

# Ocena właściwości fizjologicznych odzieży chirurgicznej w celu zapewnienia komfortu termicznego

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Wykonawcy: mgr inż. Magdalena Zwolińska, dr inż. Anna Bogdan, dr hab. n med. Iwona Sudoł-Szopińska, dr hab. Maria Konarska, Małgorzata Kozłowska

Termin realizacji zadania: 01.2008r. – 12.2010r.

## Spis treści

1. Wprowadzenie .....	2
2. Harmonogram realizacji zadania badawczego .....	2
3. Metodyka badawcza.....	3
4. Wyniki badań.....	4
5. Wnioski .....	8
6. Podsumowanie.....	8

## 1. Wprowadzenie

Blok operacyjny w szpitalu jest miejscem specyficznym, gdyż prowadzone tam zabiegi stanowią głęboką ingerencję w organizm człowieka a od poprawności ich przeprowadzenia zależy zdrowie i życie pacjenta. Warunki panujące w sali operacyjnej powinny być kształtowane pod kątem zapewnienia bezpieczeństwa i komfortu pacjentom. Jednocześnie poprawność wykonania zabiegu zależy od sprawności psychofizycznej lekarza, na które wpływ ma m.in. odczucie komfortu cieplnego podczas pracy.

Na odczucie komfortu cieplnego wpływa rodzaj (intensywność) wykonywanej pracy, parametry środowiska cieplnego pracy, oraz izolacyjność zastosowanej przez pracownika odzieży. W przypadku chirurgów wszystkie powyższe elementy są istotne pod kątem kształtowania komfortu cieplnego – intensywność pracy na bloku operacyjnym jest uzależniona od rodzaju operacji i związanej z tym konieczności przebywania przez odpowiedni czas w wymuszonej pozycji ciała; warunki mikroklimatu na bloku operacyjnym wynikają głównie z konieczności zapewnienia bezpieczeństwa pacjentowi, nie zaś komfortu pracy chirurgów; rodzaj stosowanej odzieży (jej izolacyjność cieplna) w określonych warunkach stanowi istotną barierę utrudniającą utrzymanie równowagi cieplnej organizmu (na przykład fartuchy chroniące przed promieniowaniem rentgenowskim).

Problematyka studiów dotyczących bloku operacyjnego najczęściej dotyczy rozwiązań w zakresie odzieży medycznej i jakości powietrza wewnętrznego zwiększających bezpieczeństwo pacjenta i chirurgów. Jednakże dążąc do zwiększenia bezpieczeństwa, przy obecnym postępie technologicznym, można jednocześnie starać się zwiększyć komfort osób pracujących na bloku operacyjnym. W przedstawianym zadaniu badawczym analizowany jest wpływ dostępnych zestawów odzieży medycznej w aspekcie polepszania komfortu termicznego.

## 2. Harmonogram realizacji zadania badawczego

Zadanie badawcze podzielono na 3 etapy:

### Etap I

Ocena warunków mikroklimatu na bloku operacyjnym oraz zbadanie reakcji fizjologicznych chirurgów w warunkach mikroklimatu bloku operacyjnego w czasie wykonywania wybranych zabiegów operacyjnych w różnych zestawach odzieży ochronnej

### Etap II:

Ocena reakcji fizjologicznych chirurgów w warunkach symulowanych w komorze klimatycznej w 2 wybranych zestawach odzieży medycznej dla bloku operacyjnego oraz ocena izolacyjności termicznej badanych zestawów odzieży

### Etap III:

Ocena reakcji fizjologicznych chirurgów w warunkach symulowanych w komorze klimatycznej w kolejnych 2 wybranych zestawach odzieży medycznej dla bloku operacyjnego

Ocena wielkości obciążenia termicznego chirurgów podczas pracy na bloku operacyjnym oraz określenie wymaganych właściwości odzieży chirurgicznej (izolacyjność termiczna) w celu zapewnienia komfortu termicznego.

### **3. Metodyka badawcza**

W ramach I etapu przeprowadzono badania z udziałem chirurgów w 2 salach bloku operacyjnego Kliniki Urologii CMKP Międzyzleskiego Szpitala Specjalistycznego przy ul. Bursztynowej 2 w Warszawie. W czasie badań na bloku operacyjnym prowadzono następujące pomiary: temperatura skóry ciała w 4 punktach i temperatura wewnętrzna w przewodzie słuchowym zewnętrznym; intensywność pocenia na podstawie dwukrotnych pomiarów masy ciała: przed rozpoczęciem eksperymentu i po jego zakończeniu; tętno; temperatura i wilgotność pomiędzy skórą badanego a odzieżą w 4 punktach pomiarowych.

W ramach I etapu badano następujące rodzaje odzieży medycznej:

A. barierowy fartuch chirurgiczny wielorazowego użytku przeznaczony na operacje standardowego ryzyka, wykonany z tkanin poliestrowych z dodatkiem włókna węglowego, pole krytyczne fartucha (przód oraz rękawy) wykonane z tkaniny o zwiększonej odporności na przesiąkanie płynów (waga 300g),

B. barierowy fartuch chirurgiczny wielorazowego użytku przeznaczony na operacje wysokiego ryzyka, w tylnej części wykonany z tkanin poliestrowych z dodatkiem włókna węglowego, pole krytyczne fartucha (przód oraz rękawy) wykonane z laminatu z membraną PTFE,

C. barierowy fartuch chirurgiczny wielorazowego użytku przeznaczony na operacje standardowego ryzyka, wykonany z tkanin poliestrowych z dodatkiem włókna węglowego, pole krytyczne fartucha (przód oraz rękawy) wykonane z tkaniny o zwiększonej odporności na przesiąkanie płynów (waga 400g),

D. jednorazowy bawełniany fartuch chirurgiczny,

E. ubranie operacyjne, składające się z bluzy i spodni, wykonane z poliestrowej tkaniny z dodatkiem włókna węglowego,

F. fartuch ołowiany, Pb 0,5mm, do wykonywania zdjęć wewnątrzustnych (masa 3,349 kg).

Wyniki badań wykazały, iż badana odzież medyczna powoduje duże obciążenie termiczne dla jej użytkowników. Dla pełniejszego obrazu różnic fizjologicznych występujących w poszczególnych zestawach odzieży badania zostały wykonane na większej grupie ochotników, w warunkach laboratoryjnych, przy ustalonym obciążeniu fizycznym, przy ustalonych, symulowanych w komorze klimatycznej warunkach środowiska cieplnego (etap II i III). W ramach I etapu zbadany został również mikroklimat panujący na 2 salach bloku operacyjnego.

Podczas II i III etapu przeprowadzono badania oceny reakcji fizjologicznych oraz odczuć subiektywnych 8 ochotników w warunkach symulowanych w komorze klimatycznej (środowisko odzwierciedlające pracę na bloku operacyjnym określone na podstawie wyników z 1-ego etapu) w wybranych zestawach odzieży przeznaczonej na blok operacyjny, wg stałego schematu. Kolejne fazy badania pozwalały na uzyskanie wyników interesujących parametrów fizjologicznych zarówno w fazie spoczynku jak i podczas wysiłku fizycznego. Badania prowadzono z udziałem 8 ochotników (wiek  $23,1 \pm 0,4$  lata, wzrost  $179 \pm 5$  cm, waga  $75,9 \pm 4,7$  kg, wydolność fizyczna  $48,81 \pm 4,73$  mlVO<sub>2</sub>·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>).

Wytypowane zestawy odzieży składały się z ubrania operacyjnego (E – bluza i spodnie, wykonane z poliestrowej tkaniny z dodatkiem włókna węglowego) oraz z fartucha:

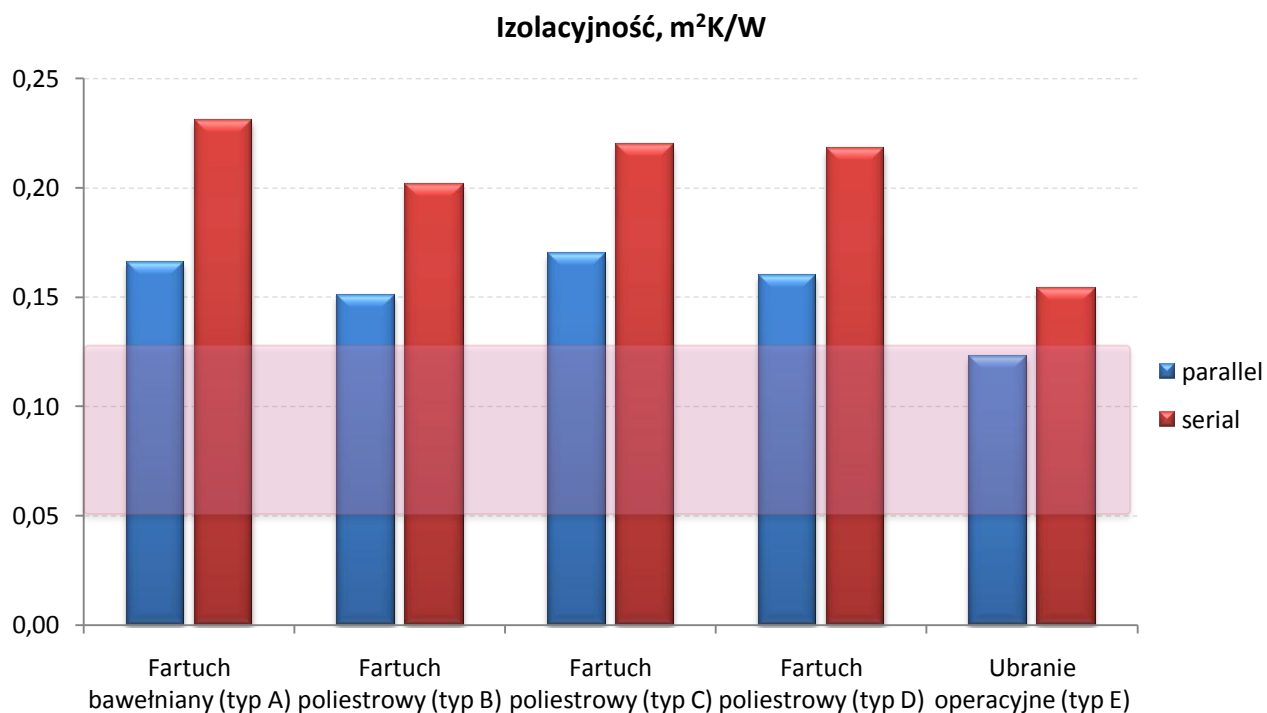
- zestaw I (A) – jednorazowy fartuch bawełniany,
- zestaw II (B) – fartuch poliestrowy z włóknem węglowym wielorazowego użytku przeznaczony na operacje standardowego ryzyka, pole krytyczne fartucha (przód oraz rękawy) wykonane z tkaniny o zwiększonej odporności na przesiąkanie płynów (400g)
- zestaw III (C) – fartuch poliestrowy pokrywy warstwą poliuretanową,
- zestaw IV (D) – fartuch poliestrowy, z dodatkiem włókna węglowego wielorazowego użytku, przeznaczony na operacje wysokiego ryzyka, pole krytyczne fartucha (przód oraz rękawy) wykonane z laminatu z membraną PTFE).

W ramach II etapu przeprowadzono również badania wybranych zestawów odzieży pod względem izolacyjności cieplnej.

#### 4. Wyniki badań

##### Izolacyjność cieplna

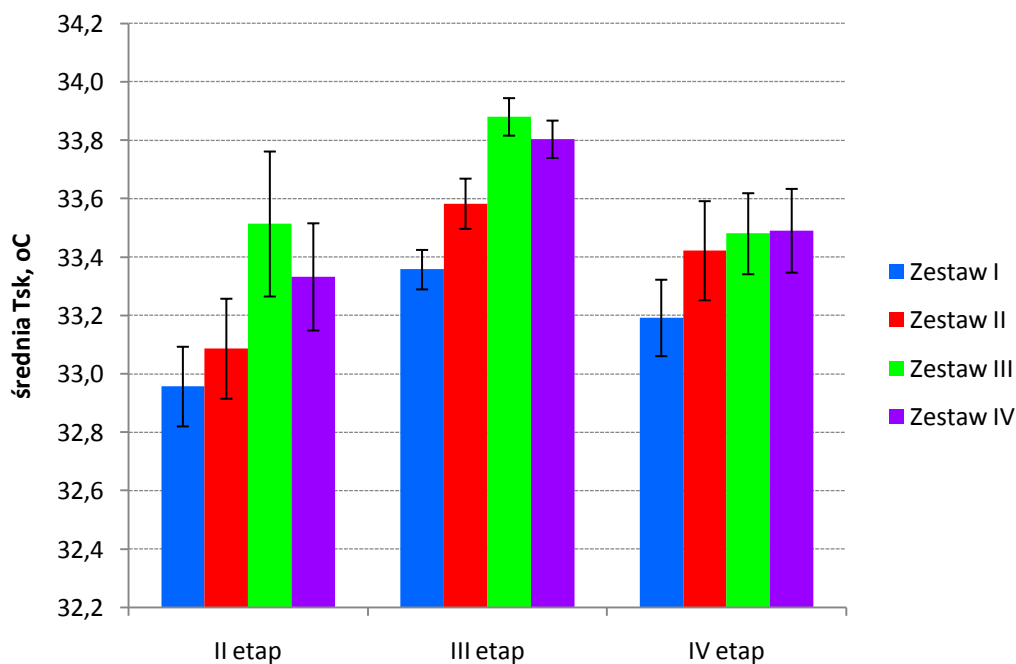
Przy pomocy manekina termicznego została określona izolacyjność termiczna badanej odzieży. Analiza uzyskanych wyników wykazała, iż jedynie ubranie operacyjne mieści się granicach odczuwania komfortu cieplnego.



Rys. 1 Izolacyjność cieplna badanych zestawów z uwzględnieniem zakresu odczuwania komfortu cieplnego

### Średnia ważona temperatura skóry

Przeprowadzono analizę statystyczną, z której wynika, iż pod względem średniej ważonej temperatury skóry nie ma istotnie statystycznych różnic pomiędzy badanymi zestawami odzieży.



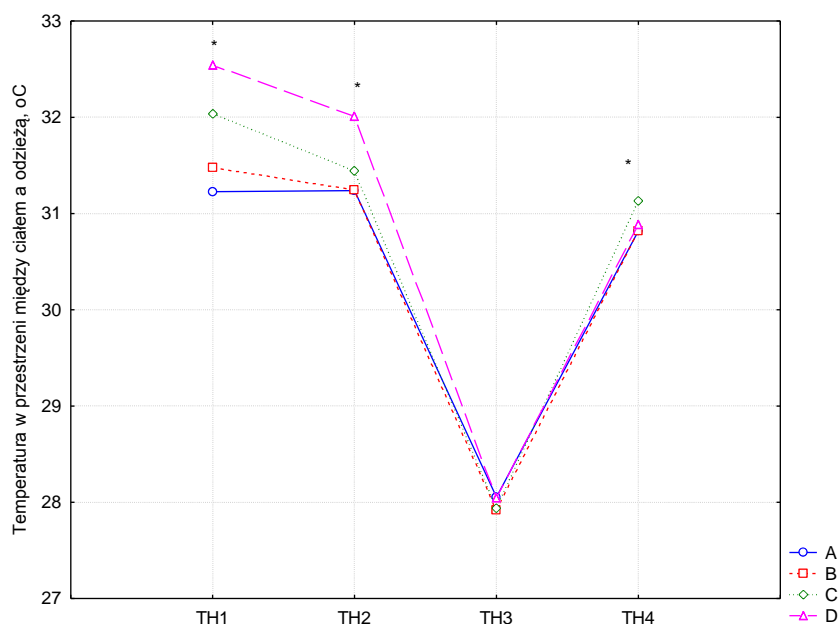
Rys. 2 Uśrednione wartości średniej ważonej temperatury skóry

### Temperatura mierzona w zewnętrznym przewodzie słuchowym

W przypadku  $T_{ac}$  nie zaobserwowano istotnych statystycznie różnic jedynie podczas II fazy badania pomiędzy fartuchami typu A i C. Najwyższą wartość podczas II fazy badania odnotowano dla fartuchów A i C (~35,75 °C) najniższą natomiast dla fartucha typu B (35,42 °C). Podczas III etapu najwyższą wartość  $T_{ac}$  odnotowano dla fartucha C (35,88 °C) najniższą zaś dla fartucha typu B (35,63 °C). Taką samą zależność zaobserwowano podczas IV etapu – najwyższa wartość dla fartucha C (36,00 °C) najniższa dla fartucha B (35,80 °C).

### Temperatura mierzona w przestrzeni między ciałem a odzieżą

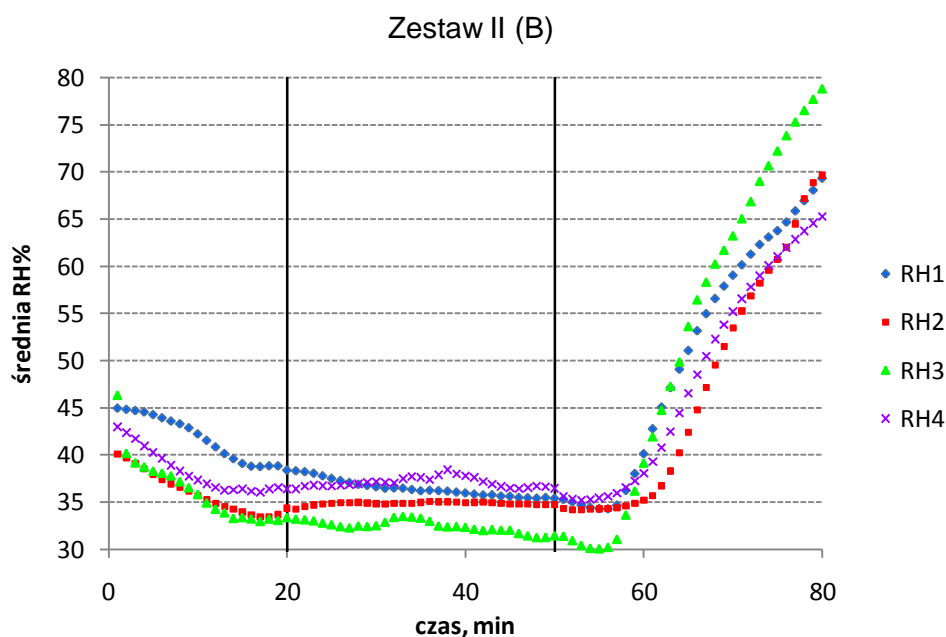
W przypadku TH stwierdzono brak istotnych statystycznie różnic dla punktu pomiarowego TH3 umieszczonego na prawej części klatki piersiowej, oraz pomiędzy fartuchami A i B niezależnie od punktu pomiarowego na ciele człowieka. Najwięcej istotnych statystycznie różnic zaobserwowano pomiędzy fartuchami C i D. Dla punktu pomiarowego TH1 umieszczonego na lewej łopatkę najwyższą wartość temperatury uzyskano dla fartucha typu D (32,5 °C) najniższą dla fartucha typu A (31,2 °C). W przypadku punktu TH2 (lewe ramię) najwyższą wartość również odnotowano dla fartucha typu D (32,0 °C) najniższą natomiast dla fartuchów typu A i B (31,2 °C). Taką samą zależność zaobserwowano dla punktu pomiarowego TH4 (prawe udo z przodu) – odpowiednio dla fartucha typu D oraz A i B, 31,2 °C oraz 30,8 °C.



Rys. 3 Zależność temperatury w przestrzeni między ciałem a odzieżą (TH) w zależności od punktu pomiarowego (\* p<0.05)

### Wilgotność mierzona w przestrzeni między ciałem a odzieżą

Pod względem wilgotności mierzonej w przestrzeni między ciałem a odzieżą najmniej istotnych statystycznie różnic odnotowano dla par fartuchów typu A i C oraz A i B. W punkcie pomiarowym RH1 (lewa łopatka) najwyższą, uśrednioną z całego badania, wartość odnotowano dla fartucha typu C (47%) najniższą zaś dla fartucha typu D (39%). Dla RH2 (lewe ramię) również największą wartość odnotowano dla fartucha typu C (43%) najniższą dla fartucha typu D (37%). W przypadku punktu pomiarowego RH3 umieszczonego na prawej części klatki piersiowej, najwyższą wartość wilgotności odnotowano dla fartuchów typu A i C (odpowiednio 44% i 43%), najniższą zaś dla fartucha typu D (34%). Dla punktu pomiarowego RH4 (prawe udo z przodu), najwyższą wartość odnotowano dla fartucha typu C (44%) najniższą natomiast dla fartucha typu D (36%). Maksymalne wartości odnotowywane podczas badań na poszczególnych punktach pomiarowych: dla RH1 oraz RH2: 65%, 70%, 73% oraz 75%, odpowiednio dla fartucha typu A, B, C i D, dla RH4: 63%, 65%, 68% oraz 65%. W przypadku RH3 wartości te wynoszą 73%, 80%, 75%, 68% (odpowiednio dla A, B, C i D).



Rys. 4 Uśredniona wartość wilgotności mierzonej w przestrzeni między ciałem a odzieżą dla zestawu II

### Intensywność pocenia

Przeanalizowano również utratę masy ochotnika w zależności od badanego zestawu odzieży. Nie wykazano istotnych statystycznie różnic pomiędzy fartuchami. Utrata masy w ciągu godziny wynosiła średnio 285 g.

### Subiektywna ocena (komfort cieplny, wilgotność skóry oraz wilgotność odzieży)

Wg subiektywnych ocen ochotników nie można jednoznacznie stwierdzić, który z badanych zestawów odzieży jest najlepszy. Odpowiedzi pomiędzy badanymi fartuchami chirurgicznymi rozkładały się dość równomiernie.

## 5. Wnioski

Wyniki uzyskane podczas badań w ramach zadania pn.: *Ocena właściwości fizjologicznych odzieży chirurgicznej w celu zapewnienia komfortu termicznego* wykazały, iż badana odzież medyczna powoduje duże obciążenie termiczne dla jej użytkowników. Badane zestawy odzieży medycznej cechowały się zbyt wysokimi wartościami izolacyjności cieplnej. Wyniki analizy wykazały, iż jedynie ubranie operacyjne, mieści się w granicy odczuwania komfortu cieplnego ( $PMV \leq -0,5; +0,5 \geq$ ). Pozostałe zestawy odzieży przekraczają granicę odczuwania komfortu cieplnego, potwierdzając tym samym wyciągnięte wnioski dot. odczuwania przez użytkowników dyskomfortu cieplnego.

Wyniki uzyskane podczas badań przy udziale ochotników wykazały, iż odzież medyczna może być kwalifikowana jako odzież barierowa. Wartości wilgotności mierzonej w przestrzeni między ciałem a odzieżą oscylują w granicach 70-80% (szczególnie dla punktu pomiarowego umieszczonego na prawej części klatki piersiowej). Generalnie przyjmuje się, że wilgotność w tych granicach stanowi duże obciążenie dla organizmu, zwłaszcza układu krążenia podczas wykonywania wysiłku. Wzrost temperatury mierzonej w zewnętrznym przewodzie słuchowym, niezależnie od badanego zestawu odzieży, potwierdza fakt, iż odzież medyczna stanowi duże obciążenie dla organizmu – prowadzi do jego przegrzania, co może przyczyniać się do zmniejszenia efektywności i dokładności wykonywanej pracy. Wysokie wartości temperatury skóry ( $T_{sk} \geq 33 \text{ }^\circ\text{C}$ ) potwierdzają fakt odczuwania dyskomfortu podczas użytkowania badanej odzieży medycznej. Również oceny subiektywne dotyczące komfortu cieplnego, wilgotności skóry i odzieży, poświadczają dyskomfort, jaki powoduje noszenie badanej odzieży medycznej.

## 6. Podsumowanie

Przedstawione badania miały na celu ocenę termicznych własności odzieży medycznej, pod kątem zapewnienia komfortu cieplnego chirurgów oraz wyznaczenie, według kryteriów fizjologicznych i oceny subiektywnej, komfortowych warunków pracy, dla poszczególnych, analizowanych zestawów odzieży ochronnej.

Uzyskane wyniki ukazują, iż komfort cieplny nie jest zapewniony przez cały czas użytkowania badanych zestawów odzieży medycznej. Badana odzież powoduje duże



obciążenie dla organizmu, a na podstawie danych z badań fizjologicznych można zakwalifikować ją, jako odzież barierową.

Na podstawie przeprowadzonych badań można określić wskazówki dla producentów odzieży przeznaczonej do pracy na bloku operacyjnym. Należałoby poszukiwać nowych materiałów, które spełniałyby założenia dotyczące zarówno barierowości przed patogenami jak i umożliwiały odczuwanie komfortu podczas ich użytkowania. Powinno się obniżyć wartość izolacyjności cieplnej odzieży. Należałoby również uwzględnić fakt wysokich wartości wilgotności w przestrzeni między ciałem a odzieżą. Wskazane jest, by stosowane ubranie operacyjne bardziej odprowadzało wilgoć i ciepło z ciała użytkownika.

Na bazie dotychczasowej wiedzy, proponuje się zastosowanie materiałów zawierających w swej strukturze PCM (związki zmiennofazowe), które pozwolą na obniżenie obciążenia termicznego.

Uwagi te skierowane są do projektantów odzieży medycznej, i jeżeli zostaną wzięte pod uwagę podczas projektowania, konstruowania nowych krojów, mogą wpłynąć na poprawę warunków pracy (ok. 30 tys.) użytkowników wszelkiej odzieży medycznej.

*Materiał opracowany na podstawie wyników uzyskanych w ramach I etapu programu wieloletniego  
pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” dofinansowywanego w latach 2008-2010  
w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej.  
Główny koordynator: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.*