

prof. dr hab. inż. **Władysław HARMATA**  
Wojskowa Akademia Techniczna  
dr inż. **Grzegorz NYSZKO**  
Wojskowy Instytut Chemii i Radiometrii

## **INDYWIDUALNA OCHRONA PRZED SKAŻENIAMI DRÓG ODDECHOWYCH I SKÓRY cz. II<sup>1</sup>**

### **Respiration and skin - individual protection against contamination part. II**

#### **Streszczenie**

W opracowanym materiale przedstawiono współczesne zagrożenia pochodzące od terrorystycznego użycia broni masowego rażenia oraz toksycznych substancji pochodzenia przemysłowego. Scharakteryzowano wpływ indywidualnych środków ochrony przed skażeniami na zdolność bojową żołnierzy z uwzględnieniem czynników fizjologicznych i psychologicznych. Scharakteryzowano wymagania na indywidualne środki ochrony przed skażeniami w świetle dokumentów normatywnych obowiązujących w NATO. Zaprezentowano rozwiązania praktyczne istniejące w SZ RP i w armiach NATO w dziedzinie filtracyjnych masek przeciwgazowych i odzieży ochronnej. Na podstawie dostępnych danych literaturowych scharakteryzowano trendy rozwojowe w dziedzinie indywidualnych środków ochrony przed skażeniami.

#### **Summary**

In this paper terrorist modern threats connected with mass destruction weapons and toxic industrial chemicals usage have been described. The influence of individual protection equipment (IPE) on soldier combat abilities – with physiological and psychological factors – has been characterized. Technical requirement - according to NATO standardization documents - has been shown. Practical solutions of IPE in Polish armed forces and NATO armies was presented. Future development directions in these areas – on basis of available information – have been presented and characterized.

**Słowa kluczowe:** ochrona przed skażeniami, indywidualne środki ochrony dróg oddechowych i skóry;

**Key words:** NBC protection, individual protection equipment;

---

<sup>1</sup> Część I artykułu ukazała się w kwartalniku „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza” nr 20/4/10

### 3.2.2. Odzież ochronna

Ze względu na mechanizm zapewnienia ochrony (i związane z nim stosowane materiały) odzież ochronna będąca obecnie na wyposażeniu sił zbrojnych dzieli się na dwie grupy:

- izolacyjną<sup>2</sup>, w której można wyróżnić rozwiązania takie jak: odzież ogólnowojskowa, narzutki oraz odzież specjalna;
- filtracyjną<sup>3</sup> (przepuszczalną), w której występuje odzież ogólnowojskowa (bojowa) oraz specjalna (kombinezony i bielizna).

Nazwa odzieży izolacyjnej wynika nie tylko z faktu, że stanowi ona nieprzepuszczalną barierę dla środków chemicznych, biologicznych oraz cząstek promieniotwórczych. Bariera ta działa również w drugą stronę i nie pozwala na odprowadzenie potu na zewnątrz, a zatem zapewnienie chłodzenia organizmu na odpowiednim poziomie. W warunkach niskich temperatur noszenie odzieży izolacyjnej może powodować problemy poprzez wzmożone pocenie w czasie wysiłku a następnie zamrażanie wydzielonego potu wewnątrz odzieży w czasie odpoczynku. W konsekwencji stosowanie jej przez dłuższy czas jest bardzo uciążliwe, a w warunkach wysokich temperatur czas noszenia jest krótki.

W celu zmniejszenia obciążenia cieplnego organizmu (wydłużenia czasu użytkowania) zaczęto stosować odzież przepuszczalną, w której wykorzystano właściwości węgla aktywnego. W odzieży tej warstwa z węglem aktywnym pozwala na wydostawanie się odparowanego potu na zewnątrz jednocześnie absorbując środki toksyczne i chroniąc przed przedostaniem się ich do skóry. Materiał z węglem aktywnym stanowi jedną z warstw i stosowany jest zawsze w połączeniu z innymi materiałami.

#### 3.2.2.1. Odzież izolacyjna

Odzież izolacyjna była szeroko stosowana do końca lat 70-tych, kiedy to w odzieży ogólnowojskowej nastąpił zwrot w kierunku materiałów przepuszczalnych. Obecnie odzież ogólnowojskowa typu izolacyjnego stosowana jest w niektórych krajach byłego Układu Warszawskiego (w tym w Polsce) ze względu na posiadane zapasy i ograniczenia finansowe. Odzież ta ma postać płaszcza w ukompletowaniu z pończochami bądź kombinezonu jedno-

---

2. Izolacyjna odzież ochronna - rodzaj wojskowej odzieży ochronnej, wykonanej z materiałów stanowiących barierę wobec środków trujących, biologicznych i radioaktywnych i chroniąca żołnierza przed ich działaniem [PN-V-01010].

3. Filtracyjna odzież ochronna - rodzaj wojskowej odzieży ochronnej wykonanej z materiałów filtrosorpcyjnych, zabezpieczających skórę żołnierza przed skażeniem [PN-V-01010].

lub dwuczęściowego<sup>4</sup>. Rozwiązania konstrukcyjne stosowane w tej odzieży według współczesnych standardów trudno określić komfortowymi. Ponadto stosowane materiały zapewniały stosunkowo krótki czas ochrony odzieży przed ciekłymi BST (1 - 4 h) trudno, więc mówić o prowadzeniu działań w terenie skażonym, gdyż czas ten był potrzebny na bezpieczną ewakuację. Przykładem ogólnowojskowej odzieży izolacyjnej jest płaszcz ochronny OP-1M (fot. 9) znajdujący się na wyposażeniu SZ RP. Występuje on w ukompletowaniu z pończochami ochronnymi PO-1M oraz rękawicami ochronnymi RO-1. Zasady eksploatacji płaszcza ochronnego zależą od jego uformowania użytkowego. Może on być stosowany w postaci: narzutki, płaszcza bądź kombinezonu<sup>5</sup>.

Jego zakładanie jest uciążliwe i czasochłonne z powodu skomplikowanego systemu zapieć. Wytwarzany jest w trzech rozmiarach, co wpływa na słabe dopasowanie i niski komfort użytkowania. Czas ochrony przed ciekłymi BST dla poszczególnych elementów odzieży zawiera się w przedziale od 80 do 180 minut.



Fot. 9. Płaszcz ochronny OP-1M w formie płaszcza i kombinezonu  
(źródło: materiały WChiR).

Masa wraz z pończochami i rękawicami ochronnymi wynosi ok. 2,3 kg (zależnie od rozmiaru). Odzież typu izolacyjnego w porównaniu z filtracyjną ma tę zaletę, że nie traci właściwości ochronnych po rozpakowaniu, co umożliwia szersze wykorzystywanie jej w szkoleniu oraz jest podatna na odkażanie.

Zauważyć należy, że odwrót od materiałów typu izolacyjnego nastąpił jedynie w odzieży ogólnowojskowej (bojowej) - przeznaczonej do prowadzenia działań bojowych.

---

4. PN-V-01010 definiuje kombinezon ochronny jako odzież jednoczęściową, przeznaczoną do ochrony żołnierza za wyjątkiem twarzy i dłoni. Jednak w niniejszej pracy termin ten stosowany jest również dla odzieży dwuczęściowej składającej się z bluzy z kapturem i spodni ze zintegrowanymi kaloszami.

5. Chem. 301/81

Postęp dokonany w technologii materiałów izolacyjnych spowodował, że są one niezastąpione w warunkach narażenia na kontakt z ciekłymi BST. Obecnie stosowane są w obuwiu ochronnym i rękawicach stanowiąc ukompletowanie odzieży filtracyjnej oraz w częściach twarzowych masek.

Z materiałów izolacyjnych wytwarzane są narzutki ochronne, służące do zapewnienia dodatkowej ochrony odzieży filtracyjnej przed środkami bojowymi w postaci ciekłej i pyłem promieniotwórczym. Są to wyroby jednoczęściowe (typu narzutki lub poncho), ze zintegrowanym kapturem, jednorazowego użytku, charakteryzujące się małą masą i objętością w stanie zapakowanym oraz niską ceną. Zapewniają one również ochronę noszonego wyposażenia, może zmieścić się pod nimi nawet plecak. Na fot. 10 przedstawiono Austriackie poncho EK 55. Dla uzyskania jak najmniejszej objętości w stanie zapakowanym jest ono pakowanie próżniowo. Według informacji producenta okres przechowywania wynosi 20 lat.



Fot. 10. Poncho EK 55 firmy GOETZLOFF GmbH (Austria).  
(źródło materiały firmy GOETZLOFF GmbH).



Fot. 11. Krajowa narzutka ochronna jednorazowego użytku  
(źródło: materiały WICiR).

Stosowana w SZ RP narzutka ochronna - fot. 11 jest przeznaczona do ochrony żołnierza przed kroplami bojowych środków trujących, biologicznych oraz pyłem promieniotwórczym. Jest to ubiór jednoczęściowy, nakładany przez głowę. Budowa narzutki umożliwia nakładanie jej żołnierzowi z założoną maską przeciwgazową i hełmem. Narzutka posiada zintegrowany kaptur, zaopatrzone w ściągacz. Z przodu narzutki są symetrycznie umieszczone otwory zabezpieczone patką, służące do wyjmowania rąk z przestrzeni pod narzutką. Uzyskany czas ochrony wynosi powyżej 24 godzin (wymagany 4 godziny), co jest porównywalne z

rozwiązaniami światowymi. Produkowana jest w trzech rozmiarach a jej masa w opakowaniu jednostkowym wynosi w zależności od rozmiaru od 490 do 540g. Jest to rozwiązanie krajowe, opracowane w Wojskowym Instytucie Chemii i Radiometrii (WiChIR).

W grupie odzieży specjalnej ujęte zostały rozwiązania których podstawowym przeznaczeniem nie jest stosowanie jako powszechny w siłach zbrojnych element ISOPS. Odzież ta stosowana jest głównie w pododdziałach wojsk chemicznych (rozpoznanie i likwidacja skażeń), oddziałach ratownictwa chemicznego, służbach medycznych, technicznych, lub rodzajach wojsk (odzież dla Marynarki Wojennej).

Przykładem starszego rozwiązania z tej grupy są: kombinezon jednoczęściowy L-2 przeznaczony dla wojsk chemicznych i dwuczęściowy L-1 dla Marynarki Wojennej. Odzież ta posiada parametry ochronne podobne jak płaszcz OP-1M<sup>6</sup> i również może być poddawana odkażaniu.

Nowoczesnym rozwiązaniem stosowanym w wielu krajach jest odzież lekka. Jest to odzież jednorazowa, tania w produkcji, charakteryzująca się niską masą i stosunkowo długim czasem ochrony (ok. 12 h), nakładana jest na umundurowanie i obuwie. Odzież ta może również wchodzić w skład ISOPS. Będąca na wyposażeniu Armii USA odzież SCALP (Suit Contamination Avoidance Liquid Protective) - fot. 12 a, posiada stosunkowo krótki czas ochrony, przed skażeniami w postaci ciekłej, wynoszący 1 h. Jest to odzież jednorazowa, składająca się z bluzy ze zintegrowanym kapturem, spodni i kaloszy. Przeznaczona jest do noszenia na odzieży ochronnej typu filtracyjnego. Stosowana jest przez personel techniczny i jednostki medyczne wojsk lądowych oraz przez personel obiektów ochrony zbiorowej w razie konieczności wyjścia na zewnątrz<sup>7</sup>.

Austriacka odzież tego typu wykonana jest w postaci kurtki ze zintegrowanym kapturem i rękawicami oraz spodni ze zintegrowanymi kaloszami (fot. 12 b). Stosowany jest również kombinezon jednoczęściowy ze zintegrowanym kapturem - fot. 12 c.

---

6. Nyszko G., Majewski K., Wertejuk Z. i współautorzy: Sprawozdanie z badań partii produkcyjnej odzieży ochronnej dwuczęściowej L-1 M/MW dla potrzeb certyfikacji na zgodność z WT – Sygn. WiChIR ONIW nr 890/2003

7. FM 3-11.4



Fot. 12. Przykłady lekkiej odzieży izolacyjnej: a) Amerykańska odzież SCALP (źródło: Materiały Program Executive Office Soldier, b) dwuczęściowa Eurolite NBC-Protection Suit-R110 firmy GOETZLOFF GmbH (Austria), c) jednoczęściowa Eurolite NBC-Overall-R110 firmy GOETZLOFF GmbH (Austria), (źródło materiały firmy GOETZLOFF GmbH), d) krajowa IZO (źródło: materiały WICHiR)

W Polsce trwają prace nad wprowadzeniem Lekkiej Izolacyjnej Odzieży Ochronnej (IZO) – fot. 12d, opracowanej w WICHiR<sup>8, 9</sup>. Przeznaczona jest ona dla Wojsk Lądowych, załóg okrętów Marynarki Wojennej, załóg samolotów i śmigłowców, lotniczego personelu technicznego. Może stanowić również wyposażenie wojskowych pododdziałów ratownictwa chemicznego, zespołów pobierania próbek oraz schronów i ukryć do ochrony zbiorowej wojsk i ludności cywilnej. Jest to odzież dwuczęściowa składająca się z bluzy ze zintegrowanym kapturem oraz spodni ze zintegrowanymi kaloszami. Jej czas ochrony przed kroplami BST wynosi min. 12 godzin a masa całkowita nie przekracza 1,5 kg. Wykonywana jest w trzech rozmiarach. Okres przechowywania wynosi 15 lat.

W grupie odzieży izolacyjnej mieści się również tzw. odzież gazoszczelna, stosowana w specjalistycznych grupach ratownictwa chemicznego, jako dodatkowe wyposażenie pododdziałów chemicznych i grup specjalistycznych rozpoznania skażeń. Odzież ta zapewnia najwyższy poziom ochrony i przeznaczona jest do prac w szczególnie niebezpiecznych

8. Majewski K., Nyszko G., Wertejuk Z.i współautorzy: Sprawozdanie z realizacji projektu celowego pt. „Lekka izolacyjna odzież ochronna” – Sygn. WICHiR ONIW nr 996/2004

9. Majewski K., Nyszko G., Wertejuk Z.i współautorzy: Sprawozdanie z badań kwalifikacyjnych partii prototypowej lekkiej izolacyjnej odzieży ochronnej – Sygn. WICHiR ONIW nr 1016/2004

warunkach (kontakt z ciekłymi BST, TSP, brak tlenu). W odzieży tej główny nacisk położony jest na zapewnienie właściwości ochronnych (także przed TSP), w związku z tym nie jest ona przeznaczona do prowadzenia walki. Ma ona przeważnie postać kombinezonów jednoczęściowych, przystosowanych do współpracy z aparatami oddechowymi lub urządzeniami filtrowentylacyjnymi (z nawiewem) a także systemami chłodzącymi. Urządzenia te mogą być noszone pod kombinezonem lub na zewnątrz. W celu uzyskania lepszej szczelności (uniknięcia problemów związanych z odpowiednim uszczelnieniem połączenia maski z kapturem) stosowane są rozwiązania z szybą panoramiczną. Odzież ta przeważnie może być poddawana odkażaniu. Stosowana jest ona również przez cywilne jednostki ratownicze.

Przykłady kombinezonów gazoszczelnych, przedstawiono na fot. 13. Amerykański kombinezon STEPO (Self Contained Toxic Environmental Protective Outfit) - fot. 13 a, przeznaczony jest do prac w warunkach braku tlenu, kontaktu z BST, TSP, materiałami pędnymi, olejami i paliwami raketowymi. Wyposażony jest w szybę panoramiczną. Wraz z kombinezonem można stosować aparat oddechowy pozwalający na 4 godziny działania lub dostarczać powietrze poprzez przewód (osoba w kombinezonie wyposażona jest wtedy w awaryjny aparat oddechowy).



Fot. 13. Przykłady kombinezonów gazoszczelnych: a) amerykański STEPO (źródło: <http://www.globalsecurity.org>), b) kombinezon Safeguard 6004 z zakładaną maską (źródło: materiały firmy Alfred Kärcher GmbH & Co.), c) kombinezon ćwiczebny szwedzkiej firmy Trellechem

(źródło: materiały firmy Trelleborg Protective Products AB), d) kombinezon gazoszczelny Indywidualnego Zestawu Ochronnego IZO-1 (źródło: materiały firmy Milagro Powlekania Sp. z o.o.)

Może być pięciokrotnie odkażany (po kontakcie z parami środków toksycznych). W przypadku skażenia środkami toksycznymi w postaci ciekłej po odkażeniu należy przeznaczyć go do utylizacji<sup>10</sup>. Jako przykład rozwiązania innego typu przedstawiono kombinezon Safeguard 6004 – fot. 13 b, stosowany w Armii Niemieckiej. Przeznaczony jest dla personelu przeprowadzającego likwidację skażeń BMR lub działania ratownicze w miejscu wydarzenia z TSP. Zapięcie stanowi: gazoszczelny zamek, dodatkowo osłonięty przed skażeniem i uszkodzeniem mechanicznym. Połączenie kombinezonu z rękawicami realizowane jest poprzez zewnętrzne gumowe pierścienie uszczelniające (możliwa wymiana rękawic). Buty są zintegrowane z kombinezonem. Ponieważ odzież gazoszczelna jest dosyć droga i wymaga odpowiedniego wyszkolenia specjalistycznego stosowane są tu wersje ćwiczebne – fot. 13 c.

W SZ RP stosowany jest kombinezon gazoszczelny wchodzący w skład Indywidualnego Zestawu Ochronnego IZO-1 - fot. 13 d. Stanowi on etatowe wyposażenie wojskowej grupy specjalistów ratownictwa chemicznego oraz dodatkowe wyposażenie pododdziałów chemicznych i grup specjalistycznych WLOP i MW.

Zapewnia on ochronę dróg oddechowych oraz powierzchni całego ciała podczas:

- prowadzenia rozpoznania skażeń w strefach o wysokim stężeniu bojowych środków trujących lub ubogich w tlen, zagrażających szybką utratą właściwości ochronnych filtropochłaniaczy masek przeciwgazowych;
- działania w rejonie awarii, w którym mogą występować strefy skażeń TSP, substancjami promieniotwórczymi, bojowymi środkami trującymi i środkami biologicznymi występującymi we wszystkich możliwych dla tych środków postaciach;
- ewakuacji poszkodowanych ze strefy zagrożonej (rejonu skażeń).

Jest to kombinezon jednoczęściowy, przystosowany do współdziałania z ciśnieniową aparaturą oddechową noszoną na zewnątrz. Posiada zintegrowany kaptur oraz obuwie. Rękawy kombinezonu zakończone są sztywnymi mankietami, na które zakłada się mankiety gumowe miękkie oraz rękawice gumowe. Z przodu kombinezonu zamontowane są dwa zawory umożliwiające odpowiednią wentylację wewnętrzną: zawór wlotowy, który można połączyć z aparatem powietrznym oraz zawór wylotowy, przez który zużyte powietrze

---

10. FM 3-11.4



usuwane jest na zewnątrz kombinezonu. Zawór wlotowy połączony jest z zespołem wężyków rozprowadzających powietrze wewnątrz kombinezonu. Kombinezon zapinany jest z przodu od góry w dół na gazoszczelny zamek.

### 3.2.2.2. *Odzież filtracyjna*

Sprawne działanie w odzieży izolacyjnej możliwe jest przez stosunkowo krótki czas, szczególnie przy intensywnym wysiłku fizycznym i w wysokiej temperaturze. Powoduje to uciążliwe ograniczenia w prowadzeniu działań i jest główną przyczyną odwrotu od tego typu odzieży w rozwiązaniach bojowych. Zastosowanie materiałów filtrosorpcyjnych umożliwiło upodobnienie odzieży ochronnej do odzieży bojowej. Warstwa filtrosorpcyjna zapewnia bardzo dobre właściwości ochronne przed parami BST, lecz jej odporność na te środki w postaci cieczy i aerozoli jest znacznie niższa. Polepszenie odporności uzyskuje się poprzez zastosowanie w odzieży warstwy zewnętrznej chroniącej warstwę filtrosorpcyjną przed środkami w postaci cieczy i aerozoli. W filtracyjnej odzieży ochronnej, znakomita większość rozwiązań to ubiory bojowe. Występują również rozwiązania przeznaczone do stosowania przez załogi samolotów i śmigłowców oraz wozów bojowych. Mają one postać kombinezonów lub bielizny ochronnej.

W odzieży bojowej dąży się do jak największego zbliżenia jej cech użytkowych do zwykłego umundurowania - fot. 14 i 15. Z reguły jest to odzież dwuczęściowa składająca się z kurtki ze zintegrowanym kapturem oraz spodni. W ukończeniu z odzieżą stosuje się obuwie ochronne oraz rękawice, wykonane z materiałów izolacyjnych. Najnowsza amerykańska odzież filtracyjna JSLIST (Joint Service Lightweight Integrated Suit Technology) (fot. 14 a, b), wprowadzana jest na wyposażenie wszystkich rodzajów wojsk USA od 1997 r. Zapewnia 24 godzinną ochronę przed skażeniem bojowymi środkami chemicznymi i biologicznymi w postaci ciekłej i gazowej oraz przed cząstkami alfa i beta. Utrzymuje swoje właściwości ochronne po 45 dniach noszenia (120 dni od rozpakowania, bez noszenia), można ją prać 6 razy. Poprzednia odzież amerykańska BDO (Battle Dress Overgarment) zapewniała 24 godzinną ochronę przed parami BST po noszeniu przez 22 dni. W odzieży JSLIST obecnie wykorzystywany jest materiał filtrosorpcyjny SARATOGA™ produkowany przez niemiecką firmę Blücher GmbH. Z materiału tego wytwarzana jest również odzież stosowana w armiach innych państw NATO (np. niemiecka - fot.14 c). Podobną formę posiada również odzież innych znanych producentów - fot. 15.

a)

b)

c)



Fot. 14. Przykłady zagranicznej odzieży filtracyjnej a) amerykańska JSLIST (źródło: materiały Natick SRDE Center), b) amerykańska JSLIST w innym wzorze maskującym, c) odzież niemiecka (źródło: materiały firmy Blücher GmbH)

a)

b)

c)

d)



Fot. 15. Przykłady zagranicznej odzieży filtracyjnej a) brytyjska odzież MkIV (źródło: materiały firmy Remploy Frontline), b) kanadyjska Safeguard 3002-A1 (źródło: materiały firmy Kärcher Futuretech GmbH), c) francuska S3P (źródło: materiały firmy Paul Boye), d) polska FOO-1 (źródło: materiały PSO MASKPOL S.A.)

W celu umożliwienia szybkiego i łatwego nakładania w rozwiązaniach odzieży bojowej stosowane są zapięcia na zamki błyskawiczne oraz typu velcro (rzepy) - fot. 16. Szczególnie istotne jest odpowiednie uszczelnienie połączeń odzieży z maską przeciwgazową, rękawicami i obuwem.

a)

b)



c)



d)



e)



f)



Fot.16. Połączenia elementów odzieży bojowej: a) zapięcie kurtki JSLIST, b) uszczelnienie mankietu kurtki JSLIST, c) zapięcie kaptura odzieży angielskiej, d) zapięcie kaptura odzieży belgijskiej, e) uszczelnienie nogawki odzieży belgijskiej, f) zapięcie kaptura odzieży hiszpańskiej. (źródło: fot: a, b - materiały Natick SRDE Center, fot: c, d, e, f - materiały WICiR)

Będąca na wyposażeniu SZ RP filtracyjna odzież ochronna FOO - fot. 15 d, charakteryzuje się parametrami porównywalnymi z rozwiązaniami światowymi. Jej czas

ochrony dla par BST wynosi min. 24 h, dla aerozoli i kropeł min. 8 h. Zachowuje właściwości ochronne po 30 dniach noszenia w warunkach normalnych (bez skażeń chemicznych) i po 6 cyklach prania. Czas przechowywania w opakowaniu fabrycznym wynosi 15 lat. Obuwie i rękawice ochronne stanowiące ukompletowanie odzieży zapewniają 24 h ochrony przed BST w postaci ciekłej<sup>11, 12, 13</sup>.

### **3.2.2.3. Trendy rozwoju wojskowej odzieży ochronnej**

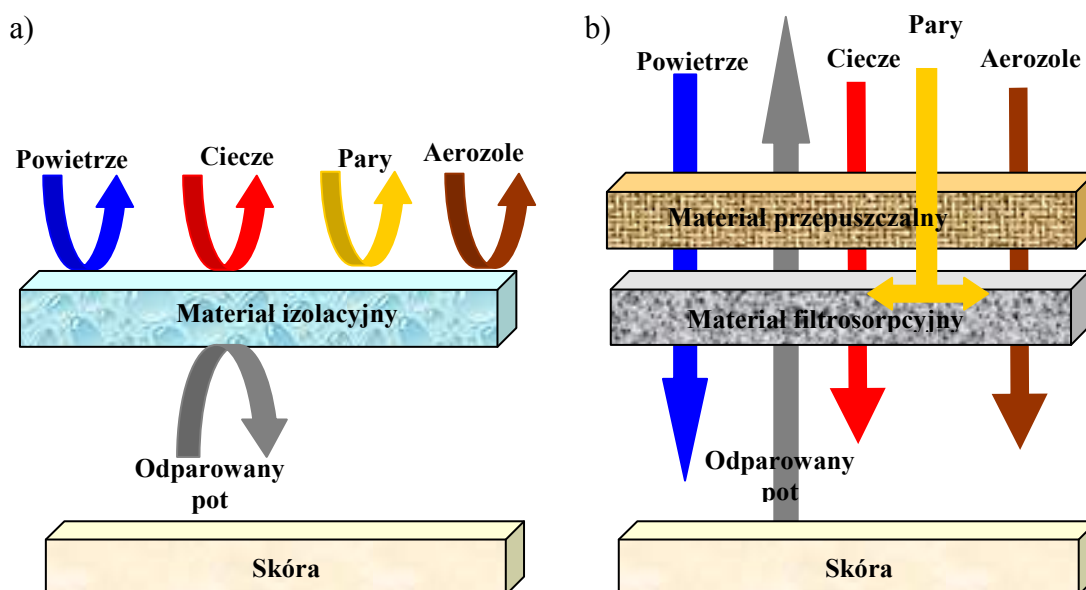
Przedstawiona analiza rozwiązań odzieży ochronnej będącej obecnie na wyposażeniu pozwala stwierdzić, że dziedzina ta podlega ciągłemu rozwojowi. Wynika to z dążenia do zapewnienia ochrony wojsk umożliwiającej ich bezpieczne funkcjonowanie na poziomie efektywności jak najbardziej zbliżonym do normalnego w warunkach zagrożenia użyciem BMR oraz w terenie skażonym. Główne tendencje rozwojowe w zakresie ochrony skóry ukierunkowane są na uzyskanie jak najlepszych właściwości ochronnych i komfortu użytkowania odzieży (zmniejszenie obciążenia fizjologicznego i psychologicznego). Na podstawie dostępnych materiałów można stwierdzić, że wiodącymi w rozwoju i badaniach środków ochrony skóry są kraje wysoko rozwinięte (państwa Europy Zachodniej USA, Japonia, Kanada). Z uwagi na różnorodność i ilość prowadzonych prac oraz największą dostępność informacji o realizowanych pracach badawczo-rozwojowych analizę aktualnych kierunków rozwoju przeprowadzono głównie w oparciu o prace prowadzone w USA.

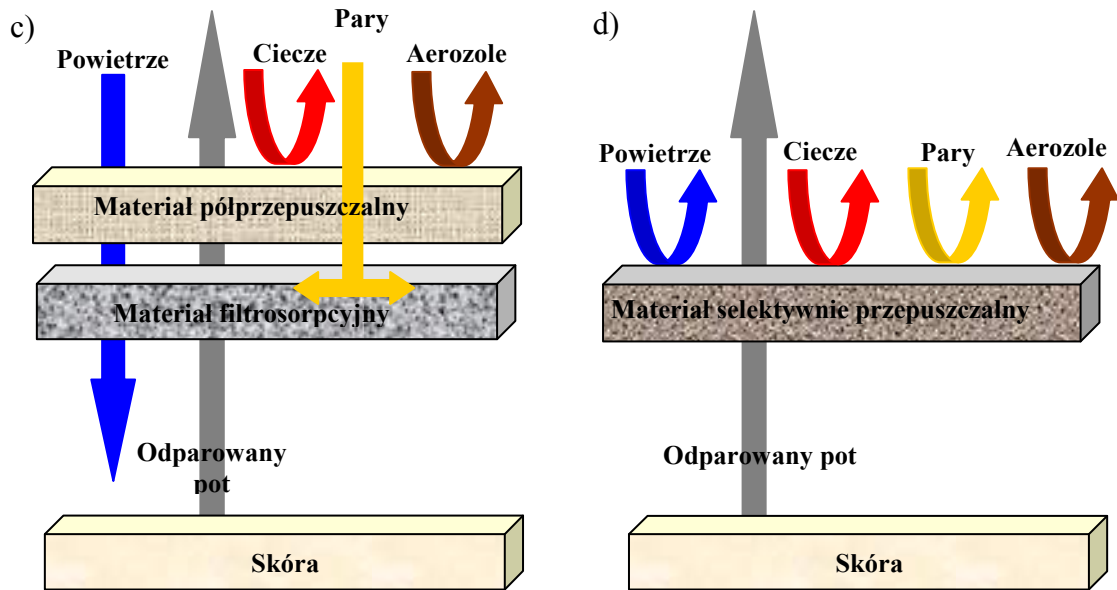
Szereg wymagań stawianych przed współczesną wojskową odzieżą ochronną spowodowane zostało zmianą koncepcji jej wykorzystania z zakładanego krótkotrwale elementu ochronnego, na odzież bojową ze zintegrowanymi właściwościami ochronnymi, która może być noszona przez długi czas. W związku z tym przed materiałami stosowanymi w odzieży ochronnej pojawiły się nowe wymagania. Powinny one zapewniać odpowiednią ochronę przed skażeniami (pożądana 24 h), posiadać odpowiednią odporność na uszkodzenia mechaniczne (rozerwanie, przetarcie). Muszą być elastyczne (nie krępować ruchów) i oddychające (redukcja stresu cieplnego). Pożądane są również właściwości maskujące (kamufaż) podatność na pranie i odkażanie oraz wodo- i ognioodporność. W kontakcie ze skórą nie mogą wywoływać uczuleń, istotny jest długi okres użytkowania w warunkach polowych oraz przechowywania w stanie zapakowanym. Ponadto nie powinny być drogie w produkcji.

- 
11. Majewski K., Nyszko G., Wertejuk Z.i współautorzy: Sprawozdanie z badań kwalifikacyjnych prototypów filtracyjnej odzieży ochronnej – Sygn. WICHiR ONIW nr 649/2000
  12. Majewski K., Nyszko G., Wertejuk Z.i współautorzy: Sprawozdanie z badań sprawdzających filtracyjnej odzieży ochronnej – Sygn. WICHiR ONIW nr 709/2001
  13. Majewski K., Nyszko G., Wertejuk Z.i współautorzy: Sprawozdanie z badań filtracyjnej odzieży ochronnej dla potrzeb certyfikacji na zgodność z WT – Sygn. WICHiR ONIW nr 997/2004

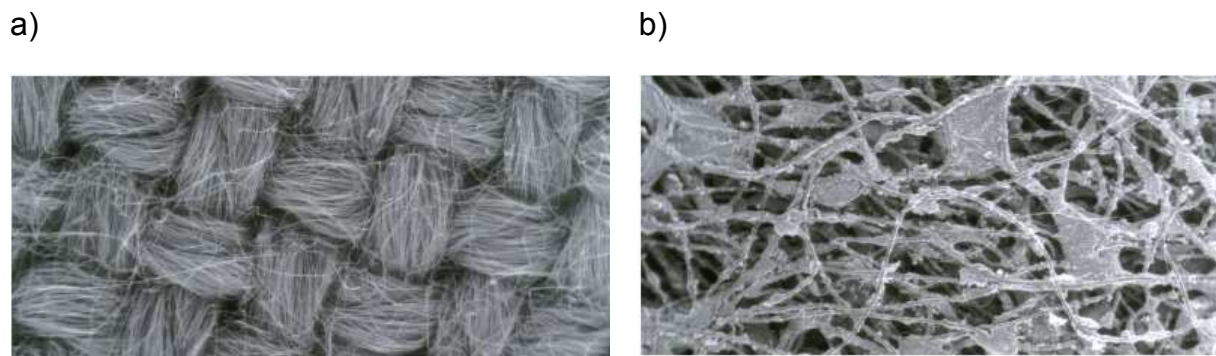
Generalnie należy stwierdzić, że materiały nieprzepuszczalne zapewniają pełniejszą ochronę przed środkami chemicznymi i biologicznymi w różnej postaci - rys. 17 a. Jednak nieprzepuszczalna bariera zatrzymując wewnątrz wilgoć odparowaną przez skórę jest przyczyną stresu cieplnego. W celu umożliwienia naturalnego chłodzenia organizmu w wojskowej odzieży ochronnej zaczęto stosować materiały przepuszczalne (filtrosorpcyjne). Odzież tego typu zbudowana jest z kilku warstw (rys. 17 b). Warstwa filtrosorpcyjna (wykonana z materiału zawierającego węgiel aktywny) pozwala na uwolnienie odparowanego potu i zapewnia ochronę przed środkami toksycznymi. O ile w przypadku par ochrona ta jest skuteczna to czas ochrony dla środków bojowych w postaci aerozoli i cieczy jest znacznie krótszy. Znaczącą poprawę właściwości ochronnych uzyskuje się dzięki połączeniu warstwy filtrosorpcyjnej z warstwą półprzepuszczalną (rys. 17 c). Działa ona jak bariera dla cieczy i aerozoli, chroniąc przed nimi warstwę filtrosorpcyjną, umożliwiając jednocześnie wymianę gazową (wydostawanie się potu na zewnątrz). Zewnętrzny materiał półprzepuszczalny zapewnia również ochronę przed materiałami ropopochodnymi w postaci ciekłej, nadawane są mu także właściwości wodo- i ogniodoporne.

Warstwa filtracyjna oparta jest na wykorzystaniu węgla aktywnego. Materiał ten wykonywany jest w różnych postaciach. Początkowo były to pianki poliuretanowe nasycane węglem aktywnym w postaci proszku. Rozwiązania te nie były zbyt udane gdyż warstwa ta była dosyć gruba i proszek węglowy uwalniał się z niej brudząc noszącego. Postęp w technologii materiałów z węglem aktywnym umożliwił udoskonalenie materiałów piankowych oraz zastosowanie innych rozwiązań. Obecnie stosowane są również materiały w postaci tkanin (fot. 18 a), włóknin (fot. 18 b) oraz z absorberem w postaci kulek (fot. 19) - materiał SARATOGA™ produkowany przez niemiecką firmę Blücher.



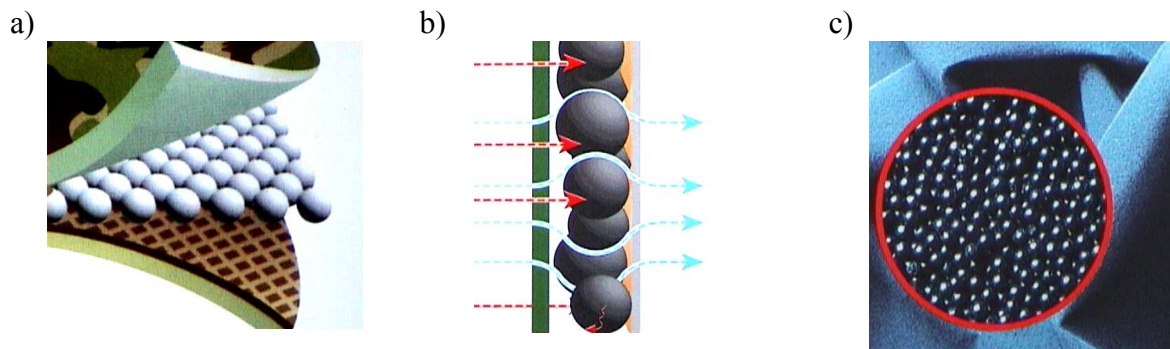


Rys. 17. Zasada działania poszczególnych rodzajów odzieży ochronnej: a) odzież izolacyjna, b) odzież filtracyjna-przepuszczalna, c) odzież filtracyjna-półprzepuszczalna, d) odzież selektywnie przepuszczalna (źródło: opracowanie własne).



Fot. 18. Materiały z węglem aktywnym: tkaninowy (a) i włókninowy (b),  
(źródło: materiały informacyjne firmy Kärcher).

W materiale tym węgiel aktywny wykonany jest w formie sfer z twardą powłoką umieszczonych równomiernie na tkaninie nośnej – fot. 19. Według danych producenta gęstość powierzchniowa węgla w tym materiale wynosi od 180 do 220 g/m<sup>2</sup>, co zapewnia najwyższą pojemność sorpcyjną spośród materiałów dostępnych na rynku. Ponad 85 % powierzchni sfer jest dostępne dla zewnętrznej (toksycznej) atmosfery. Materiał ten posiada również bardzo dobre właściwości mechaniczne.



Fot. 19. Materiał SARATOGA™. Przedstawiono schemat ułożenia warstw materiału – fot. a, b  
oraz widok materiału z naniesioną warstwą sferycznego węgla aktywnego – fot. c,  
(źródło: materiały informacyjne firmy Blücher).

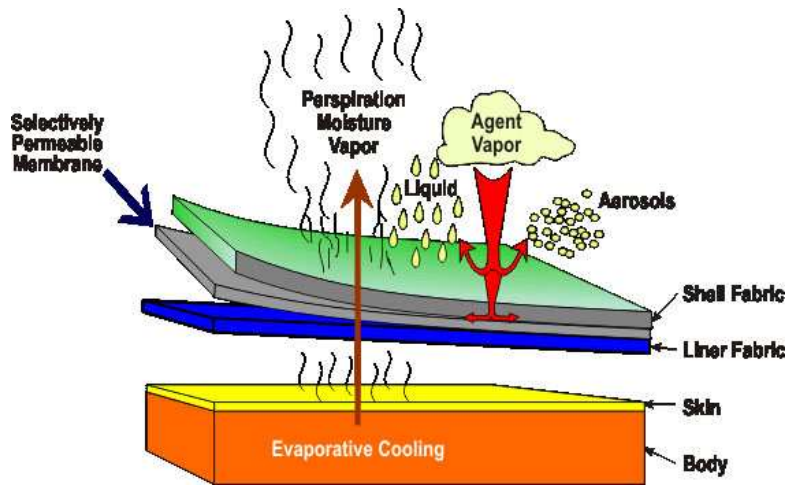
Istotną wadą materiałów z węglem aktywnym jest ograniczenie czasu użytkowania odzieży w terenie nieskażonym gdyż węgiel aktywny absorbuje pot oraz wszelkie zanieczyszczenia z powietrza, z którymi mogą stykać się żołnierze, takie jak spaliny czy dym. Problemem jest również ich odkażanie, gdyż nie można usunąć środków toksycznych zaadsorbowanych w porach węgla aktywnego. Środki te po pewnym czasie (zwłaszcza w podwyższonej temperaturze) mogą być uwalniane do otoczenia. Dlatego też z reguły nie

przewiduje się odkażania odzieży tego typu. Odzież ta posiada także dosyć dużą masę oraz objętość w stanie zapakowanym.

W celu wyeliminowania wymienionych wad materiały z węglem aktywnym są ciągle udoskonalane. Właściwości materiału SARATOGA wpływają na bardzo szybką i równomierną adsorpcję bez tendencji do desorpcji nawet w podwyższonej temperaturze. Prowadzone są prace nad modyfikacją materiałów z węglem aktywnym. Materiał LANX, firmy Xymid LLC, bazuje na polimerycznie obudowanym węglu aktywnym, co zapobiega wchłanianiu potu oraz polepsza właściwości adsorpcyjne. Materiał jest bardzo jednorodny, wytrzymały, bardzo istotną zaletą jest jego rozciągliwość.

Polepszenia własności ochronnych upatruje się w również w zastosowaniu nowych materiałów, dlatego w ostatnich latach obserwuje się intensywne prace nad membranami selektywnie przepuszczalnymi rys. 4.27 d. Są one przepuszczalne tylko od środka na zewnątrz, pozwalają na wydostawanie się pary wodnej, lecz uniemożliwiają penetrację gazów, cieczy i aerozoli do wnętrza odzieży. Wykorzystane tu mogą być osiągnięcia nanotechnologii - materiały z ultracienkich włókien (o wymiarach rzędu nanometrów). Jednak jak dotąd materiały uzyskiwane w tej technologii nie mają odpowiednich właściwości wytrzymałościowych, dlatego mogą być również stosowane w układach wielowarstwowych, jako warstwa wewnętrzna połączona z warstwami wykonanymi z innych materiałów (fot. 4.30). Oprócz polepszenia właściwości ochronnych przewiduje się, że odzież wykonana z takich materiałów powinna być lżejsza o połowę od opartej na węglu aktywnym oraz zajmować o połowę mniejszą objętość w stanie zapakowanym. Można powiedzieć, że materiały selektywnie przepuszczalne stanowią połączenie idei materiałów izolacyjnych - uniemożliwiają penetrację czynników szkodliwych z zewnątrz, oraz przepuszczalnych - pozwalając na wydostawanie się na zewnątrz odparowanego potu. Prace nad membranami selektywnie przepuszczalnymi prowadzone są między innymi w firmach W.L. Gore & Assoc. w USA i Texplorer w Niemczech (technologia Spiratec). Amerykańską odzież AP-PPE (All Purpose-Personal Protective Ensemble) wykonaną w tej technologii przedstawiono na fot. 4.31. Jest to odzież jednoczęściowa, charakteryzująca się zwiększoną odpornością na skażenia w postaci cieczy i aerozoli oraz substancje ropopochodne.



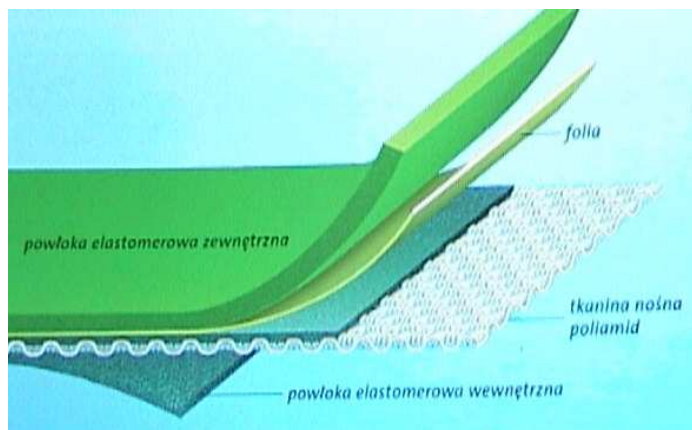


Fot. 4.30. Schemat ukazujący właściwości wielowarstwowego materiału na odzież ochronną z wykorzystaniem membrany selektywnie przepuszczalnej (źródło materiały informacyjne USArmy Natick Soldier Research, Development & Engineering Center).



Fot. 4.31. Odzież AP-PPE, wersja ze zintegrowanym kapturem, (źródło materiały informacyjne USArmy Natick Soldier Research, Development & Engineering Center).

W dziedzinie izolacyjnej odzieży ochronnej także prowadzone są prace zmierzające do polepszenia właściwości ochronnych i komfortu użytkowania. Opracowywane są nowe materiały wielowarstwowe powlekane warstwami ochronnymi (np. elastomerami – stosowane w ubraniu ochronnym Vautex Elite S – (fot. 4.32). Dąży się również do wykorzystania lekkich materiałów izolacyjnych o bardzo dobrych właściwościach ochronnych np. Tyvek® firmy DuPont.



Fot. 4.32. Wielowarstwowy materiał izolacyjny Vautex Elite z powłokami elastomerowymi (źródło materiały informacyjne firmy MSA AUER GmbH).

Niezależnie od rodzaju używanego materiału w projektowaniu odzieży ochronnej wspólnym problemem jest zapewnienie szczelności zamków, oraz połączeń poszczególnych elementów ze sobą (kurtka, spodnie, maska, obuwie, rękawice). Rozwiązaniem części problemów jest stosowanie odzieży jednoczęściowej zamiast dwuczęściowej, jednak stwarza to więcej trudności z zakładaniem i odpowiednim dopasowaniem. Przykład nowego amerykańskiego rozwiązania uszczelnienia połączenia odzieży z maską przedstawiono na fot. 4.33.



Fot. 4.33. Opracowane w ramach programu JSLIST nowy wariant uszczelnienia odzieży z maską zapewniający większą swobodę ruchów (źródło: Proodian S. Novel Closures & Interfaces for Chemical-Biological Clothing, materiały konferencji Chemical Biological Individual Protection, Charleston USA 2006).

## Systemy chłodzące

W celu zapewnienia odpowiedniego komfortu cieplnego prowadzone są również prace<sup>14</sup>,<sup>15</sup> nad systemami chłodzącymi, które mogą być stosowane zarówno w odzieży izolacyjnej jak i przepuszczalnej. Ponieważ w odzieży ochronnej (szczególnie typu izolacyjnego) chłodzenie organizmu w naturalny sposób jest utrudnione w celu zwiększenia komfortu użytkownika i przedłużenia czasu noszenia odzieży stosuje się specjalne urządzenia zapewniające chłodzenie ciała pod odzieżą tzw. indywidualne systemy chłodzące lub systemy utrzymywania mikroklimatu. Stosowane są tu różne rozwiązania – od kamizelek mieszczących wymienne wkłady chłodzące, wdmuchiwanie filtrowanego powietrza pod odzież do urządzeń z obiegiem cieczy chłodzącej.

Przykładem kamizelki z wymiennymi wkładami chłodzącymi jest przedstawione na fot. 4.34. rozwiązanie stosowane w Marynarce USA.



Fot. 4.34. Kamizelka z wkładami chłodzącymi wykorzystywana w US Navy.  
(źródło: Teal W.: Microclimate cooling, materiały konferencji Chemical Biological Individual Protection, Charleston USA 2006)

Wadą takich rozwiązań jest stosunkowo duża masa (4-6 kg) oraz konieczność wymiany wkładów chłodzących, co ok. 2 godziny (oraz ich chłodzenia).

Znacznie dłuższy czas pracy zapewniają urządzenia wdmuchujące pod odzież powietrze. Czas pracy takich przenośnych urządzeń limitowany jest żywotnością baterii zasilającej urządzenie nadmuchowe, natomiast w przypadku urządzeń stosowanych w wozach bojowych jest praktycznie Nielimitowany. Powietrze może być wdmuchiwane do wnętrza odzieży systemem przewodów (rozwiązanie tego typu zastosowano w opracowanej w WICHiR Barrierowej Odzieży Ochronnej) lub dostarczane do kamizelki umożliwiającej jego

<sup>14</sup> Daanen H.: Ergonomics of protective clothing, heat strain and fit. materiały NATO Advanced Research Workshop: Intelligent Textiles for Personal Protection and Safety, Zadar, Chorwacja 2005.

<sup>15</sup> Teal W.: Microclimate cooling, materiały konferencji Chemical Biological Individual Protection, Charleston USA 2006.

rozprowadzenie. Kamizelki przeznaczone do systemów wdmuchiwania powietrza przedstawiono na fot. 4.35.

W systemach z obiegiem cieczy chłodzącej głównymi elementami są moduł chłodzący i obieg cieczy chłodzącej w formie cienkich elastycznych rurek, umieszczonych w ubiorze. Moduł chłodzący oziębia ciecz i tłoczy ją do obiegu gdzie odbiera ona ciepło metaboliczne. Ogrzana ciecz wraca do modułu chłodzącego, w którym odebrane ciepło jest usuwane na zewnątrz. Opracowany w 2001r. Amerykański przenośny system chłodzący PVCS (Portable Vapor Compression Cooling System) przedstawiono na fot. 4.36. Przeznaczony jest on do użycia z izolacyjną odzieżą ochronną. Składa się on z modułu chłodzącego, modułu zasilania oraz ubioru z obiegiem cieczy chłodzącej (kurtka, spodnie, kaptur). Utrzymuje temperaturę cieczy chłodzącej na poziomie 19 – 21 °C.

a)



b)



Fot. 4.35. Kamizelki chłodzące poprzez wdmuchiwanie powietrza: a) rozwiązanie TNO Defence (źródło: materiały NATO Advanced Research Workshop: Intelligent Textiles for Personal Protection and Safety, Zadar, Croatia 2005, b) kamizelka Combat Vehicle Crewman Microclimatic Conditioning Air Vest - dostosowana do podłączenia do systemu nadmuchu klimatyzowanego powietrza w czołgu M1 Abrams (źródło: materiały informacyjne USArmy Natick Soldier Research, Development & Engineering Center)



Fot. 4.36. Amerykański przenośny system chłodzący PVCS (źródło: materiały informacyjne USArmy Natick Soldier Research, Development & Engineering Center).

Czas pracy systemu na zasilaniu bateryjnym wynosi 4 godziny a jego masa ok. 12 kg (w tym moduł chłodzący 4,5 kg, moduł zasilania 5 kg, ubiór 2,7 kg). Obecnie trwają prace nad przystosowaniem tego systemu dla załóg śmigłowców.

Bardziej poręcznym rozwiązaniem także przeznaczonym do użycia z izolacyjną odzieżą ochronną jest Advanced Lightweight Microclimate Cooling System (ALMCS) – fot. 4.37. Jego masa wraz z bateriami wynosi 5kg a objętość 7 dm<sup>3</sup>. Moc chłodząca w temp. otoczenia 35 °C wynosi 230 W przy zużyciu energii elektrycznej 100 W. Czas pracy na zasilaniu bateryjnym 3 godziny.



Fot. 4.37. Amerykański system chłodzący Advanced Lightweight Microclimate Cooling System (źródło: materiały informacyjne USArmy Natick Soldier Research, Development & Engineering Center).

Wśród rozwiązań z obiegiem cieczy chłodzącej można również przedstawić wprowadzoną na wyposażenie w 2004 r., opracowaną w USArmy Natick Soldier RD&E Center, kamizelkę dla załóg śmigłowców i wozów bojowych - Air Warrior Microclimate Cooling Garment (MCG) – fot 4.38 a. Przeprowadzone testy MCG wykazały możliwość trzykrotnego wydłużenia czasu działania załóg śmigłowców (z 1,6 h do 5 h) przy temperaturze otoczenia 38 °C i w założonych środkach ochrony indywidualnej zgodnie z poziomem MOPP4. Masa kamizelki wraz z cieczą chłodzącą wynosi 0,9 kg. Wyposażona jest ona w złącze zapobiegające stratom cieczy chłodzącej (fot 4.38 b) do połączenia z modułami chłodzącymi montowanymi na śmigłowcach - Air Warrior Microclimate Cooling System (AWMCS – fot 4.38 c) i w pojazdach – Vehicle Mounted Personal Cooling System (VMPCS – fot 4.38 d). Moduł chłodzący AWMCS stosowany jest na śmigłowcach CH-47, UH-60, OH-58D oraz w pojeździe inżynieryjnym M9ACE, natomiast moduł VMPCS w pojeździe HMMWV.

a)



b)



c)



d)



Fot. 4.38. Elementy systemu chłodzącego: a) Kamizelka z obiegiem cieczy chłodzącej Air Warrior Microclimate Cooling Garment, b) złącze do połączenia z modułem chłodzącym, c) moduł chłodzący AWMCS, d) kamizelki podłączone do modułu chłodzącego VMPCS. (źródło: materiały informacyjne USArmy Natick Soldier Research, Development & Engineering Center).

Prowadzone są również prace nad mniejszymi (kompaktowymi) modułami chłodzącymi do systemów z obiegiem czynnika chłodzącego, przeznaczonymi do powszechnego zastosowania. Wśród nich można wymienić opracowane w roku 2003 urządzenia firm Foster Miller – fot. 4.39 a oraz Aspen Systems – fot. 4.39 b, a także opracowany w 2006 r. przez firmę Rini Technologies lekki, przenośny system chłodzenia mikroklimatu Warrior Individual Cooling System (WICS) – Fot. 4.39 c. W Natick Soldier Center trwają prace nad jeszcze bardziej zminiaturyzowanym systemem – Future Force Warrior Cooling System (FFW-CS) – fot. 4.39 d. Opracowanie w pełni funkcjonalnego modelu demonstracyjnego planowane jest w połowie 2008 r. System ten może być zastosowany w opracowywanym ubiorze Future Force Warrior.

a)



b)



c)



d)



Fot. 4.39. Kompaktowe indywidualne systemy chłodzące: a) Foster Miller, b) Aspen Systems, c) Rini Technologies d) FFWCS (źródło: materiały informacyjne USArmy Natick Soldier Research, Development & Engineering Center).

Parametry charakteryzujące poszczególne urządzenia zestawiono w tabeli 4.3. Można zauważyć, że przy zachowaniu mocy chłodzącej zmniejszeniu uległy wymiary i masa urządzenia.

Tabela 4.3. Parametry kompaktowych indywidualnych modułów chłodzących (na podstawie materiałów informacyjnych USArmy Natick Soldier Research, Development & Engineering Center)

Parametr	Foster Miller	Aspen Systems	Rini WICS	Technologies	FFWCS
Moc chłodząca [W] (w temp. otoczenia 35 °C);	115	120		120	≥120
Zużycie energii elektrycznej [W] (24V DC)	50	50		poniżej 50;	≤35
Masa [kg] (bez źródła zasilania);	1,8	2,1		1,6	1,6
Objętość [dm <sup>3</sup> ]	2,8	2,9		1,5	1,0

Głównym kierunkiem prac w systemach chłodzących jest wydłużenie czasu pracy na zasilaniu bateryjnym (zmniejszenie zużycia energii) oraz redukcja masy i wymiarów urządzeń z uwagi na fakt, że są one noszone przez użytkownika i powodują jego dodatkowe obciążenie.

W USA prace prowadzone w poszczególnych rodzajach sił połączono w program opracowania lekkiego ubioru chemicznego nowej generacji – Joint Service Lightweight Integrated Suit Technology (JSLIST). W ramach tego programu prowadzone są prace nad kombinezonem, ubiorem bojowym, bielizną, skarpetami, rękawicami i obuwiem uniwersalnym, które w porównaniu do będących obecnie na wyposażeniu mają charakteryzować się lepszymi parametrami ochronnymi, zmniejszonym obciążeniem fizjologicznym oraz większą trwałością. Rękawice i obuwie powinny ponadto umożliwiać wykonywanie zadań wymagających precyzji.

Ubiory JSLIST wprowadzane są na wyposażenie wojsk USA od 1999r. Według dostępnych danych obecnie zapewniają ochronę przed BST przez 24 godz. po użytkowaniu przez 45 dni, podczas gdy dla poprzedniej amerykańskiej odzieży filtracyjnej – ubioru bojowego Battle Dress Overgarment (BDO), opartego na piance poliuretanowej z węglem aktywnym, czas użytkowania wynosił 22 dni. Ubiór JSLIST może być prany (6 razy), jego masa jest mniejsza o 0,5 kg a objętość w stanie zapakowanym jest mniejsza o 60 % w



porównaniu z BDO. Biorąc pod uwagę, że w latach 1999 – 2008 planowano dostarczenie do sił zbrojnych USA ok. 5 mln ubiorów JSLIST są to wielkości znaczące i mają spowodować redukcję kosztów zabezpieczenia logistycznego. Dodatkową zaletą ubioru JSLIST jest jego uniwersalność (technologia ma być wykorzystana we wszystkich rodzajach sił USA) gdyż obecnie na wyposażeniu Armii USA występuje 6 rodzajów ubiorów ochronnych i 6 rodzajów masek, co prowadzi do nadmiernych kosztów i trudności w zaopatrzeniu logistycznym. Aktualnie w technologii JSLIST wykorzystywane są materiały na bazie węgla aktywnego. Po sześciu latach testów spośród wielu przebadanych materiałów wybrano materiał filtracyjny SARATOGA™ produkowany przez niemiecką firmę Blücher we współpracy z amerykańską firmą Tex-Shield. Z materiału SARATOGA™ wykonana jest również polska filtracyjna odzież ochronna FOO, produkowana przez firmę P.S.O. Maskpol.

W ramach tego programu w najbliższych latach prowadzone będą prace nad materiałami barierowymi, filtracyjnymi i selektywnie przepuszczalnymi, umożliwiającymi częściowe lub całkowite odkażenie<sup>16</sup> (w drodze reakcji katalitycznych lub z wykorzystaniem mikrokapsułkowania) - fot. 4.40.



Fot. 4.40. Kierunki prac rozwojowych planowane w USA do 2011 r. (źródło: Ramey T. Individual protection. Science and technology, materiały konferencji Chemical Biological Individual Protection, Charleston USA 2006)

<sup>16</sup> Należy pamiętać, że środki chemiczne i biologiczne potencjalnie mogą zostać ponownie wprowadzone do otoczenia na skutek ruchów osoby w skażonym ubiorze, stwarzając zagrożenie dla osób bez ubiorów ochronnych. Istnieje również zagrożenie dla osób noszących ubrania ochronne podczas procedury ich zdejmowania. Zdrowa skóra stanowi doskonałą barierę dla środków biologicznych, jednak na polu walki istnieje duże prawdopodobieństwo powstania otarć i uszkodzeń, stanowiących drogi dla infekcji biologicznej.

Spodziewane jest osiągnięcie lepszej ochrony przed aerozolami, zwiększenie komfortu użytkowania, trwałości, ognioodporności, podatności na pranie, zmniejszenie obciążenia organizmu, masy i objętości w stanie zapakowanym. Materiały te powinny znaleźć zastosowanie w umundurowaniu bojowym, kombinezonach, bieliźnie, skarpetach, rękawicach i obuwiu.

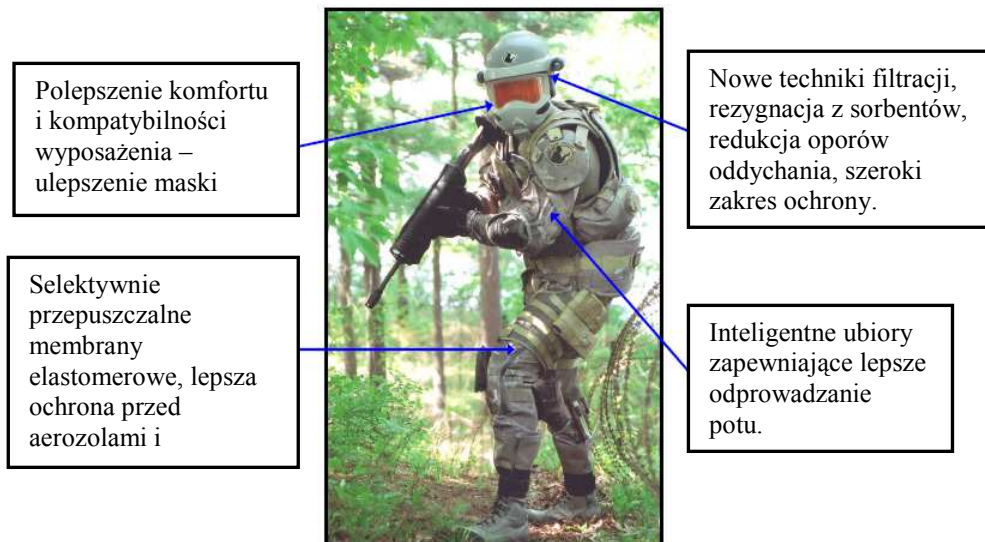
Obiektem zainteresowania są także ubiory ochronne jednorazowego użytku ze względu na niski koszt i małe wymagania logistyczne np. odzież SCALP (Suit Contamination Avoidance Liquid Protection) stosowana do ochrony załóg pojazdów w razie konieczności opuszczenia pojazdu oraz będąca na wyposażeniu namiotów chroniących przed BMR. Testowanie membran z nanowłókien przewiduje się w programie JPACE (Joint Protective AirCrew Ensemble – Ubiór ochronny dla załóg lotniczych). Prowadzone są również prace nad systemami odzieży ochronnej dostosowanymi dla personelu grup usuwania niewybuchów oraz strażaków.

Czas ochrony odzieży w warunkach rzeczywistych zależy jest od występującego stężenia środka bojowego i warunków otoczenia. Czasy ochrony, określane w warunkach laboratoryjnych, badane są dla najwyższych przewidywanych stężeń środków bojowych mogących wystąpić na polu walki<sup>17</sup>. Są więc określane dla najcięższych warunków i przy niższych stężeniach BST odzież powinna chronić przez dłuższy czas. Przewiduje się prowadzenie prac nad opracowaniem zintegrowanych z odzieżą wskaźników informujących o stopniu jej zużycia (podobnie jak w filtropochłaniaczach) w celu efektywniejszego jej wykorzystania, redukcji zabezpieczenia logistycznego i kosztów. Byłby to znaczący postęp wpływający zarówno na polepszenie ochrony żołnierza jak również na wydłużenie czasu użytkowania odzieży ochronnej. Jednak od strony technicznej jest to rozwiązanie bardziej skomplikowane niż w przypadku filtropochłaniaczy gdyż konieczne jest monitorowanie skuteczności ochrony na całej powierzchni odzieży.

Przewidywane do podjęcia po 2012r kierunki prac nad udoskonaleniem ochrony indywidualnej przedstawia fot. 4.41.

---

<sup>17</sup> Patrz: Wartell M., Kleiman M., Huey B., Duffy L.: Strategies to protect the health of deployed U.S. forces: Force protection and decontamination. National Academy Press Washington 1999.



Fot. 4.41 Kierunki prac rozwojowych planowane w USA od 2012 r. (źródło Ramey T. Individual protection. Science and technology, materiały konferencji Chemical Biological Individual Protection, Charleston USA 2006)

W USA rozpoczęto prace koncepcyjne nad umundurowaniem bojowym i wyposażeniem żołnierza przyszłości – Future Force Warrior. W założeniach do roku 2030 przewiduje się opracowanie munduru bojowego, który będzie zapewniał kompleksową ochronę żołnierzy - fot. 4.42<sup>18, 19</sup>.



Fot. 4.42. Przewidywany do opracowania do 2030r mundur bojowy Future Force Warrior - koncepcja (źródło: Decker R.: After milestone C decision - what's next, materiały konferencji Chemical Biological Individual Protection, Charleston USA 2006)

<sup>18</sup> Decker R.: After milestone C decision, what's next? materiały konferencji Chemical Biological Individual Protection, Charleston USA 2006.

<sup>19</sup> Materiały informacyjne USArmy Natick Soldier Research, Development & Engineering Center

Powinien on mieć zdolność samoodkażania, a oprócz ochrony przed BMR ma chronić również przed odłamkami, płomieniami, czynnikami środowiskowymi (chłód, upał, opady). Planowane jest, że będzie miał on warstwę zewnętrzną o zmiennym ubarwieniu dostosowującym się do otoczenia a na wizjerze hełmu będą wyświetlane informacje o koncentracji środków chemicznych i biologicznych w terenie. Monitorowane będą również funkcje życiowe organizmu (temperatura skóry, tętno, ciśnienie), stan nawodnienia organizmu oraz poziom stresu, co pozwoli na bieżącą ocenę zdolności bojowej żołnierza.

#### 4.2.3. NOSZE OCHRONNE DLA RANNYCH

Powszechnie stosowane maski i odzież ochronna wymagają dobrego dopasowania do ciała i nie są przeznaczone do zapewnienia ochrony rannym, szczególnie w przypadku rozległych ran. W celu zapewnienia odpowiedniej ochrony w razie konieczności transportowania pacjenta w warunkach skażeń stosowane są nosze (pojemniki, worki) ochronne dla rannych. Środki tego typu wyposażone są w przezroczyste wizjery, umożliwiające kontrolę stanu i kontakt wzrokowy z pacjentem.

Rozwiązania amerykańskie przedstawiono na fot. 4.43 a, b, c. Worek dla rannych (fot. 4.43 a) przeznaczony jest do stosowania wraz z oddzielnymi noszami, lecz posiada również uchwyty umożliwiające przeniesienie umieszczonego w nim pacjenta bez noszy. Jest to worek jednorazowy, wykonany z materiału filtracyjnego, zapewnia ochronę przez 6 godzin, a jego masa wynosi 2,7 kg. Nie posiada urządzenia nadmuchowego. W celu podniesienia wizjera tak, aby nie spoczywał na twarzy pacjenta stosowane są w nim wkładki dystansowe. Natomiast nosze firmy GENTEX (fot. 4.43 b, c) posiadają stelaż utrzymujący powłokę ochronną na odpowiedniej wysokości nad pacjentem. Posiadają one trzy wizjery oraz sześć otworów manipulacyjnych (ze zintegrowanymi rękawicami) umożliwiających wykonywanie zabiegów medycznych na pacjencie znajdującym się wewnątrz. Jest to rozwiązanie szczególnie przydatne, gdy mamy do czynienia ze skażonym pacjentem, gdyż zabezpiecza personel medyczny przed bezpośrednim kontaktem. Ponadto wyposażone są we własne urządzenie filtrowentylacyjne. Podobne rozwiązanie zastosowano w worku dla rannych EUROLITE NBC Nursing Bag, austriackiej firmy GOETZLOFF (fot. 4.43 d). Wyposażony jest również w trzy wizjery oraz sześć otworów manipulacyjnych (ze zintegrowanymi rękawicami) umożliwiających wykonywanie zabiegów medycznych na pacjencie znajdującym się wewnątrz, bez otwierania worka. Ponadto posiada on zawór do podłączania urządzenia nadmuchowego.

W SZ RP brak jest środków tego typu.

a)



b)



c)



d)



Fot. 4.43. Pojemniki do ewakuacji rannych: a) pojemnik amerykański (źródło: materiały informacyjne USArmy Natick Soldier Research, Development & Engineering Center), b), c) amerykańskie nosze Casualty Care System firmy Gentex (źródło: materiały Gentex Corporation), d) EUROLITE NBC Nursing Bag, austriackiej firmy GOETZLOFF (źródło: materiały GOETZLOFF GmbH).

**Literatura**

1. AAP-21(A), *Słownik terminów i definicji NATO dotyczących obrony przed bronią masowego rażenia*, listopad 2004;
2. AAP-6(2005), *Słownik terminów i definicji NATO*, luty 2005;
3. AJP-3.8., *Allied Joint Doctrine for NBC Defence*, wprowadzona stanagiem 2451 (Edycja 3), luty 2004;
4. ATP-3.8.1 vol. 2 - *Specialist NBC Defence capabilities*, wprowadzona stanagiem 2522 (Edycja 1), maj 2005;
5. ATP-59 - *Doctrine for the Nuclear, Biological and Chemical Defence of NATO Forces*, wprowadzona stanagiem 2451 (Edycja 2);
6. Chem. 396/2004 – *Obrona przed bronią masowego rażenia w operacjach połączonych (DD/3.8)*. MON SGWP;
7. FM 3-11.4 - *Multiservice tactics, techniques and procedures for nuclear, biological and chemical (NBC) protection*, Wyd. 2003;
8. Instrukcja - Filtracyjna Odzież Ochronna Instrukcja użytkownika, PSO Maskpol S.A.
9. NO-01-A006:2003 - *Obrona przed bronią masowego rażenia. Terminologia*;
10. PN-ISO 3801:1993 Tekstylnia - *Tkaniny - Wyznaczanie masy liniowej i powierzchniowej*;
11. PN-EN ISO 9237:1998 Tekstylnia - *Wyznaczanie przepuszczalności powietrza wyrobów włókienniczych*;
12. PN-EN ISO 13934-1:2002 Tekstylnia - *Właściwości płaskich wyrobów przy rozciąganiu - cz. 1: Wyznaczanie maksymalnej siły i wydłużenia względnego przy maksymalnej sile metodą paska*;
13. PN-EN ISO 13937-2:2002 Tekstylnia - *Metody badania rozdierania płaskich wyrobów - cz. 2: Wyznaczanie siły rozdierania próbek roboczych w kształcie spodni (metoda pojedynczego rozdierania)*;
14. PN-V-01010 *Środki ochrony skóry - Wojskowa odzież ochronna – Terminologia*;
15. Stanag 2150 (Edycja 7) - *NATO Standards of Proficiency for NBC Defence*, październik 2002;
16. Stanag 2333 (Edycja 4) - *Performance and protective properties of combat clothing*, listopad 1992;
17. Stanag 2352 (Edycja 5) - *Nuclear, Biological and Chemical (NBC) Defence Equipment – Operational Guidelines*, wrzesień 2005;
18. Stanag 2353 (Edycja 5) - *Evaluation of NBC Defence Capability*, marzec 2000;
19. Stanag 2429 (Edycja 3) - *Personnel identification while in NBC individual protective equipment (IPE)*, grudzień 2005;
20. Stanag 2499 (Edycja 1) - ATP-65 - *The effect of wearing NBC individual protection equipment on individual and unit performance during military operations*, październik 2004;
21. Stanag 2515 (Study) - ATP-70 - *Collective protection in a nuclear, chemical and biological environment*, luty 2005;
22. Stanag 2516 NBC (Edycja 1) – *Graduated toxic industrial materials threat levels and associated protection*, marzec 2005;
23. Stanag 2909 NBC (Edycja 1) – *Commanders guidance on defensive measures against toxic industrial chemicals (TIC)*, luty 2002;

24. Stanag 2909 CBRN (Edycja 2, Ratification Draft 1) – *Commanders' guidance on defensive measures against toxic industrial chemicals (TIC)*, czerwiec 2006;
25. Stanag 2941 (Edycja 2) - *Guidelines for air and ground personel using fixed and transportable collective protection facilities on land*, czerwiec 1992;
26. Stanag 2984 (Edycja 5) - *Graduated levels of NBC threat and associated protection*, marzec 2001;
27. Stanag 2984 (Edycja 6) Ratification Draft - *Graduated levels of chemical, biological, radiological and nuclear threats and associated protective measures*, wrzesień 2006;
28. Stanag 4475 (Edycja 1- Ratification Draft) - *Interoperability criteria for mask drinking systems (MDS)*, wrzesień 2003;
29. Harmata W., Nyszko G. [et al.], *Ekspertyza naukowo – techniczna w zakresie wymagania długoterminowego – EG 4405. Udoskonalone środki ochrony przed bronią masowego rażenia (NBC)*, Sygn. WICHiR – ONIW – 837/2002;
30. Harmata W., Szmigielski R., *Wojskowa Analiza Taktyczno – Techniczna i Ekonomiczna „Typoszereg filtropochłaniaczy do ochrony zbiorowej z uwzględnieniem zagrożeń chemicznych i biologicznych”*, Sygn. wewn. WICHiR-ONIW-939/2003;
31. Harmata W., [et.al], *Sprawozdanie z badań kwalifikacyjnych: Typoszereg filtropochłaniaczy do ochrony zbiorowej z uwzględnieniem zagrożeń chemicznych i biologicznych - „OBOL”*, WICHiR, Warszawa 2006;
32. *Janes' Nuclear, Biological and Chemical Defence*, Edited by John Eldridge; 19 Edition, 2006-2009;
33. Jemioło T., [et al.], *Broń masowego rażenia w świetle prawa międzynarodowego. Wybrane problemy*, AON, Warszawa 2004;
34. Małecki M., [et al.], *Praca analityczno-badawcza „Obrona przed bronią masowego rażenia. Wpływ indywidualnych środków ochrony przed skażeniami na zdolność bojową żołnierzy”* MON, WCNJiK Warszawa 2005;
35. Majewski K., [et al.], *Metodyka badań materiałów filtrosorpcyjnych* „ WICHiR sygn. wewn. 674/1983;
36. Majewski K., [et al.], *Sprawozdanie z badań kwalifikacyjnych prototypów filtracyjnej odzieży ochronnej* – Sygn. WICHiR ONIW nr 649/2000;
37. Majewski K., [et al.], *Sprawozdanie z badań sprawdzających filtracyjnej odzieży ochronnej* – Sygn. WICHiR ONIW nr 709/2001;
38. Majewski K., [et al.], *Sprawozdanie z realizacji projektu celowego pt. „Lekka izolacyjna odzież ochronna”* – Sygn. WICHiR ONIW nr 996/2004;
39. Majewski K., [et al.], *Sprawozdanie z badań filtracyjnej odzieży ochronnej dla potrzeb certyfikacji na zgodność z WT* – Sygn. WICHiR ONIW nr 997/2004;
40. Majewski K., [et al.], *Sprawozdanie z badań kwalifikacyjnych partii prototypowej lekkiej izolacyjnej odzieży ochronnej* – Sygn. WICHiR ONIW nr 1016/2004;
41. Nyszko G., [et al.], *Sprawozdanie z realizacji projektu celowego pt.: „Izolacyjna odzież ochronna nowej generacji”* – Sygn. WICHiR ONIW nr 824/2002;
42. Nyszko G., [et al.], *Sprawozdanie z badań wstępnych elementów prototypowych wyposażenia oraz systemu ochrony zbiorowej* – Sygn. WICHiR ONIW nr 854/2002;
43. Nyszko G., [et al.], *Sprawozdanie z badań kwalifikacyjnych partii prototypowej zestawu urządzeń filtrowentylacyjnych i systemu ochrony zbiorowej typu lekkiego (namioty)* – Sygn. WICHiR ONIW nr 904/2003.

44. Nyszko G., [et al.], *Sprawozdanie z badań kwalifikacyjnych partii prototypowej izolacyjnej odzieży ochronnej nowej generacji* – Sygn. WICHiR ONIW nr 864/2002;
45. Nyszko G., [et al.], *Sprawozdanie z badań partii produkcyjnej odzieży ochronnej dwuczęściowej L-1 M/MW dla potrzeb certyfikacji na zgodność z WT* – Sygn. WICHiR ONIW nr 890/2003;
46. Nyszko G., [et al.], *Warunki techniczne na wykonanie i odbiór prototypu systemu ochrony zbiorowej typu lekkiego (namioty)* – Sygn. WICHiR ONIW nr 844/2002;
47. Palijczuk D., *System rozpoznania skażeń promieniotwórczych wojsk lądowych w aspekcie wymagań NATO*, rozprawa doktorska, AON, Warszawa 2001;
48. Smok W., Harmata W., *Kontrola biologiczna skuteczności odkażania*, WAM, Łódź 1989;
49. Textbook of Military Medicine: *Medical aspects of chemical and biological warfare* Published by the Office of The Surgeon General Department of the Army, United States of America 1997;
50. Wartell M., [et al.], *Strategies to protect the health of deployed U.S. forces: Force protection and decontamination*, National Academy Press Washington 1999;
51. Boguszewska M., [et al.], *Ocena izolującej odzieży ochronnej z punktu widzenia higieny wojskowej*, cz. I i II. Rocznik WIHE 2/1962;
52. Kubiszyn J., Harmata W., Wertejuk Z., *Biologiczna metoda badania skuteczności odkażania umundurowania skażonego iperytem siarkowym*, Biuletyn Informacyjny WICHiR nr 1(18)/91 s. 97-106;
53. Kucharska H., Harmata W., *Analiza rozwiązań w dziedzinie ochrony układu oddechowego przed oddziaływaniem aerozoli biologicznych – rozwiązania praktyczne, metody sprawdzeń*. Biuletyn Informacyjny WICHiR 1/36/2006;
54. Śladkowski S., Harmata W., *Promieniowanie jonizujące. Aspekty fizyczne i wybrane problemy zagrożeń radiacyjnych*, AON, Warszawa 2003, s. 5-33;
55. Widetscheck O., *Fizjologiczne aspekty przy użyciu odzieży ochronnej przed chemikaliami*, Brandschutz/Deutsche Feuerwehr Zeitung 9/1987;
56. Blewett W., *Collective protection: How it has evolved*, Materiały National Defense Industrial Association Collective Protection Conference, Monterey, USA 2005;
57. Bockosh G., *New Sensor Technology Development for Personal Protective Equipment*, Materiały NATO Advanced Research Workshop: Intelligent Textiles for Personal Protection and Safety, Zadar, Chorwacja 2005;
58. Boruch M., *Joint expeditionary collective protection (JECP)*, Materiały National Defense Industrial Association Collective Protection Conference, Monterey 2005;
59. Chambers P., *Structural CB closures for collective protection shelters*, Materiały konferencji NBC Defense Collective Protection, Orlando USA 2002;
60. Christian J., *Allied Engineering Publication (AEP) -54 Overview*, Materiały National Defense Industrial Association Collective Protection Conference, Monterey, USA 2005;
61. Daanen H., *Ergonomics of protective clothing, heat strain and fit*, Materiały NATO Advanced Research Workshop: Intelligent Textiles for Personal Protection and Safety, Zadar, Chorwacja 2005;
62. Decker R., *After milestone C decision, what's next?*, Materiały konferencji Chemical Biological Individual Protection, Charleston USA 2006;
63. Fedder G., *New Receptor Materials and Devices for Integrated Chemical Detection*, Materiały NATO Advanced Research Workshop: Intelligent Textiles for Personal Protection and Safety, Zadar, Chorwacja 2005;



64. Greib R., *Modular Air Revitalization System (MARS)*, Materiały National Defense Industrial Association Collective Protection Conference, Monterey, USA 2005;
65. Harmata W., *Terroryzm biologiczny i jądrowy*, Komunikat naukowy na konferencję „Terroryzm, a broń masowego rażenia (diagnoza, poglądy, wnioski), AON, Warszawa 2003;
66. Jarvis Ch. [et.al.], *A new joining/fabrication technique for collective protection the Duraseal™ seam*, materiały konferencji NBC Defense Collective Protection, Orlando USA 2002;
67. Johnson R., *Status of CATOX technology for collective protection*, Materiały National Defense Industrial Association Collective Protection Conference, Monterey, USA 2005;
68. McCullough R., *Chemical Sensing Using Conducting Polymers: Field Effect Transistor and Chemiresistors*, Materiały NATO Advanced Research Workshop: Intelligent Textiles for Personal Protection and Safety, Zadar, Chorwacja 2005;
69. Pietrzykowski M., [et al.], *Środki indywidualnej i zbiorowej ochrony układu oddechowego*, Materiały z Konferencji naukowej „Problemy użycia broni masowego rażenia. Ochrona i leczenie”, CSK WAM, WICHiR, Warszawa 2002;
70. Proodian S., *Novel Closures & Interfaces for Chemical-Biological Clothing*, Materiały konferencji Chemical Biological Individual Protection, Charleston USA 2006;
71. Snyder J., [et al.], *New Sensor Technology Development and Integration for End of Service Life*, Materiały NATO Advanced Research Workshop: Intelligent Textiles for Personal Protection and Safety, Zadar, Chorwacja 2005;
72. Śladkowski S., *Terroryzm BMR*, Zeszyty Naukowe, Wydanie specjalne, Terroryzm chemiczny i biologiczny - działania wojsk i instytucji pozamilitarnych w sytuacjach kryzysowych, Wrocław - Szklarska Poręba 2002;
73. Teal W., *Microclimate cooling*, materiały konferencji Chemical Biological Individual Protection, Charleston USA 2006;
74. Thedford D., Department of Defense, *Chemical and Biological Defense Program*, Materiały National Defense Industrial Association Collective Protection Conference, Monterey, USA 2005;
75. Verge A. S.: *Rapidly deployable structures in collective protection systems*, Materiały konferencji NBC Defense Collective Protection, Orlando USA 2002;
76. Zabielski S., Owczarek W., *Zmiany skórne i ich leczenie po zastosowaniu bojowych środków trujących*, Materiały z Konferencji naukowej „Problemy użycia broni masowego rażenia. Ochrona i leczenie”, CSK WAM, WICHiR, Warszawa 2002r.;
77. Materiały firmy Alfred Kärcher GmbH & Co (Kärcher Futuretech GmbH);
78. Materiały firmy Blücher GmbH;
79. materiały firmy Dräger;
80. Materiały firmy EGO Zlín;
81. Materiały firmy Environics Oy.
82. [Materiały firmy GOETZLOFF GmbH;](#)
83. Materiały firmy Hunter Manufacturing Company;
84. materiały firmy Kinetics;
85. materiały firmy MDH Demence;
86. Materiały firmy Milagro Powlekania Sp. z o.o.;
87. Materiały firmy Paul Boye;

88. Materiały firmy Remploy Frontline;
89. Materiały firmy Trelleborg Protective Products AB;
90. Materiały firmy UTILIS S.A.S;
91. Materiały informacyjne USArmy Natick Soldier Research, Development & Engineering Center;
92. Marcinko M.: *Terroryzm nuklearny - realne zagrożenie czy political fiction?*  
<http://psz.pl/content/view/>;
93. Emergency Response Guidebook (ERG) - [www.tc.gc.ca/canutec](http://www.tc.gc.ca/canutec);
94. The European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road (ADR), [http://www.unece.org/trans/danger/publi/adr/adr\\_e.html](http://www.unece.org/trans/danger/publi/adr/adr_e.html);
95. Materiały Program Executive Office Soldier - <http://peosoldier.army.mil>;
96. Materiały OPCW: CW protective equipment – an overview of respiratory and body protection, FOA briefing book on chemical weapons – <http://www.opcw.org/>.

**Recenzenci:**

**prof. dr hab. inż. S. Śladkowski**  
**prof. dr hab. inż. S. Kłosowicz**