznego i higienicznego*, „Prace Instytutu Włókiennictwa” 2006, R. LVI, s. 35-41.

²¹ Dokumentacja projektu badawczego 3 T08E 092 28 *Przestrzeny, wielowarstwowy włókienno polimerowy kompozyt stanowiący wierzchni materiał materacy przeciwoleżynowych*.

Zaletami takich struktur są:

- wysoka przepuszczalność powietrza,
- możliwość wymiany ciepła i wilgoci,
- niska masa powierzchniowa,
- możliwość dowolnej regulacji grubości,
- możliwość dostosowania sprężystości grubości do zasadniczych układów tapicerskich,
- możliwość dodania właściwości specjalnych, tj. trudnozapalność, bioaktywność i antyelektrostatyczność,
- łatwość konserwacji.

Wszystkie te cechy powodują, że odpowiednio zaprojektowane włókiennicze układy dystansowe mogą wykazywać wysoką przydatność w wyrobach stosowanych w profilaktyce przeciwoleżynowej. Przestrzenna budowa oraz sprężystość grubości powodują, iż niezależnie od wielkości siły nacisku zawsze pozostają wolne przestrzenie, umożliwiające odprowadzenie nadmiaru ciepła i wilgoci z układu ciała człowieka leżącego/siedzącego – struktura włókiennicza.

Jako rozwiązanie dla przeciwoleżynowego siedziska na wózki dla osób niepełnosprawnych/długotrwale unieruchomionych zaproponowano dystansowe układy materiałowe złożone z dwóch wyrobów dystansowych. Jeden to materiał na warstwę zasadniczą siedziska, a drugi na warstwę wierzchnią siedziska.

2. Metodyka badań

Ocena przydatności struktur włókienniczych przeznaczonych na wierzchnią warstwę siedziska nie powinna być dokonywana wyłącznie w oparciu o metody stosowane dla wyrobów lub układów odzieżowych, tj. badanie oporu cieplnego i oporu pary wodnej zwanej „modelem skóry”²², ocena charakterystyk termicznych z wykorzystaniem przyrządu Alambeta²³, badania przepuszczalności pary wodnej i oporu cieplnego za pomocą Permetestu²⁴, pomiar właściwości określających ciepłochronność materiałów na przyrządzie Thermo Labo II²⁵. Ocena taka powinna być przeprowadzona z zastosowaniem metod uwzględniających warunki użytkowania. Badanie i ocena zjawisk termodynamicznych decydujących o właściwościach biofizycznych w układzie ciało – struktura

²² PN-EN ISO 11092:2014-1, Tekstylnia -- Właściwości fizjologiczne -- Pomiar oporu cieplnego i oporu pary wodnej w warunkach stanu ustalonego (metoda pocącej się zaizolowanej ciepłnie płyty).

²³ M. Matusiak, *Ciepłochronność tkanin odzieżowych. Monografia*, Instytut Włókiennictwa, Łódź 2011.

²⁴ *Ibidem*.

²⁵ Dokumentacja techniczna stanowiska KES-F7 THERMO LABO II TYPE.

włókiennicza są przedmiotem rozważań wielu ośrodków naukowych w kraju i na świecie^{26,27,28,29,30,31,32,33}. Wynika to zarówno z potrzeby zapewnienia korzystnego komfortu fizjologicznego człowieka, jak również z przesłanek medycznych. O ile w przypadku wyrobów odzieżowych dąży się do uzyskania optymalnych parametrów użytkowych wyrobu (między innymi ciepłochronność, przewodność, przepuszczalność pary wodnej itp.) zapewniających komfort sensoryczny i fizjologiczny, to siedziska i łóżka przeznaczone dla osób długotrwale unieruchomionych muszą zapewnić ochronę i profilaktykę zdrowotną oraz bezpieczeństwo w przypadku stanowisk pracy.

Właściwości sprężyste układu konstrukcji zasadniczej materaca lub siedziska mające decydujący wpływ na wartości ciśnienia prostego wywieranego na ciało człowieka oraz znajomość zjawisk termodynamicznych zachodzących w układzie człowiek leżący/siedzący – struktura włókiennicza, pozwalają na prawidłowe zaprojektowanie układu przeciwdrożynowego o parametrach ograniczających ryzyko powstawania odleżyn. Dobór właściwych metod badawczych powinien uwzględniać analizę izolacyjności cieplnej, dostęp powietrza, transportu pary wodnej w warunkach odpowiednio rozłożonego nacisku.

Przyjęta metodyka badań obejmuje następujące zagadnienia:

1. Ocena właściwości sprężystych w zakresie:

a) naprężenia-odkształcenia przy ściskaniu

Wyznaczanie charakterystyki naprężenie – odkształcenie przy ściskaniu wykonuje się zgodnie z normą³⁴ na maszynie wytrzymałościowej ze specjalistycznym oprogramowaniem komputerowym, umożliwiającym rejestrację i analizę histerezy

²⁶ K.H. Umbach, *Einsatz von Abstandsgewirken...*

²⁷ T. Freeto, A. Cypress, S. Amalraj, M.S. Yusufshaq, K.M. Bogie, *Development of a Sitting MicroEnvironment Simulator for wheelchair cushion assessment*, „Journal of Tissue Viability” 2016, vol. 25, s. 175-179.

²⁸ K.H. Umbach, *Physiological comfort on car seats*, „Kettenwirk praxis” 2000, vol. 1.

²⁹ M. Heide, *Untersuchungen zum Wärmeisolationsverhalten von 3D – Gewirken*, Konferenz Dresdener Textiltagung, Dresden 2004.

³⁰ A. Psikuta, M. Richards, D. Fiala, *Single-and multi-sector thermophysiological human simulators for clothing research*, 7th International Thermal Manikin and Modelling Meeting – University of Coimbra, Portugal, September 2008.

³¹ W. Faming, *A Comparative Introduction on Sweating Thermal Manikins “Newton” and “Walter”*, 7th International Thermal Manikin and Modelling Meeting, University of Coimbra, Portugal, September 2008.

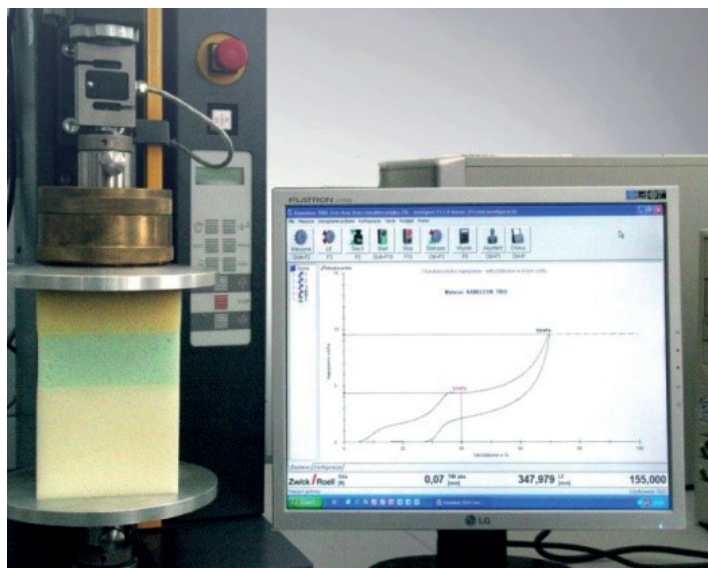
³² Research & Innovation, *Clothing Physiological Research at the Hohenstein Institutes. Special Edition*, vol. 63, Hohenstein Institute, Bönningheim 2007.

³³ G.C. Tulin, C.B. Fatih, *The effects of ramie blended car seat covers on thermal comfort during road trials*, „International Journal of Industrial Ergonomics” 2009, vol. 39, s. 287-294.

³⁴ PN-EN ISO 3386-1: 2000/Ap1:2015-10 Elastyczne tworzywa sztuczne porowate. Oznaczanie charakterystyki naprężenie-odkształcenie przy ściskaniu. Materiały małej gęstości.

sprężystości badanych materiałów (Rys. 2). Maszyna wytrzymałościowa wyposażona jest w dwie równoległe płyty umożliwiające ściskanie próbek o określonych wymiarach.

Rys. 2. Stanowisko do badań właściwości sprężystych³⁵



Fot. Ewa Witczak

Badania polegają na wykonaniu, ze stałą prędkością, czterech cykli ściskania do momentu, kiedy grubość badanej próbki będzie pomniejszona o 70% grubości początkowej, i określeniu, w czwartym cyklu, wartości naprężenia ścisniającego przy ściśnięciu powodującym 40-procentowe zmniejszenie grubości początkowej. Ponadto w badaniach określa się współczynnik względnej absorpcji energii (HD) wyznaczony w czwartym cyklu jako iloraz powierzchni histerezy i powierzchni pod krzywą w czasie obciążenia.

b) elastyczności pod naciskiem

Wyznaczanie charakterystyki elastyczności pod naciskiem dla materiałów dystansowych wykonuje się w Instytucie Włókiennictwa zgodnie z własną Procedurą Badawczą³⁶. Badanie polega na wykonaniu ze stałą prędkością pięciu cykli ściskania próby do osiągnięcia siły o wartości 200N i określenia grubości próbki przy tej sile w piątym cyklu badania. Na podstawie badania wyznacza się względną wartość grubości pod obciążeniem oraz względną wartość grubości po relaksacji przez 3 minuty po zakończeniu badania. Ponadto w badaniach określa się współczynnik HD, podobnie jak podczas wyznaczania charakterystyki naprężenie – odkształcenie przy ścisnaniu wyznaczony

³⁵ Źródło: opracowanie własne.

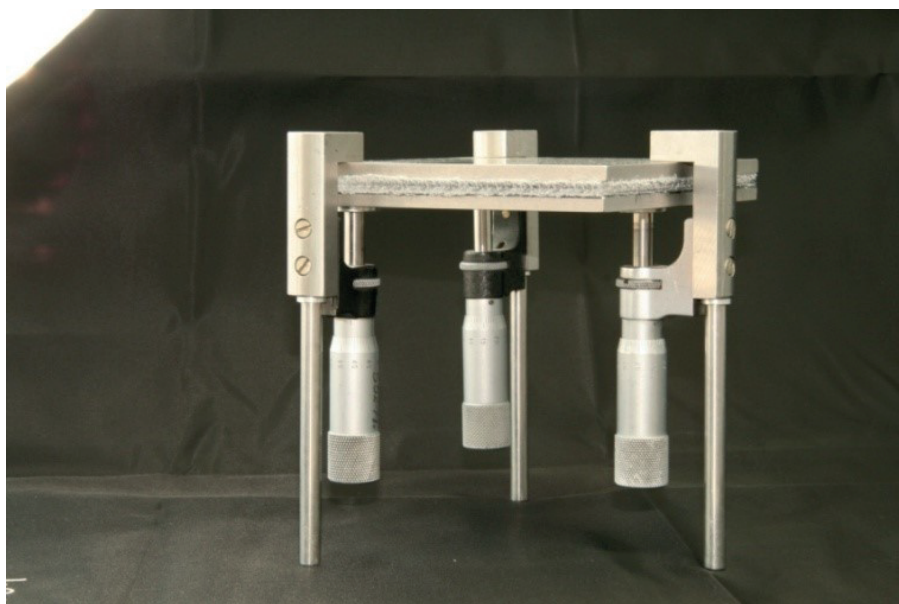
³⁶ Procedura Badawcza Nr 96:2013 edycja z dnia 16.09.2013 Tekstyli. Dzianiny dystansowe. Wyznaczanie elastyczności pod naciskiem, opracowanej na podstawie normy DIN 54305 Testing of textiles. Determination of the compression elastic behaviour of fibrous webs and nonwovens.

w piątym cyklu jako iloraz powierzchni histerezy i powierzchni pod krzywą w czasie odprężenia.

c) odkształceń trwałych po ściskaniu

Wyznaczanie odkształcenia trwałego po ściskaniu wykonuje się zgodnie z normą³⁷ na przyrządzie, który przedstawiono na rysunku 3.

Rys. 3. Przyrząd do badania odkształcenia trwałego dzianin dystansowych po ściskaniu³⁸



Fot. Ewa Witczak

Badanie polega na umieszczeniu próbki między dwiema płytami i ściśnięciu jej do określonej wartości grubości początkowej i utrzymaniu w tym stanie w określonych warunkach (Rys. 3).

W oparciu o uzyskane wyniki grubości początkowej i grubości po odprężeniu wyznacza się odkształcenie trwałe.

d) rozkładu nacisków

• Badanie siły i rozkładu nacisku – system I-SCAN

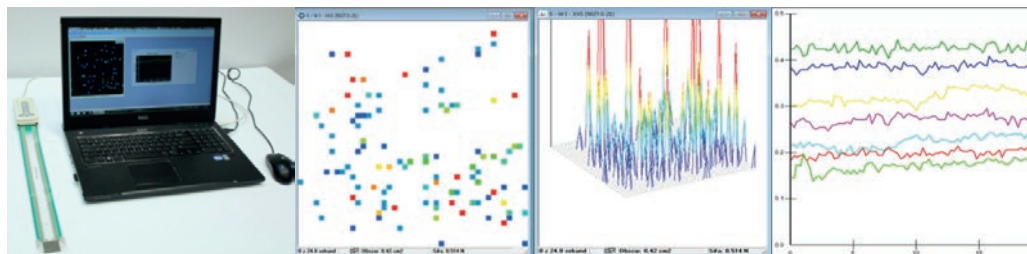
System pomiarowy I-SCAN (Tekscan, USA) pozwala na ocenę nacisku na małych i dużych powierzchniach. Składa się z cienkowarstwowych czujników siły o zróżnicowanych wymiarach i ilości punktów pomiarowych oraz elektronicznego uchwytu czujnika, który zapewnia połączenie z komputerem wyposażonym w specjalistyczne

³⁷ PN-EN ISO1856:2004/A1:200 Elastyczne tworzywa sztuczne porowate. Oznaczanie odkształcenia trwałego po ściskaniu.

³⁸ Źródło: opracowanie własne.

oprogramowanie do rejestracji i wizualizacji danych w postaci map 2D oraz obrazowania 3D (Rys. 4). Siła nacisku wyznaczana jest na podstawie pomiaru zmian oporu elektrycznego czujnika.

Rys. 4. System pomiarowy I-SCAN i wizualizacja rozkładu sił nacisku (2D, 3D, zmiany w funkcji czasu)³⁹



Metoda ta pozwala nie tylko na wyznaczenie nacisku, ale umożliwia także ocenę wpływu struktur włókienniczych na jego wielkość i rozkład, a tym samym projektowanie odpowiednich rozwiązań^{40,41}.

- **Badanie nacisków z zastosowaniem wielkopowierzchniowych mat sensorycznych**

Do określania wartości nacisków występujących w obszarach bezpośredniego kontaktu osoby leżącej/siedzącej ze strukturą włókienniczą wykorzystywany jest między innymi system Force Sensitive Application FSA⁴². Główne jego elementy stanowią maty sensorowe i oprogramowanie komputerowe. Maty wyklada się na materacu łóżka lub siedzisku czy też oparciu fotela, na którym spoczywa osoba. Rozmieszczone wewnątrz maty sensory umożliwiają pomiar ciśnienia wywieranego przez ludzkie ciało na przylegającą do niego powierzchnię. Wartości ciśnienia obrazowane są jako mapy lub wykresy trójwymiarowe. Uzyskane dane w postaci graficznej i liczbowej dostarczają obiektywnej informacji na temat wzajemnego oddziaływania określonej powierzchni podparcia i spoczywającego na niej ciała.

³⁹ *Ibidem*.

⁴⁰ M. Cieślak, A. Karaszewska, E. Gromadzińska, I. Jasińska, I. Kamińska, *Comparison of methods for measurement of the pressure exerted by knitted fabrics*, „Textile Research Journal” 2017, vol. 87(17), s. 2117-2126.

⁴¹ M. Cieślak, A. Karaszewska, E. Gromadzińska, K. Śledzińska, *The I-SCAN method for the assessment of the pressure exerted by textile products*, „Fibres & Textiles in Eastern Europe” 2016, vol. 6(120), s. 121-127.

⁴² P. Trappl, *Liegekomfort von modern Matratzensystemen*, Materiały z Sympozjum Avantex, 2003.

2. Ocena właściwości fizjologicznych wybranych układów materiałowych metodami znormalizowanymi w zakresie:

a) właściwości fizjologicznych⁴³

- średni opór cieplny R_{ct}
- średni opór pary wodnej R_{et}
- wskaźnik przenikania pary wodnej i_{mt}

b) przepuszczalności powietrza⁴⁴

c) wskaźnika sorpcji i desorpcji wg Procedury badawczej IW⁴⁵

3. Ocena właściwości termicznych wybranych układów materiałowych metodami nieznormalizowanymi:

a) badania z wykorzystaniem przyrządu Alambeta:

- przewodność cieplna,
- dyfuzja cieplna,
- absorpcja cieplna,
- opór cieplny,
- iloraz przepływu ciepła maksymalnego i stacjonarnego,
- maksymalna gęstość strumienia ciepła;

b) badania z wykorzystaniem przyrządu Permetest:

- względna przepuszczalność pary wodnej P,
- opór pary wodnej R_{et} ,
- opór termiczny R_{ct} ;

c) badania z wykorzystaniem przyrządu KES-F7 THERMO LABO II TYPE:

- maksymalna gęstość strumienia ciepła w miejscu kontaktu q_{max} (odczucia „ciepło-zimno”),
- przewodność i dyfuzja cieplna,
- zdolność utrzymania ciepła;

d) pomiar oraz ocena parametrów termodynamicznych na stanowisku symulującym rzeczywisty układ ciała człowieka – materiał/układ włókienniczy

Pomiary oraz ocenę parametrów termodynamicznych w układzie symulującym rzeczywisty układ ciała człowieka – materiał/układ włókienniczy umożliwia stanowisko

⁴³ PN-EN ISO 11092:2014-1, Tekstylnia -- Właściwości fizjologiczne -- Pomiar oporu cieplnego i oporu pary wodnej w warunkach stanu ustalonego (metoda pocącej się zaizolowanej cieplnie płyty).

⁴⁴ PN-EN ISO 9237:1997, Tekstylnia -- Wyznaczanie przepuszczalności powietrza wyrobów włókienniczych.

⁴⁵ Procedura Badawcza nr 14/2:2002, Wyroby włókiennicze. Wyznaczanie wskaźników sorpcji i desorpcji cieczy na przyrządzie SORP-3.

zaprojektowane i wykonane w Instytucie Włókiennictwa⁴⁶. Stanowisko to w sposób kompleksowy pozwala na symulację oraz rejestrację w funkcji czasu zmian zachodzących na styku powierzchni głowicy pomiarowej z wierzchnim materiałem włókienniczym, w warunkach odpowiadających warunkom rzeczywistym w układzie ciało człowieka siedzącego/leżącego – struktura włókiennicza/układ tapicerski. Rozwiązania konstrukcyjne poszczególnych elementów i bloków stanowiska zapewniają wydzielanie wody w sposób zbliżony do gruczołów potowych człowieka oraz emisję ciepła przez: przewodzenie, promieniowanie i konwekcję w proporcjach zbliżonych do rzeczywistych. Stanowisko to pozwala na wysoką precyzję, powtarzalność oraz odtwarzalność warunków.

System pomiarowy wraz z komputerem i oprogramowaniem umożliwia sterowanie i rejestrację:

- wilgotności względnej i temperatury między układem tapicerskim a głowicą pomiarową,
- temperatury głowicy pomiarowej,
- nacisku głowicy pomiarowej na badany układ według zadanej wielkości,
- ilości potu emitowanego na jednostkę powierzchni głowicy w czasie,
- całkowitej ilości wyemitowanego potu na jednostkę powierzchni głowicy pomiarowej,
- całkowitej energii doprowadzonej do układu symulującego rzeczywisty układ ciało człowieka – materiał/układ,
- emitowanej mocy grzewczej na jednostkę powierzchni,
- temperatury i wilgotności względnej otoczenia.

Stanowisko pozwala na wyznaczenie sumarycznej energii elektrycznej zamienianej na energię cieplną w założonych przedziałach czasowych, a co za tym idzie na badanie wymiany ciepła w układzie głowica pomiarowa (symulująca ciało człowieka) – układ tapicerski. Analiza przepływu energii cieplnej charakteryzuje ilość energii zaabsorbowanej przez badany układ i jednocześnie zdolność tego układu do odprowadzania ciepła z powierzchni styku ciało człowieka – struktura włókiennicza z uwzględnieniem ciepła parowania.

4. Badania właściwości antybakteryjnych, elektrostatycznych i palnych:

a) badania aktywności antybakteryjnej materiałów włókienniczych o właściwościach przeciwdrożdżynowych wykonuje się metodą zgodną z normą⁴⁷, która

⁴⁶ Zob. przypis 15, 16, 17, 18.

⁴⁷ PN-EN ISO 20743:2013–10 Wyznaczanie aktywności antybakteryjnej wyrobów gotowych z wykończeniem antybakteryjnym (Metoda absorpcji).

pozwała na ocenę ograniczenia wzrostu bakterii w warunkach sprzyjających ich namnażaniu,

b) **badania** właściwości elektrostatycznych polegają na pomiarze rezystancji elektrycznej⁴⁸, ocenie podatności do generowania i zaniku ładunku⁴⁹ metodą indukcyjną i tryboelektryczną oraz ocenie **właściwości elektrycznych w warunkach rzeczywistego użytkowania**⁵⁰,

c) **badania właściwości palnych** wykonuje się dwiema metodami^{51,52} polegającymi na poddaniu materiałów tapicerskich działaniu źródła zapłonu w postaci tłącego papierosa lub płomienia gazowego równoważnego płomieniowi zapałki w układzie połączonego siedziska i oparcia, takim jaki występuje w rzeczywistości.

3. Wyniki

Struktury przeznaczone na siedzisko wózków inwalidzkich charakteryzują się budową przestrzenną oraz sprężystością grubości. Opracowane materiały, a także ich układy poddane zostały badaniom parametrów fizyko-mechanicznych. Pomiar masy powierzchniowej oraz grubości wykonano zgodnie z normami^{53,54}. Pomiar grubości wykonano dla nacisku 1,0 kPa.

⁴⁸ PN-EN 1149-1:2008 Odzież ochronna. Właściwości elektrostatyczne. Część 1: Metoda badania rezystywności powierzchniowej.

⁴⁹ PN-EN 1149-3:2007 Odzież ochronna. Właściwości elektrostatyczne. Część 3: Metody badań do pomiaru zaniku ładunku.

⁵⁰ Procedura IW, Właściwości elektrostatyczne. Badanie elektryzacji materiałów obiciowych podczas użytkowania krzesła.

⁵¹ PN-EN 1021-1:2014 Meble – Ocena zapalności mebli tapicerowanych – Część 1: Źródło zapłonu: tłący papieros.

⁵² PN-EN 1021-2:2014 Meble – Ocena zapalności mebli tapicerowanych – Część 2: Źródło zapłonu: równoważnik płomienia zapałki.

⁵³ PN EN ISO 5084:1999 Tekstylija. Wyznaczanie grubości wyrobów włókienniczych.

⁵⁴ PN EN 12127:2000 Tekstylija -- Płaskie wyroby włókiennicze -- Wyznaczanie masy na jednostkę powierzchni z zastosowaniem małych próbek.

Tabela 1. Opracowane struktury modelowe na wierzchnią warstwę siedziska i ich charakterystyki⁵⁵

Próba	1	Masa powierzchniowa [g/m ²]	Charakterystyki odkształcenie - naprężenie	Modele struktur
	2	Grubość [mm]		
	3	Gęstość właściwa [kg/m ³]		
Tkanina DI	1	825±3		
	2	18,91±0,34		
	3	43,65		
Dzianina B	1	464±3		
	2	8,67±0,04		
	3	53,52		
Dzianina BII	1	381±4		
	2	8,26±0,12		
	3	46,12		

⁵⁵ Źródło: opracowanie własne.

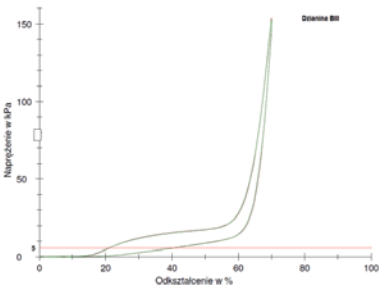
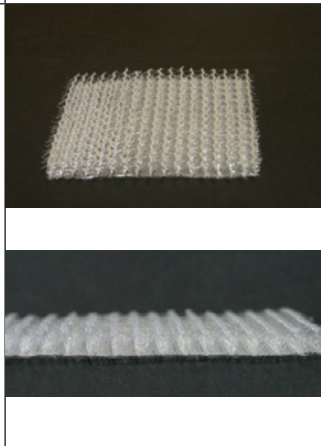
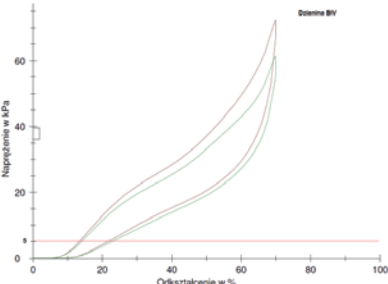
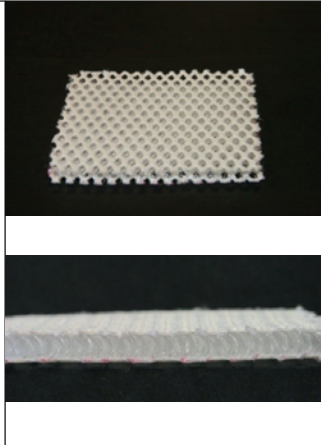
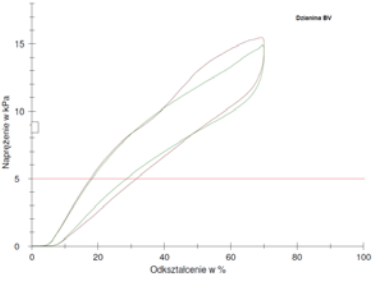
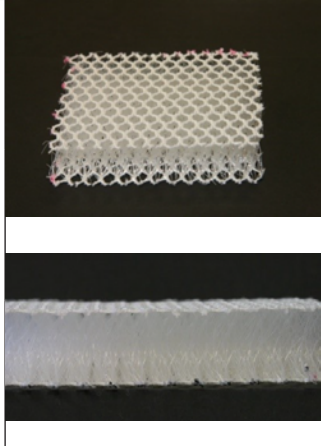
Próba	1	Masa powierzchniowa [g/m ²]	Charakterystyki odkształcenie - naprężenie	Modele struktur
	2	Grubość [mm]		
	3	Gęstość właściwa [kg/m ³]		
Dzianina BIII	1	387±8		
	2	8,05±0,15		
	3	48,07		
Dzianina BIV	1	876±5		
	2	8,71±0,05		
	3	100,57		
Dzianina BV	1	979±3		
	2	21,31±0,18		
	3	45,94		

Tabela 2. Działiny dystansowe przeznaczone na warstwę wierzchnią siedziska⁵⁶


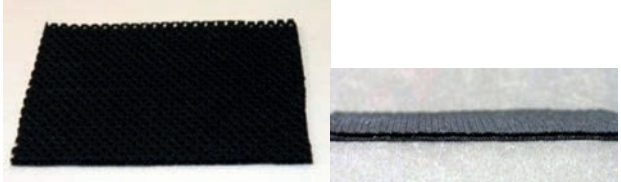
<p>Działina DI</p> 	<p>Masa powierzchniowa [g/m²] – 312±2 Grubość [mm] – 3,11±0,04 Gęstość właściwa [kg/m³] – 100,32 Działina DII</p>
<p>Działina DII</p> 	<p>Masa powierzchniowa [g/m²] – 345±2 Grubość [mm] – 2,63±0,08 Gęstość właściwa [kg/m³] – 131,18</p>

Tabela 3. Zestawienie wyników badań charakterystyk naprężenie – odkształcenie⁵⁷

Charakterystyka naprężenie – odkształcenie						
Próba	4. cykl 40% ściśnięcie próbki		4. cykl 70% ściśnięcie próbki		Względna absorpcja energii HD	Wartość od- kształcenia przy naprężeniu 5 kP
	siła F ₄₀	naprężenie ściskające cv ₄₀	siła F ₇₀	naprężenie ściskające cv ₇₀		
	N	kPa	N	%		
Tkanina DI	60,3	6,0	219,85	21,99	55,3	36,9
Działina B	85,3	8,5	1178,5	117,85	32,2	19,44
Działina BII	161,4	16,1	1622,6	162,26	45,0	20,7
Działina BIII	152,6	15,3	1524,45	152,4	43,6	20,73
Działina BIV	268,3	26,8	669,21	66,9	42,3	13,65
Działina BV	102,7	10,3	149,68	14,97	33,3	17,82

⁵⁶ *Ibidem.*⁵⁷ *Ibidem.*

Tabela 4. Zestawienie wyników pomiarów charakterystyk elastyczności pod naciskiem⁵⁸

Charakterystyka elastyczności pod naciskiem					
Próba	Grubość początkowa	Ugięcie	Względna grubość pod obciążeniem	Względna grubość po relaksacji	Wskaźnik histerezy Hi
	mm	mm	%	%	%
Tkanina DI	25,1	20,6	17,85	83,03	58,25
Dzianina B	8,55	7,25	15,20	92,40	30,10
Dzianina BII	7,9	2,0	73,98	95,56	19,90
Dzianina BIII	7,65	1,65	79,08	98,04	24,0
Dzianina BIV	8,25	1,65	79,40	97,58	19,05
Dzianina BV	21,55	17,0	21,12	90,95	34,45

Badania rozkładu nacisku wykonano dla dzianin D.I i D.II, przewidzianych na wierzchnią warstwę siedziska, stosując czujnik 5027. W Tabeli 5 przedstawiono wyniki badania wielkości nacisku dla tych dzianin, przy sile nacisku 0.5N, 1N i 2N. Dla każdej serii 20 pomiarów obliczono wartości średnie nacisku i odchylenie standardowe.

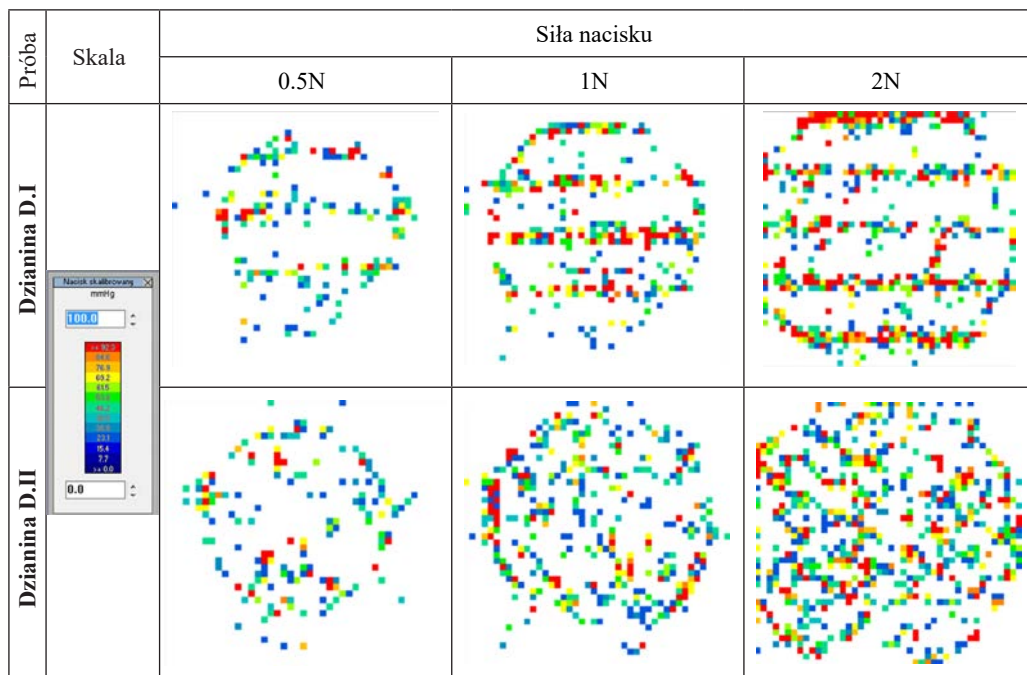
Tabela 5. Wartości średnie nacisku dla dzianin D.I i D.II⁵⁹

Próba	Siła nacisku		
	0,5N	1N	2N
	Nacisk, mmHg		
Dzianina D.I	4,40±0,31	8,90±0,41	16,80±0,81
Dzianina D.II	4,45±0,27	9,15±0,32	18,67±0,77
Powierzchnia styczna, cm ²			
Dzianina D.I	0,59±0,06	1,10±0,06	1,84±0,08
Dzianina D.II	0,63±0,05	1,27±0,04	2,27±0,09

⁵⁸ *Ibidem.*⁵⁹ *Ibidem.*

W Tabeli 6. przedstawiono rozkład nacisków dla dzianiny D.I i D.II.

Tabela 6. Rozkład nacisków dla D.I i D.II⁶⁰



Ocena właściwości termicznych modelowych próby dzianin D.I i D.II przeprowadzona została metodami nieznormalizowanymi z wykorzystaniem urządzenia Alambeta, Permetest i KES-F7 THERMO LABO II TYPE.

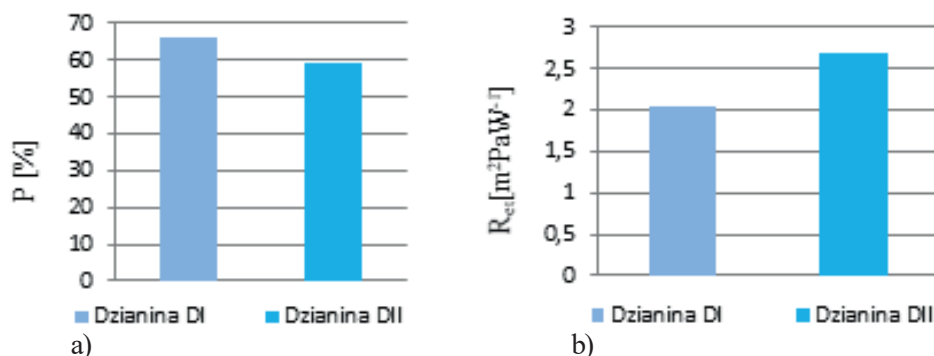
Tabela 7. Zestawienie wyników przeprowadzonych badań na urządzeniu Alambeta⁶¹

Próba	λ [Wm ⁻¹ K ⁻¹]	a [m ² s ⁻¹]	b [Wm ⁻² s ^{1/2} K ⁻¹]	R [Km ² W ⁻¹]	h [m]	p [-]	q [Wm ⁻²]
Dzianina DI	0,0492	6,88E-08	187,8	0,01048	0,000516	1,538	1,338
Dzianina DII	0,03848	7,22E-08	143,4	0,0153	0,000588	2,138	1,310

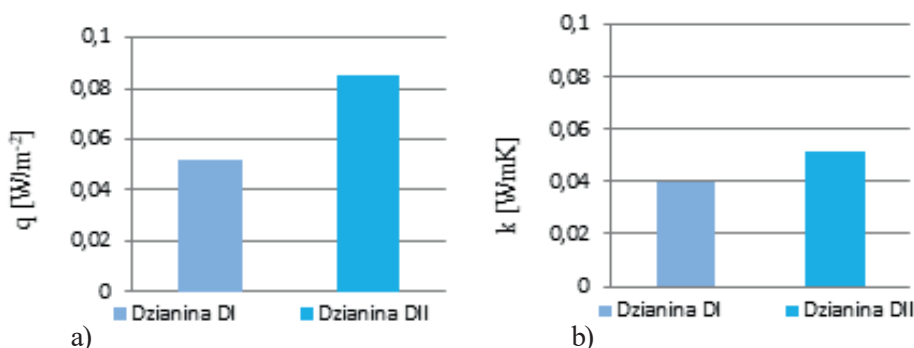
⁶⁰ *Ibidem.*

⁶¹ *Ibidem.*

Rys. 7. Zestawienie wyników badań na urządzeniu Permetest: a) względna przepuszczalność pary wodnej P, b) opór przenikania pary wodnej R_{et} ⁶²



Rys. 8. Zestawienie wyników badań przeprowadzonych na przyrządzie KES-F7 THERMO LABO II TYPE a) maksymalna gęstość strumienia ciepła q_{max} , b) współczynnik przewodzenia ciepła k ⁶³



Na podstawie wyników badań struktur modelowych stwierdzono, że dystansowe tkaniny i dzianiny posiadają kwalifikowane właściwości sprężystości grubości. Analiza charakterystyk sprężystości takich wyrobów wykazała, że ich właściwości w tym zakresie mogą być kształtowane poprzez zastosowanie odpowiednich rozwiązań strukturalno-surowcowych.

Możliwość zastosowania poszczególnych modeli struktur wyrobów oceniono porównawczo w stosunku do tapicerskiej pianki N30 na podstawie charakterystyk naprężenie – odkształcenie przy ściskaniu. Pianka N30 jest konwencjonalną polimerową pianką spienioną w postaci bloków o gęstości 27-32 kg/m^3 i twardości 120-180 N. Podstawowym kryterium oceny w aspekcie zminimalizowania ciśnienia prostego jest taki przebieg charakterystyk, aby w warunkach użytkowania wykorzystana była płaska część

⁶² Ibidem.

⁶³ Ibidem.

nieliniowej charakterystyki sprężystości. Jako kryterium dla pianek przyjęto wartość naprężenia ściskającego cv_{40} . Dla pianki N30 wartość tego wskaźnika wynosi 5 kPa⁶⁴. Najniższe wartości naprężenia ściskającego cv_{40} (naprężenia występującego w 4. cyklu ściskania powodującego 40-procentowe zmniejszenie grubości początkowej próbki) wykazały: Tkanina DI – 6,0 kPa, Dzianina B – 8,5 kPa i Dzianina BV – 10,3 kPa (Tabela 3). Najniższą, zbliżoną do pianki N30, wartością wskaźnika $cv_{70}=21,9$ kPa charakteryzuje się Tkanina DI. Najbardziej jednak istotne do oceny przydatności materiałów jest określenie ich charakterystyki naprężenie – odkształcenie w zakresie obciążenia przewidywanego podczas użytkowania. Na podstawie danych dotyczących tego, że w pozycji siedzącej około 85% ciężaru ciała spoczywa na około 15% powierzchni ciała, przyjmując średnią powierzchnię ciała człowieka 1,8 m² przy średniej wadze 80 kg ustalono, że wartość średniego naprężenia, któremu poddawane jest siedzisko, wynosi 2,5 kPa. Do analizy przyjęto zakres naprężenia od 0 do 5 kPa. Dlatego też dla wszystkich charakterystyk sprężystości badanych prób wyznaczone zostały odkształcenia dla wartości maksymalnego naprężenia wynoszącego 5 kPa. Największą wartością względnego odkształcenia dla naprężenia 5 kPa charakteryzuje się Tkanina DI. Wartość tego odkształcenia wynosi 36,9% i jest zbliżona do odkształcenia pianki N30. Pozostałe materiały charakteryzują się podobnymi wartościami tego wskaźnika wynoszącymi ok. 20%, z wyjątkiem Dzianiny BIV. Biorąc pod uwagę dodatkowo wartości wskaźników cv_{40} i cv_{70} można stwierdzić, że najlepszymi właściwościami sprężystymi w tym zakresie charakteryzuje się Tkanina DI, Dzianina DV i Dzianina B.

Do oceny przydatności materiałów w badaniach charakterystyk naprężenie – odkształcenie wyznaczony został również współczynnik względnej absorpcji energii HD. Wartość tego wskaźnika dla pianki N30 wynosi 30,3%. Materiały o zbyt dużej wartości współczynnika HD utrudniają użytkownikowi zmianę pozycji. Dla pianek viscoelastycznych o niskich wartościach wskaźnika cv_{40} współczynnik HD wynosi nawet 54÷69%. Najbardziej korzystną wartością absorpcji energii charakteryzuje się Dzianina B – 32,2%, dla Dzianiny BV wynosi ona 33,3%, a dla Tkaniny DI – 55,3%.

Na podstawie wyników badań charakterystyk naprężenie – odkształcenie przy ściskaniu stwierdzono, że odpowiednie rozwiązania strukturalno-surowcowe materiałów dystansowych mogą charakteryzować się podobnymi właściwościami sprężystości jak elastyczne tworzywa porowate (pianki). Najlepszymi właściwościami w tym zakresie charakteryzuje się Tkanina DI, Dzianina B i Dzianina BV.

W celu uzyskania pełniejszej charakterystyki odkształceń przy ściskaniu dla wyrobów przeprowadzono badania takie jak dla puszystych materiałów włókienniczych

⁶⁴ Dokumentacja projektu badawczego 3 T08E 092 28, *Przestrzenny, wielowarstwowy włókienno polimerowy kompozyt stanowiący wierzchni materiał materacy przeciwoślężynowych.*

(np. puszyste włókniny tapicerskie). Badanie to umożliwia ocenę materiału szczególnie w zakresie niskich obciążeń (siła ściskająca 200 N odpowiadająca naprężeniu 1 kPa). Na podstawie analizy wyników badań ustalono, że najbardziej przydatnymi do możliwości uzyskania redukcji ciśnienia prostego są struktury: Tkanina DI, Dzianina BV i Dzianina B, które charakteryzują się najwyższymi wartościami ugięcia wynoszącymi odpowiednio 20,6 mm, 17,0 mm i 7,25 mm (Tabela 4). Jednocześnie stwierdzono, że Dzianina BII, Dzianina BIII i Dzianina BIV wykazują największy opór przy ściskaniu, o czym świadczy wartość względnej grubości pod obciążeniem, kształtująca się powyżej 70%, co w przewidywanym zakresie użytkowania jest właściwością niekorzystną, pomimo uzyskania najwyższych wartości względnej grubości po relaksacji określającej odporność na trwałe odkształcenia i niskich wartości wskaźnika histerezy H_i .

W zakresie charakterystyk sprężystości najlepszymi właściwościami charakteryzuje się Tkanina DI, Dzianina BV i Dzianina B. Wynika to z tego, że grubość struktur o najlepszych właściwościach sprężystych kształtuje się od 10 do 20 mm, przy gęstościach właściwych wynoszących od 43,65 do 53,52 kg/m³ (dla tworzyw elastycznych porowatych wartości te wynoszą od 30 do 65 kg/m³).

W celu zwiększenia funkcjonalności całego siedziska założono możliwość stosowania układu złożonego z warstwy zasadniczej i warstwy wierzchniej. Zakładano, że warstwa zasadnicza umożliwi kształtowanie głównych cech sprężystości grubości oraz komfortu fizjologicznego, natomiast warstwa wierzchnia nie ograniczy tych właściwości i jednocześnie umożliwi uzyskanie właściwości specjalnych: trudno zapalnych, antystatycznych, biostatycznych. W celu określenia możliwości zastosowania takiego rozwiązania przeprowadzono badania charakterystyk sprężystości układów, analogicznie jak dla warstwy zasadniczej. Stwierdzono, że w przypadku układu Tkanina DI+DI i Tkanina DI+DII nastąpił spadek wartości naprężenia ściskającego cv_{40} , co jest bardzo korzystne dla całkowitej charakterystyki sprężystości. W zakresie oceny rozkładu siła nacisku maksymalną wartość średniego nacisku i powierzchni stycznej, dla wszystkich trzech obciążeń, stwierdzono dla Dzianiny D.II. Zastosowanie warstwy wierzchniej z Dzianinami B, BII, BIII, BIV i BV w układzie zasadniczym nie powoduje istotnych zmian. Dotyczy to również wartości względnej absorpcji energii HD.

Dla najlepszego rozwiązania przeprowadzona zostanie funkcjonalizacja bioaktywna, trudno zapalna i antyelektrostatyczna.

4. Podsumowanie

Praca w życiu niepełnosprawnego człowieka zajmuje szczególne miejsce. Osoba pracująca uzyskuje środki do zapewnienia egzystencji własnej i rodziny. Zajmowana

przez nią pozycja zawodowa ustala jej pozycję ekonomiczną i społeczną. Wyznacza również poziom niezależności, a wykonywanie pracy zawodowej pozwala czuć się osobą niezależną i użyteczną społecznie oraz określa jej pozycję w hierarchii społecznej³.

Dla poprawy więzi społecznej osób niepełnosprawnych istotny jest wzrost zatrudnienia tych osób. Zapewnienie odpowiednich warunków pracy jest często wystarczające dla umożliwienia sprawnego i bezpiecznego funkcjonowania osób niepełnosprawnych w środowisku pracy. Za pomocą innowacyjnych funkcjonalnych materiałów włókienniczych stanowiących element wyposażenia stanowiska pracy osoby długotrwale unieruchomionej można wspomóc aktywizację osób niepełnosprawnych.

Odpowiednio zaprojektowane włókiennicze układy dystansowe wykazują wysoką przydatność w wyrobach stosowanych w profilaktyce przeciwdoleźynowej. Przestrzenna budowa oraz sprężystość grubości powodują, iż niezależnie od wielkości siły nacisku zawsze pozostają wolne przestrzenie, umożliwiające odprowadzenie nadmiaru ciepła i wilgoci z układu ciała człowieka leżącego/siedzącego – struktura włókiennicza. Do oceny przydatności specjalnych struktur włókienniczych na wierzchnią warstwę siedziska przeciwdoleźynowego pod względem komfortu fizjologicznego nie powinno się stosować wyłącznie metod dla wyrobów odzieżowych. Niezbędne są specjalne metody badawcze dostosowane do specyfiki przeznaczenia takich siedzisk, uwzględniające transport ciepła i wilgoci w warunkach symulowanego odkształcenia układu oraz rozkład nacisku (wartości ciśnienia prostego) w czasie użytkowania.

Opracowano na podstawie wyników IV etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2017-2019 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego/Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

Koordinator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

Bibliografia

Literatura

- Brzeziński S., Malinowska G., Kowalczyk D., Kaleta A., Borak B., Jasiorski M., Dąbek K., Baszczuk A., Traczek A., *Antibacterial and Fungicidal Coating of Textile-polymeric Materials Filled with Bioactive Nano- and Submicro-particles*, „Fibres & Textiles in Eastern Europe” 2012, vol. 1 (90), s. 70-77.
- Cieślak M., Karaszewska A., Gromadzińska E., Jasińska I., Kamińska I., *Comparison of methods for measurement of the pressure exerted by knitted fabrics*, „Textile Research Journal” 2017, vol. 87(17), s. 2117-2126.

- Cieślak M., Karaszewska A., Gromadzińska E., Śledzińska K., *The I-SCAN method for the assessment of the pressure exerted by textile products*, „Fibres & Textiles in Eastern Europe” 2016, vol. 6(120), s. 121-127.
- Cieślak M., Wróbel S., Kamińska I., Lao M., *Functional Upholstery Materials for Protection Against Electrostatic Risk*, „Fibres & Textiles in Eastern Europe” 2009, vol. 4 (75), s. 52-58.
- Freeto T., Cypress A., Amalraj S., Yusufshaq M. S., Bogie K. M., *Development of a Sitting MicroEnvironment Simulator for wheelchair cushion assessment*, „Journal of Tissue Viability” 2016, vol. 25, s. 175-179.
- Gefen A., *Tissue changes in patients following spinal cord injury and implications for wheelchair cushions and tissue loading: A literature review*, „Ostomy Wound Manage” 2014, vol. 60(2), s. 34-45.
- Gromadzińska E., Malinowska G., Lao M., *Rola wierzchniej warstwy materacy przeciwoleżynowych w kształtowaniu komfortu fizjologicznego i higienicznego*, „Prace Instytutu Włókiennictwa” 2006, R. LVI, s. 35-41.
- Matusiak M., *Ciepłochroność tkanin odzieżowych. Monografia*, Instytut Włókiennictwa, Łódź 2011.
- Mikołajewska E., *Dobór wózków dla niepełnosprawnych w polskich i zagranicznych badaniach naukowych*, „Annales Academiae Medicae Silesiensis” 2013, vol. 67/1.
- Research & Innovation, *Clothing Physiological Research at the Hohenstein Institutes*, Special Edition, vol. 63, Hohenstein Institute, Bönnigheim 2007.
- Sydor M., *Wybór i eksploatacja wózka inwalidzkiego*, Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu, Poznań 2003.
- Tulin G.C., Fatih C.B., *The effects of ramie blended car seat covers on thermal comfort during road trials*, „International Journal of Industrial Ergonomics” 2009, vol. 39, s. 287-294.
- Umbach K.H., *Physiological comfort on car seats*, „Kettenwirk praxis” 2000, vol. 1.

Materiały konferencyjne

- Faming W., *A Comparative Introduction on Sweating Thermal Manikins “Newton” and “Walter”*, 7th International Thermal Manikin and Modelling Meeting, University of Coimbra, Portugal, September 2008.
- Heide M., *Untersuchungen zum Wärmeisolationsverhalten von 3D – Gewirken*, Konferenz Dresdener Textiltagung, 2004.
- Psikuta A., Richards M., Fiala D., *Single-and multi-sector thermophysiological human simulators for clothing research*, 7th International Thermal Manikin and Modelling Meeting, University of Coimbra, Portugal, September 2008.
- Trappl P., *Liegekomfort von modern Matratzensystemen*, Materiały z Sympozjum Avantex, 2003.
- Umbach K.H., *Einsatz von Abstandsgewirken in Autositzen zur Verbesserung des klimatischen Sitzkomforts*, Internationale Chemiefasertagung, Dornbirn, 1999.

Normy i procedury badawcze

- PN-EN ISO 3386-1: 2000/Ap1:2015-10 Elastyczne tworzywa sztuczne porowate. Oznaczanie charakterystyki naprężenie-odkształcenie przy ścisnaniu. Materiały małej gęstości.

- PN-EN ISO1856:2004/A1:200 Elastyczne tworzywa sztuczne porowate. Oznaczanie odkształcenia trwałego po ściskaniu.
- PN-EN ISO 11092:2014-1, Tekstylia -- Właściwości fizjologiczne -- Pomiar oporu cieplnego i oporu pary wodnej w warunkach stanu ustalonego (metoda pocącej się zaizolowanej cieplnie płyty).
- PN-EN ISO 9237:1997, Tekstylia -- Wyznaczanie przepuszczalności powietrza wyrobów włókienniczych.
- PN-EN ISO 20743:2013-10 Wyznaczanie aktywności antibakteryjnej wyrobów gotowych z wykończeniem antibakteryjnym (Metoda absorpcji).
- PN-EN 1149-1:2008 Odzież ochronna. Właściwości elektrostatyczne. Część 1: Metoda badania rezystywności powierzchniowej.
- PN-EN 1149-3:2007 Odzież ochronna. Właściwości elektrostatyczne. Część 3: Metody badań do pomiaru zaniku ładunku.
- PN-EN 1021-1:2014 Meble – Ocena zapalności mebli tapicerowanych – Część 1: Źródło zapłonu: tłący papieros.
- PN-EN 1021-2:2014 Meble – Ocena zapalności mebli tapicerowanych – Część 2: Źródło zapłonu: równoważnik płomienia zapalki.
- PN-EN ISO 5084:1999 Tekstylia. Wyznaczanie grubości wyrobów włókienniczych.
- PN-EN 12127:2000 Tekstylia -- Płaskie wyroby włókiennicze -- Wyznaczanie masy na jednostkę powierzchni z zastosowaniem małych próbek.
- PN-EN ISO 11092:2014-1, Tekstylia -- Właściwości fizjologiczne -- Pomiar oporu cieplnego i oporu pary wodnej w warunkach stanu ustalonego (metoda pocącej się zaizolowanej cieplnie płyty).
- Procedura Badawcza Nr 96:2013 edycja z dnia 16.09.2013 Tekstylia. Działania dystansowe. Wyznaczanie elastyczności pod naciskiem, opracowanej na podstawie normy DIN 54305 Testing of textiles. Determination of the compression elastic behaviour of fibrous webs and nonwovens.
- Procedura Badawcza nr 14/2:2002, Wyroby włókiennicze. Wyznaczanie wskaźników sorpcji i desorpcji cieczy na przyrządzie SORP-3.
- Procedura IW, Właściwości elektrostatyczne. Badanie elektryzacji materiałów obiciowych podczas użytkowania krzesła.

Inne opracowania

- Dokumentacja projektu badawczego 3 T08E 092 28 *Przestrzenny, wielowarstwowy włókiennopolimerowy kompozyt stanowiący wierzchni materiał materacy przeciwdoleżynowych.*
- Dokumentacja techniczna stanowiska KES-F7 THERMO LABO II TYPE.
- Główny Urząd Statystyczny, Departament Badań Społecznych, *Stan zdrowia ludności Polski w 2009 r.,* Warszawa 2011.
- Niepublikowana praca w ramach działalności statutowej Instytutu Włókiennictwa, *Ocena zjawisk termodynamicznych w układzie człowiek leżący/siedzący – struktura włókiennicza,* 2009.
- Niepublikowana praca w ramach działalności statutowej Instytutu Włókiennictwa, *Opracowanie metodyki badań procesów termodynamicznych w układzie człowiek leżący/siedzący-struktura włókiennicza,* 2010.
- Niepublikowana praca w ramach działalności statutowej Instytutu Włókiennictwa, *Opracowanie udoskonalonej metody badań procesów termodynamicznych,* 2015.

Niepublikowana praca w ramach działalności statutowej Instytutu Włókiennictwa, *Optymalizacja właściwości układów tapicerskich siedzisk przeznaczonych dla osób długotrwale unieruchomionych*, 2012.

Patent nr PL213182 (B1) *Nakładka przeciwoślepnowa*.

Artykuły, opracowania, hasła, notatki prasowe opublikowane w formie elektronicznej

Bartków A., Bortnowski T., Wózek. Budowa i eksploatacja, Fundacja Aktywnej Rehabilitacji, https://www.far.org.pl/phocadownload/2015_far_skrypty/skrypt-14_wozek.pdf, [dostęp 06.05.2019].

Hasło *odleżyny*, <https://ranleczenie.pl/leczenie-ran/odlezyzny/> [dostęp 06.05.2019].

Krutul R., *Odleżyna, profilaktyka i terapia*, <http://www.revita.pl> [dostęp 02.07.2017].

Kurkus-Rozowska B., *Osoby niepełnosprawne – zatrudnienie a jakość życia*, https://www.ciop.pl/CIOPPortalWAR/appmanager/ciop/pl?_nfpb=true&_pageLabel=P30001831335539182278&html_tresc_root_id=25067&html_tresc_id=25092&html_klucz=19558&html_klucz_spis= [dostęp 02.05.2019].

Kurkus-Rozowska B., *Stanowisko pracy - adaptacja do możliwości zatrudnianych osób niepełnosprawnych*, https://www.ciop.pl/CIOPPortalWAR/appmanager/ciop/pl?_nfpb=true&_pageLabel=P30001831335539182278&html_tresc_root_id=25067&html_tresc_id=25451&html_klucz=19558&html_klucz_spis= [dostęp 02.05.2019].

Ramowe wytyczne w zakresie projektowania obiektów, pomieszczeń oraz przystosowania stanowisk pracy dla osób niepełnosprawnych o specyficznych potrzebach, pod redakcją naukową dr. hab. inż. Wiktora M. Zawieski. Publikacja opracowana i wydana w ramach projektu nr POKL.01.03.06-00-070/12 realizowanego w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki 2007-2013, Priorytet I, Działanie 1.3, Poddziałanie 1.3.6, współfinansowanego przez Unię Europejską, ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego, ISBN 978-83-7373-179-0, protokół dostępu: <https://www.pip.gov.pl/pl/f/v/191527/Ramowe%20wytyczne2014.pdf>, [dostęp 02.05.2019].

