

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. I<sup>1</sup>**

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

#### **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 przeciwigazowych 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> Strony w druku: 123-138; pages in print: 123-138.

## Wprowadzenie

Pomimo podpisania i ratyfikowania, przez większość państw świata, Konwencji dotyczących zakazu stosowania broni chemicznej i biologicznej istnieje duże prawdopodobieństwo ich użycia w konfliktach lokalnych oraz przez terrorystów<sup>2,3</sup>. Przykładem może być użycie broni chemicznej podczas wojny iracko-irańskiej oraz w czasie konfliktu w Czeczenii. Wiadomym jest, że broń biologiczna była używana przykładowo podczas konfliktu Irackiego przeciwko Kurdom.

Terrorystyczne użycie broni chemicznej i biologicznej miało miejsce w latach 1993 – 1995, gdy członkowie „Najwyższej Prawdy” używali w Japonii sarin oraz toksynę botulinową. W październiku 1992 roku przywódca sekty „Najwyższa Prawda”, Shoko Asahara, wraz ze swymi 40 zwolennikami udał się do Zairu pod pretekstem niesienia pomocy ofiarom wirusa Ebola. Jednakże, zgodnie z raportem U.S. Senate's Permanent Subcommittee on Investigations (Stałego Podkomitetu Śledczego Senatu Stanów Zjednoczonych) z 31 października 1995 roku, najprawdopodobniej faktycznym celem grupy było zdobycie próbek wirusa, jego hodowla, a następnie użycie go jako śmiertelnej broni biologicznej.

Prowadzone są tajne prace nad nowymi generacjami broni chemicznej. Przykładem może być rycyna. Uzyskuje się ją z odpadów nasion rącznika pospolitego (*Ricinus communis*, rodzina *Euphorbiaceae*), z których wyłacza się olej rycynowy (zawartość w nasionach wynosi 1 do 5%).

Kilkanaście państw, w tym wszyscy członkowie tworzący nieoficjalny „klub nuklearny” (USA, Rosja, Chiny, Anglia, Francja), ratyfikowało w 1970 roku Traktat o Nierozprzestrzenianiu Broni Jądrowej (Nuclear Non-Proliferation Treaty - NPT). Traktat ten stwierdzał, że tylko pięć mocarstw wspomnianych wyżej ma pełne prawo do posiadania broni nuklearnej, żadnemu jednak państwu nie można zabronić zdobywania technologii jądrowych w pokojowym zamiarze. Stwierdzał on również, że cała piątka musi szukać dróg do jak najszybszego redukcji ich arsenałów nuklearnych. Do dziś żadne z mocarstw atomowych nie przyznało się do rozwijania technologii jądrowych po podpisaniu traktatu. Również żaden inny sygnatariusz paktu nie zdobył technologii nuklearnych po jego podpisaniu (przynajmniej się do tego nie przyznał). Na dzień dzisiejszy 178 z 185 członków

---

2. Konwencja o zakazie prowadzenia badań, produkcji, składowania i użycia broni chemicznej oraz zniszczeniu jej zapasów, weszła w życie 29 kwietnia 1997 r.

3. Konwencja o zakazie rozwijania, produkcji i gromadzenia broni bakteriologicznej (biologicznej) i toksyn oraz o ich zniszczeniu, weszła w życie 26 marca 1975 roku.

ONZ ratyfikowało traktat. Obecnie ocenia się, iż Indie, Izrael, Pakistan, Korea Północna oraz Iran przekroczyły tzw. „próg atomowy”, mogą zatem posiadać broń jądrową. Arsenał jądrowy, pomimo podpisania umów i traktatów nie zmniejsza się, a broń jądrowa jest i prawdopodobnie nadal pozostanie głównym czynnikiem osiągania celów militarnych w skali strategicznej i operacyjnej. Nawet pomyślnie zakończenie rokowań w sprawie redukcji 50 % arsenałów strategicznych w armiach USA i Rosji nie zmieni w istotny sposób tej skali.

Wiadomym jest, że państwa byłego Związku Radzieckiego należą do grupy państw o bardzo niskim stopniu zabezpieczenia i ochrony obiektów posiadających materiały rozszczepialne: reaktory, elektrownie, fabryki przerobu paliwa jądrowego, składowiska odpadów promieniotwórczych, a przede wszystkim magazyny broni nuklearnej. O braku zapewnienia bezpieczeństwa świadczy odnotowana duża liczba dokonanych kradzieży różnego rodzaju materiałów promieniotwórczych, głównie plutonu i uranu. Warto wspomnieć, że w roku 2003 w Rosji zaginęło lub zostało ukradzionych 375 źródeł promieniotwórczych (w tym urządzeń wykorzystujących radioaktywne źródła) – daje to jedno zdarzenie na dzień!

Z różnych źródeł wiadomo, że Rosja nie może doliczyć się broni nuklearnej w swoim arsenale. Zagrożenie stanowią przede wszystkim walizki zawierające ładunek nuklearny o sile 1kt. Były to ładunki, które mogli wykorzystać agenci radzieckiego wywiadu. Bez problemu mogły być wywożone do jakiegokolwiek kraju, gdzie Związek Radziecki miał swoją ambasadę lub konsulację jako element poczty dyplomatycznej niepodlegający żadnej kontroli. Związek Radziecki wyprodukował ich łącznie 132 sztuki. Rosja odnalazła jedynie 84 walizki, a pozostałych nadal brak. Tak, więc nie ma pewności, że tego typu broń nie dostała się w ręce grupy zdeterminowanych terrorystów. W sprzyjających okolicznościach w ruchliwym centrum miasta z wysokościową zabudową mogłoby zginąć kilka –kilkanaście tysięcy osób. Jedna taka walizka zawierająca taktyczny ładunek jądrowy jest w stanie np. zrównać z ziemią Warszawę w promieniu, co najmniej 2,5 km od Pałacu Kultury, gdyby jakiś fanatyk terrorystyczny ją uruchomił. Dodatkowo powstałoby pasmo skażonego terenu. Całą ludność Warszawy, która przeżyłaby taki wybuch należałoby wysiedlić. Pozostała niezniszczona część miasta nie nadawałaby się do zamieszkania przez długi czas. Związane jest to przede wszystkim z radioaktywnymi długo żywymi izotopami pokrywającymi teren. W rzeczywistości najsilniejszy byłby efekt psychologiczny ataku z użyciem broni jądrowej.

Rozwój cywilizacyjny i przemysłowy, to nie tylko dobrodziejstwa, ale szereg zagrożeń w postaci wypadków i katastrof ekologicznych, głównie z uwolnieniem substancjami chemicznymi (Bhopal, Soveso) oraz promieniotwórczych (Czarnobyl), ale

i ciągła degradacja atmosfery (zapylenie, zanieczyszczenia chemiczne - głównie SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub>).

Powyższe zjawiska rodzą całą gamę zagrożeń, którym należy przeciwdziałać. W obliczu istniejących i mających tendencję do pogłębiania się zagrożeń cywilizacyjnych należy liczyć się z tym, że ranga tej działalności będzie z biegiem czasu rosła.

## **Wpływ indywidualnych środków ochrony przed skażeniami na zdolność bojową żołnierzy**

Pomimo ciągłego doskonalenia indywidualnych środków ochrony przed skażeniami (ISOPS) przebywanie w nich wciąż stanowi znaczące utrudnienie w prowadzeniu działań. Założenie ubioru ochronnego powoduje wiele utrudnień natury fizjologicznej, zwiększa ryzyko stresu cieplnego nawet w umiarkowanej temperaturze otoczenia oraz obniża zdolność bojową. Dodatkowymi czynnikami są głód, pragnienie oraz dyskomfort związany z przebywaniem przez długi czas w środkach ochrony indywidualnej. Nie mniej istotne są czynniki psychologiczne. Zagrożenie użyciem broni masowego rażenia potęguje stres na polu walki wywołując u żołnierzy specyficzne uczucie strachu, który może obniżyć ich zdolność wykonywania zadań.

Poniżej przedstawiono charakterystykę poszczególnych czynników fizjologicznych i psychologicznych, związanych z przebywaniem w ISOPS, wpływających na zmniejszenie zdolności bojowej<sup>4, 5, 6, 7, 8</sup>.

### **Czynniki fizjologiczne.**

**Stres cieplny.** Aby zachować optymalne możliwości fizyczne i psychiczne temperatura ciała musi być utrzymywana w odpowiednich granicach. Optymalna biologicznie temperatura to około 37° C, natomiast najwyższa dopuszczalna temperatura ciała wynosi 39° C. Normalnie ciało chłodzi się poprzez odparowanie potu, konwekcję i promieniowanie ciepła przez skórę.

- 
4. FM 3-11.4. *Multiservice tactics, techniques and procedures for nuclear, biological and chemical (NBC) protection*, wyd. 2003.
  5. Stanag 2499 (Edycja 1) - *ATP-65 The effect of wearing NBC individual protection equipment on individual and unit performance during military operations*, październik 2004.
  6. M. Boguszewska, J. Faff, S. Klonowicz, R. Kobyliński, H. Łotach, A. Rogoziński, S. Rump, B. Szczerbiński: *Ocena izolującej odzieży ochronnej z punktu widzenia higieny wojskowej*, cz I i II. Rocznik WIHE 2/1962.
  7. *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.
  8. O. Widetscheck., *Fizjologiczne aspekty przy użyciu odzieży ochronnej przed chemikaliami*, Brandschutz/Deutsche Feuerwehr Zeitung 9/1987.

Wymiana ciepła przez konwekcję i promieniowanie zależna jest od różnicy temperatur skóry i otaczającego środowiska. Mechanizm ten jest bardzo efektywny w środowisku zimnym, lecz jeśli temperatura otoczenia zbliża się do 36° C i przekracza temperaturę skóry mechanizm ten staje się dla ciała źródłem zysków ciepła. Tak, więc ze wzrostem temperatury otoczenia rośnie rola odparowywania potu jako mechanizmu odprowadzania ciepła. Odparowywanie potu zależy głównie od gradientu prężności par pomiędzy powierzchnią skóry a otoczeniem. Prężność par otoczenia określają temperatura i wilgotność względna. Dlatego środowisko pustynne, które jest gorące i suche umożliwia efektywne odprowadzanie ciepła poprzez odparowanie potu dzięki znacznemu gradientowi prężności par pomiędzy skórą a otoczeniem. Natomiast w środowisku tropikalnym, które jest ciepłe i bardzo wilgotne odprowadzanie ciepła poprzez parowanie jest ograniczone z powodu małego gradientu prężności par. Podobne utrudnienia powstają podczas używania odzieży ochronnej o bardzo małej przepuszczalności pary wodnej. Ponadto praca fizyczna z założonymi ISOPS wymaga więcej wysiłku z powodu dodatkowego obciążenia i ograniczenia ruchów. Ocenia się, że praca w ISOPS zwiększa ilość wydzielanego ciepła o 15%, a więc konieczność odprowadzenia większej ilości. Ilość wydzielanego ciepła zależy od intensywności wykonywanej pracy, poziomu nawodnienia organizmu, ubioru, noszonego wyposażenia, stopnia aklimatyzacji cieplnej, sprawności fizycznej, zmęczenia oraz warunków klimatycznych i terenowych. Modyfikacja stopnia gotowości ISOPS poprzez rozpięcie kurtki, zdjęcie kaptura itp. będzie ułatwiać chłodzenie ciała. Podjęcie podobnych działań zalecane jest dowódcom w stanagu 2984, w przypadku, gdy korzyści wynikające z obniżenia ochrony przewyższają ryzyko wystąpienia ofiar na skutek skażenia.

**Odwodnienie.** Z powodu podwyższonej temperatury ciała występuje podwyższone pocenie (utrata wody w wyniku pocenia może dochodzić do 1,5 litra potu na godzinę). Odwodnieniu sprzyjają również utrudnienia w przyjmowaniu płynów w ISOPS. Należy, więc przyjmować odpowiednią ilość wody, aby uzupełnić stracone płyny i zapobiec odwodnieniu. Nawet nieznaczne odwodnienie ciała (utrata 1% masy) osłabia jego zdolność do regulacji temperatury i niweluje korzyści wynikające z aklimatyzacji cieplnej i sprawności fizycznej. Odwodnienie zwiększa także podatność na stres cieplny, powoduje obniżenie wydajności pracy i czujności. O istotności problemu świadczy opracowanie dokumentu standaryzacyjnego NATO (Stanag 4475<sup>9</sup>) normalizującego wymiary gwintu w nakrętce

---

9. Stanag 4475 (Edycja 1) „Interoperability criteria for mask drinking systems (MDS)”, - Kryteria interoperacyjności dla urządzeń do picia w maskach, ratyfikowany przez Polskę w styczniu 2006 r, z zastrzeżeniem, że będzie stosowany w nowym typie maski, przewidywany termin implementacji 2 lata.

manierki. Ma to umożliwić korzystanie z zaopatrzenia w wodę nie tylko z własnych źródeł, ale również od innych państw NATO.

**Trudności w oddychaniu.** Założenie maski przeciwgazowej utrudnia oddychanie z powodu oporów występujących w filtropochłaniaczu oraz zaworach wlotowym i wylotowym. Utrudnienia te powodują zwiększenie częstotliwości i głębokości oddechu oraz utratę wytrzymałości.

**Nieodpowiednie żywienie.** Większa intensywność wysiłku fizycznego wynikająca z prowadzenia działań w ISOPS wywołuje zwiększone zapotrzebowanie na pożywienie. Powinno ono zapewnić odpowiednią ilość kalorii gdyż dostarczanie zbyt małej ilości energii w pożywieniu może prowadzić do obniżenia sprawności fizycznej i umysłowej.

## **Czynniki psychologiczne**

**Izolacja od środowiska.** Indywidualne środki ochrony przed skażeniami zakłócają odbiór bodźców zewnętrznych zmysłami wzroku i słuchu, co utrudnia rozpoznawanie i komunikowanie się. Powoduje to powstawanie uczucia izolacji i niepewności. Ponadto uciążliwość przebywania w niewygodnych, nieprzepuszczalnych lub częściowo przepuszczalnych kombinezonach, rękawicach i obuwiu ochronnym może prowadzić do frustracji, a niekiedy do klaustrofobii. Długotrwałe przebywanie w ISOPS, poprzez ograniczenie ruchliwości i odbioru wrażeń zmysłowych, prowadzi do zaniku uwagi i gotowości jednocześnie wzbudzając poczucie wyobcowania. Utrudnienie oddychania w masce także może powodować uczucie klaustrofobii i wywoływać panikę.

**Stres bojowy.** Zagrożenie użyciem broni masowego rażenia zwiększa stres związany z prowadzeniem działań bojowych. Ponieważ wyższe stopnie gotowości są stosowane w sytuacji większego zagrożenia atakiem mogą one zwiększać strach i niepewność związaną z walką. Stres bojowy i zmęczenie walką mogą być przyczyną powstania znacznej ilości ofiar zaburzeń psychicznych, zależnie od czasu trwania i intensywności działań bojowych. Stres psychologiczny wynika nie tylko z kontaktu ze śmiercią i zniszczeniami charakterystycznymi dla działań bojowych, ale również z takich okoliczności jak hałas, zamieszanie, brak snu. Wymagające warunki działań bojowych powodujące zmęczenie, zmiany w odżywianiu i higienie osobistej również przyczyniają się do powstawania stresu fizjologicznego.

Prowadzenie działań w terenie skażonym ma różnoraki wpływ na dowódców i żołnierzy. Obniżenie sprawności fizjologicznej może objawiać się nerwowością, występowaniem drgawek, zwiększonym poceniem się, przyspieszonym biciem serca,

suchością w ustach, bólem głowy, zmęczeniem, nudnościami. Objawy psychologicznego osłabienia to: nieuwaga, osłabienie pamięci, utrudniona koncentracja, obniżona pewność siebie, niechęć do współpracy. Noszenie ISOPS istotnie wpływa na prowadzone działania bojowe<sup>10</sup>. Utrudnione jest dowodzenie, komunikacja, prowadzenie ognia i manewr. Z powodu fizycznego i umysłowego zmęczenia decyzje dowódców i ich reakcje na zmieniającą się sytuację są mniej efektywne, potrzebują również więcej czasu na podjęcie decyzji. Zakłócone zostaje prowadzenie działań rozpoznawczych, w wyniku, czego dowódcy otrzymują mniej aktualne i niedokładne informacje. Utrudniona jest synchronizacja manewrów, kierowanie jednostkami i zgrywanie czasowe. Utrudnienia w wykrywaniu i wskazywaniu celów wpływają na zmniejszenie efektywności ognia zarówno bezpośredniego jak i pośredniego, skraca się odległość wykrywania celów i prowadzenia ognia. Załogi wozów bojowych prowadzą walkę na krótszych dystansach i wystrzelują mniej pocisków. Zwiększa się ilość strat zadawanych przez wojska własne. Pogarsza się komunikacja zarówno bezpośrednia jak i z wykorzystaniem środków łączności. Utrudniony odbiór bodźców wzrokowych i słuchowych wydłuża czas przekazywania wiadomości, co zwiększa narażenie na oddziaływanie środków walki radioelektronicznej przeciwnika. Długotrwałe działania w terenie skażonym stanowią również poważne wyzwanie od strony logistycznej (dostarczanie zaopatrzenia, obsługa sprzętu, zabezpieczenie medyczne).

## **Rozwiązania techniczne**

Ochrona przed skażeniami jest zagadnieniem bardzo istotnym i ciągle rozwijanym. Nabiera ono szczególnego znaczenia w przypadku, gdy występuje konieczność prowadzenia działań w terenie skażonym lub niemożliwe jest wczesne ostrzeżenie o użyciu BMR. W celu zapewnienia odpowiedniej ochrony i utrzymania ciągłości zdolności operacyjnych wojska powinny dysponować odpowiednim wyposażeniem. Posiadane wyposażenie oraz jego parametry techniczne i eksploatacyjne wpływają na możliwości i sposoby prowadzenia działań. Pożądane jest, aby środki ochrony zapewniały Nielimitowaną ochronę oraz aby w jak najmniejszym stopniu obciążały organizm osoby z nich korzystającej. W przypadku odzieży ochronnej idealnym rozwiązaniem byłoby, aby można było jej używać tak jak umundurowania polowego. Niestety na obecnym poziomie rozwoju technologicznego i istniejących rozwiązań materiałowych nie jest to możliwe. Dlatego też środki ochrony (a co za tym idzie ich parametry techniczne i eksploatacyjne) będące obecnie na wyposażeniu sił

---

10. Patrz FM 3-11.4.

zbrojnych są kompromisem pomiędzy wymaganiami użytkownika, czyli wojsk a możliwościami technicznymi oraz finansowymi.

### **Wymagania dotyczące środków ochrony przed skażeniami w świetle dokumentów normatywnych NATO**

Ogólne zalecenia odnośnie wyposażenia wojsk w sprzęt OPBMR oraz wymagań, którym powinny odpowiadać środki ochrony przed skażeniami stosowane w siłach NATO zawarte są w stanagu 2352<sup>11</sup>. Zaleca on, aby wojska były wyposażone w następujące środki ochrony przed skażeniami:

- środki ochrony indywidualnej - każdy żołnierz powinien być wyposażony w indywidualne środki ochrony dróg oddechowych (maskę przeciwgazową) oraz odzież ochronną. Maskę przeciwgazową powinna być wyposażona w zapasowe filtropochłaniacze, zgodnie z narodowymi ustaleniami. Personel, który z racji wykonywanych zadań nie może korzystać ze standardowych masek (np. piloci) powinien być wyposażony w specjalistyczne środki ochrony dróg oddechowych. Filtropochłaniacze chroniące przed TSP (tzw. przemysłowe) powinny być dostępne stosownie do ustaleń narodowych. Ilość kompletów odzieży ochronnej powinna zapewnić możliwość działania w warunkach skażeń przez 24 godziny<sup>12</sup>. Podobnie jak w przypadku masek personelowi, który z racji wykonywanych zadań nie może korzystać z odzieży standardowej należy zapewnić specjalistyczną odzież ochronną. Odzież chroniąca przed TSP powinna być dostępna dla ograniczonej ilości personelu. Zapasowe komplety odzieży powinny być dostępne zgodnie z narodowymi ustaleniami;
- zalecane jest również, aby jednostki posiadały środki do ochrony zapasów i sprzętu (np. plandeki odporne na BST do przykrywania sprzętu i zapasów). Powinny one chronić przez odpowiedni czas przed bezpośrednim skażeniem ciekłymi środkami chemicznymi, biologicznymi oraz pyłem promieniotwórczym;

---

11. Stanag 2352 (Edycja 5) - Nuclear, Biological and Chemical (NBC) Defence Equipment – Operational Guidelines. Polska nie udzieliła odpowiedzi w sprawie ratyfikacji stanagu.

12. Stanag 2352 stwierdza, że niezbędna ilość kompletów odzieży ochronnej zależy od jej właściwości ochronnych i powinna być dobrana tak, aby zapewnić możliwość działania w terenie skażonym przez 24 godziny.



Stanag 2333<sup>13</sup>, odnoszący się do wymagań eksploatacyjnych i ochronnych odzieży bojowej<sup>14</sup> stwierdza, że użytkownik (żołnierz) ubrany w odzież ochronną powinien być zdolny do wykonywania wszystkich czynności bojowych i treningowych w długim okresie czasu, przy czym odzież ta powinna być paroprzepuszczalna, charakteryzować się zmniejszoną palnością. Powinna zapewnić ochronę przed wszystkimi środkami chemicznymi, biologicznymi i promieniotwórczymi występującymi w formie ciekłej, stałej i aerozolu. Minimalny czas ochrony powinien wynosić, co najmniej 6 godzin, a preferowany powinien wynosić 24 godz., lub więcej. Materiały zapewniające ochronę mogą składać się z kilku warstw lub być laminowane z materiałami, które zapewniają inny rodzaj ochrony na polu walki. Powinny być podatne na odkażanie (bez osłabienia stopnia ochrony) lub mogą być jednorazowe. Dodatkowo odzież powinna posiadać odpowiednie własności maskujące.

W obowiązującej do 2004 r. „Doktrynie obrony przed bronią masowego rażenia sił NATO” ATP-59 środkom ochrony indywidualnej postawiane zostały znacznie ostrzejsze wymagania. Odzież ochronna powinna:

- być lekka, wygodna i wielofunkcyjna;
- być trwała i podatna na pranie i procesy odkażania;
- zapewniać ochronę całego ciała przed czynnikami BMR/TSP;
- mieć wbudowane urządzenie ostrzegające o skażeniach;
- charakteryzować się zmniejszonym obciążeniem cieplnym;
- zapewniać możliwość prowadzenia samoodkażania przez użytkownika oraz umożliwiać odprowadzanie odchodów;
- być nieprzepuszczalna w stosunku do ciekłych środków trujących.

Konstrukcja odzieży (jako wzór umundurowania) powinna zapewniać szybkie nałożenie i zdjęcie, chronić przez czas do 24 godz. po noszeniu jej w ciągu 30 dni, okres przechowywania nie powinien być krótszy niż 5 lat.

W zakresie unikania narażenia przewidywane było stosowanie tanich, lekkich osłon jednorazowego użytku, będących w stanie zapewnić czasową barierę ochronną w stosunku do

---

13. Stanag 2333 Edycja 4 - Performance and protective properties of combat clothing. Polska nie udzieliła odpowiedzi w sprawie ratyfikacji stanagu.

14. Stanag zalicza wojskową odzież ochronną do odzieży bojowej (ang. combat clothing). Słownik wojskowy angielsko - polski Bellona 1996 jako tłumaczenie tego pojęcia podaje „umundurowanie polowe”. W niniejszej pracy autor używa terminu „odzież bojowa”.

BST/TSP występujących w postaci ciekłej i zapobiegających przemoczeniu odzieży ochronnej.

Środki ochrony dróg oddechowych powinny posiadać rozwiązania umożliwiające przyjmowanie płynów w warunkach skażeń, porozumiewanie się (z wykorzystaniem mikrofonów) oraz umożliwiające wykonanie zadania bojowego w warunkach wymagających zachowania ostrości optycznej (chodzi o korekcję wad wzroku). Filtropochłaniacz powinien być łatwy do wymiany, charakteryzować się minimalnymi oporami oddychania i chronić przed BMR. Doktryna zastrzegала, że idealne spełnienie tych wymagań w stosunku do całego spektrum TSP może nie być możliwe w najbliższym okresie z uwagi na ograniczenia technologiczne bądź finansowe. Jednak powinny być również dostępne środki ochrony dróg oddechowych przed parami TSP. Ponadto maski przeciwgazowe powinny również być wyposażone w układy chroniące przed oślepieniem w wyniku działania impulsu świetlnego towarzyszącego wybuchowi jądrowemu (lub w wyniku działania systemów uzbrojenia o bezpośredniej wiązce energii) lub też zachowywać kompatybilność z innymi urządzeniami zapewniającymi taki rodzaj ochrony. Doktryna, w zakresie ochrony indywidualnej, zalecała również stosowanie worków ochronnych dla rannych, zapewniających odpowiednią ochronę w wypadku braku możliwości użycia standardowych środków ochrony.

Z wymagań tych wynikają wymagania techniczne dla środków ochrony indywidualnej oraz materiałów w nich stosowanych, które można przedstawić w następujących punktach:

1. **właściwości ochronne** - długi czas ochrony i czas użytkowania –zachowania własności ochronnych, wytrzymałość mechaniczna, odporność na zapalenie, wodoodporność, odporność na produkty ropopochodne, własności maskujące, nietoksyczność materiałów w kontakcie ze skórą, odporność na pot;
2. **komfort użytkowania** - jak najmniejsze obciążenie organizmu (pole widzenia, łatwość oddychania, jak najmniejsze utrudnienia w działaniu i obciążenie cieplne, łatwość zakładania i zdejmowania, kompatybilność z pozostałymi elementami wyposażenia, forma umundurowania bojowego);
3. **parametry logistyczne** – niska masa i objętość w stanie zapakowanym, długi czas przechowywania, możliwość wielokrotnego użycia, podatność na odkazanie.

Z przedstawionej poniżej analizy rozwiązań technicznych wynika, że wymagania stawiane przed środkami ochrony są spełniane w coraz większym stopniu. Jednak, na

obecnym poziomie zaawansowania technologicznego, spełnienie niektórych z nich jest wciąż sprawą przyszłości.

### **Analiza rozwiązań technicznych istniejących w SZ RP i w armiach NATO w dziedzinie indywidualnych środków ochrony przed skażeniami**

W części dotyczącej indywidualnych środków ochrony przed skażeniami, przedstawiono aktualne rozwiązania oraz tendencje rozwojowe dotyczące:

- masek przeciwgazowych;
- odzieży ochronnej.

Inne elementy zaliczane do środków ochrony indywidualnej (indywidualny sprzęt dozymetryczny, środki do udzielania pierwszej pomocy oraz indywidualne pakiety do likwidacji skażeń) aczkolwiek stanowią istotny element ochrony to ze względu na inny charakter wykorzystania i działania nie będą przedmiotem rozważań.

#### **Maski przeciwgazowe**

Środki toksyczne mogą przenikać do organizmu człowieka poprzez drogi oddechowe, oczy i skórę, jednak najbardziej zagrożony jest układ oddechowy. U osoby dorosłej powierzchnia, przez którą odbywa się w płucach wymiana gazowa wynosi od 75 do 100 m<sup>2</sup> (40 razy więcej niż powierzchnia skóry). Ponadto jest to najcieńsza membrana, przez którą gazy dyfundują bezpośrednio do krwioobiegu. Dla większości środków chemicznych inne drogi wnikania nabierają znaczenia dopiero po zapewnieniu odpowiedniej ochrony układu oddechowego. Dlatego też dysponowanie odpowiednimi środkami ochrony dróg oddechowych jest zagadnieniem pierwszoplanowym.

W rozwoju masek przeciwgazowych można wyróżnić cztery główne okresy. Pierwszy okres to czasy I Wojny Światowej, gdzie użycie broni chemicznej spowodowało konieczność zapewnienia ochrony wojsk. Drugim okresem była II wojna światowa. Do tego czasu własności masek zostały znacznie poprawione. Do konstrukcji części twarzowych zastosowano gumę, co umożliwiło lepsze dopasowanie i osiągnięcie większej szczelności. Rozwiązaniem z tego okresu jest maska SzM-41M – fot. 1 (będąca wciąż na wyposażeniu SZ RP), w której filtropochłaniacz przenoszony w torbie połączony jest z częścią twarzową rurą łączącą. Przenoszenie stosunkowo ciężkiego filtropochłaniacza w torbie było w tym wypadku rozwiązaniem uzasadnionym jednak należało zwracać szczególną uwagę, aby nie uszkodzić rury łączącej.



**Fot. 1.** Maska przeciwgazowa SzM-41M

**Źródło:** materiały WIChiR



**Fot. 2.** Maska przeciwgazowa MP-4

**Źródło:** materiały WIChiR

Okres trzeci trwał do lat 80-tych XX w. W okresie tym zaznaczył się ogólny trend wyposażania masek w wewnętrzną półmaskę, co umożliwiło rozwiązanie problemu zaparowywania okularów. Zadaniem półmaski jest zapobieganie wydostawaniu się wydychanego – wilgotnego powietrza do całej przestrzeni pod maską. W poprzednich rozwiązaniach (maska SzM-41), aby zapobiec parowaniu okularów stosowane były wkładki niepotniejące i nakładki ocieplające.

Rozwiązaniem z tego okresu jest maska przeciwgazowa MP-4 – fot. 2. Posiada ona filtropochłaniacze w postaci wkładek umieszczonych w części twarzowej, dostępne jedynie od wewnątrz po zdjęciu maski (rozwiązanie z amerykańskiej maski M-17). Uniemożliwia to ich wymianę w warunkach skażeń, czyniąc z niej praktycznie maskę jednorazowego użytku. Pomimo wyposażenia jej w półmaskę w konstrukcji tej nie rozwiązano całkowicie problemu zaparowywania okularów i konieczne było stosowanie fularów przeciwarzroszeniowych i dodatkowych szybek okularowych (maska MP-4 znajduje się nadal w SZ RP)..

W obecnym (czwartym) okresie maski przeciwgazowe zostały unowocześnione w stopniu umożliwiającym ich noszenie przez 24 godziny. Znacznie poprawiono komfort noszenia i dopasowanie masek. W częściach twarzowych zastosowano materiały charakteryzujące się czasami ochrony na ciekłe BST powyżej 24 godzin<sup>15</sup>. W konstrukcji współczesnych masek zdecydowanie odchodzi się od maski „klinowej” na rzecz maski „anatomicznej” o kształtach ściśle związanych z budową twarzy człowieka. Maska taka lepiej przylega do twarzy, co powoduje zmniejszenie ucisków i wszystkich negatywnych następstw z nimi związanych. Taka konstrukcja części twarzowej maski stała się możliwa dzięki włączeniu antropologów w prace nad nowymi rozwiązaniami.

15. Dla masek SzM-41M i MP-4 czas ochrony części twarzowej przed BST w postaci ciekłej wynosi 80 – 150 min. i jest porównywalny z czasem ochrony odzieży OP-1M, L-1 i L-2.

Stosuje się rozwiązania konstrukcyjne węzła okularowego umożliwiające zbliżenie szybek (wizjera) do oczu użytkownika. Poprawia to ogólne pole widzenia oraz ułatwia obsługę przyrządów optycznych. Praktycznie konstruktorzy osiągają ten efekt na różne sposoby. Na przykład maska włoska typu SGE-1000 fot. 3 zbudowana jest z przezroczystego korpusu z dołączonymi do niego innymi węzłami konstrukcyjnymi. W korpusie tym (wykonanym z poliwęglanu utwardzanego powierzchniowo) wytłoczony jest wizjer w kształcie okularów płaskich bądź panoramicznych.



**Fot. 3.** Maska SGE-1000

**Źródło:** <http://www.approvedgasmasks.com/>

Amerykańska maska MCU-2/P (fot. 4.c) posiada panoramiczny wizjer wykonany z modyfikowanego poliuretanu. W kanadyjskiej masce C4 (fot. 4.b) konstruktorzy zastosowali „wkłęsły” sposób mocowania szybek okularowych, co zbliżyło ich powierzchnię do oczu użytkownika.

Powszechnie stosuje się dodatkowe uszczelnienia na powierzchni przylegania maski do twarzy. Wykonuje się je w postaci "kołnierza" zawiniętego do wnętrza maski lub w postaci oponki umocowanej na powierzchni przylegania. Dodatkowe uszczelnienia poprawiają własności ochronne oraz zmniejszają uciski. Korzystniejsze jest stosowanie uszczelnień elastycznych.

Współczesne maski przeciwgazowe posiadają wkładki foniczne, poprawiające transmisję głosu (zrozumiałość mowy). Stosuje się również wkładki mikrofonowe montowane alternatywnie z membraną foniczną.

Wymóg długotrwałego działania w środkach ochrony przed skażeniami spowodował konieczność uzupełniania płynów w warunkach skażeń. Dlatego też pojawiły się rozwiązania konstrukcyjne umożliwiające przyjmowanie płynów bez zdejmowania maski. Zdecydowana większość współczesnych masek wyposażona jest w takie urządzenie.

Opory oddychania w masce limitują możliwość wykonywania ciężkich prac fizycznych. Zmniejszenie oporów wydechu uzyskuje się przez powiększenie średnicy komory

zaworu wydechowego i płatków zaworu. Na wielkość oporów wdechu istotny wpływ wywiera konstrukcja filtropochłaniacza, przez który przepływa wdychane powietrze. W maskach z dwoma złączami filtropochłaniaczy, możliwa jest jednoczesna, równoległa ich praca. Powoduje to znaczne obniżenie oporów wdechu. Możliwości zastosowania takiego rozwiązania posiadają maski amerykańskie: MCU-2/P, M-40, M-42 oraz kanadyjska C4. Jednak obecnie z powodu stosunkowo dużych wymiarów filtropochłaniacza możliwość założenia go zarówno z lewej jak i z prawej strony maski wykorzystywana jest głównie do ułatwienia obsługi uzbrojenia przez osoby lewo- jak i praworęczne.

a)



b)



c)



d)



**Fot. 4.** Przykłady współczesnych masek przeciwigazowych: a) amerykańska M-40

**Źródło:** <http://www.armystudyguide.com>), b) kanadyjska C-4, (źródło: materiały WIChiR) c) amerykańska MCU-2/P – siły morskie i lotnicze (źródło: <http://www.armystudyguide.com>), d) fińska maska Scott Health & Safety M 95 NBC (źródło: materiały firmy Scott Health & Safety)

Rozwiązaniem w pełni umożliwiającym jednoczesne korzystanie z obydwu filtropochłaniaczy jest wprowadzana od roku 2006 w siłach USA, opracowana przez firmę Avon Protection Systems, maska M50. Zastosowanie dwóch filtropochłaniaczy umożliwiło znaczne obniżenie oporów oddychania. Zmniejszona grubość filtropochłaniaczy i bliskie umieszczenie ich po obu stronach części twarzowej czyni konstrukcję bardziej zwartą i poprawia rozkład obciążenia. W masce tej możliwa jest wymiana filtropochłaniaczy bez wstrzymywania oddechu. Można przypuszczać, że takie rozwiązanie konstrukcyjne będzie stosowane i rozwijane w najbliższej przyszłości w większości masek przeciwigazowych.

Obecnie w maskach stosuje się zwykle nagłowie taśmowe sześćozaczepowe. Nagłowia konstruuje się tak, aby regulacja długości taśm była szybka i łatwa, bądź tak aby zmiana regulacji długości taśm była niemożliwa bez zdejmowania maski. Z punktu widzenia warunków pola walki korzystniejsze wydaje się rozwiązanie umożliwiające łatwą zmianę regulacji. Bardzo interesująco rozwiązana jest konstrukcja nagłowia w kanadyjskiej masce C4. Taśmy tekstylno – gumowego nagłowia przymocowane są do elastycznego „czepka”, co wydaje się być idealnym rozwiązaniem z punktu widzenia równomierności rozkładu nacisków na głowę użytkownika.

Ważnym elementem konstrukcji maski jest usytuowanie zaworu wydechowego. Najkorzystniejszym dla użytkownika rozwiązaniem jest umieszczenie zaworu wydechowego w najniższym miejscu części twarzowej. Takie rozwiązanie umożliwia grawitacyjne, samoczynne spływanie potu i skroplonej pary wodnej oraz zapobiega ich zaleganiu pod częścią twarzową. Dolne usytuowanie zaworu stosowane w większości współczesnych masek przeciwgazowych (w maskach: M-40, M-42, MCU-2/P, C4, SGE-1000, No 15A1T). Maską MP-5, posiada zawór wydechowy umieszczony w części policzkowej.

Podstawową maską w Polskich SZ jest maska MP-5 – fot. 5.



**Fot. 5.** Maska MP-5 – produkcja krajowa

Źródło: materiały WChiR)



**Fot. 6.** Efekt przebywania w masce MP-5. Ucisk części twarzowej maski powoduje, że ślady po jej założeniu utrzymują się przez długi czas.

Źródło: <http://www.maski.wojsko.pl/>)

Aktualnie maska MP-5 odbiega konstrukcyjnie i materiałowo od masek czołowych producentów światowych.

### **Trendy rozwoju masek przeciwgazowych**

Maska przeciwgazowa jest to zestaw sprzętu oczyszczającego składający się z części twarzowej (maski z półmaską), filtropochłaniacza oraz niestałych elementów uzupełniających (urządzenie do pobierania płynów, osłony oczu, szkła korekcyjne, urządzenia wspomagające oddychanie, rura łącząca itp.). Jest ona przeznaczona do ochrony dróg oddechowych, twarzy

i oczu człowieka przed działaniem środków trujących (w postaci gazów i aerozoli), aerozoli biologicznych i pyłów radioaktywnych. Maskę przeciwgazową z nagłowiem taśmowym nie osłania całej głowy i wymaga ochrony nieosłoniętych części np. kapturem ochronnym (zintegrowanym z odzieżą ochronną lub stanowiącym oddzielny element wyposażenia).

Maskę przeciwgazową traktuje się współcześnie nie tylko jako środek umożliwiający pokonywanie terenu skażonego i wyjście ze strefy zagrożonej, ale także jako środek umożliwiający aktywne i intensywne działanie w tym terenie. Zmianę koncepcji użytkowania umożliwił postęp technologiczny w materiałach oraz rozwiązaniach konstrukcyjnych węzłów funkcjonalnych maski. Na postęp ten wpłynął również rozwój badań w dziedzinie adsorpcji dynamicznej. Wyniki badań teoretycznych i doświadczalnych pozwoliły na inne ukształtowanie warstwy sorpcyjnej i filtracyjnej filtropochłaniacza, co przyczyniło się do poprawy efektywności wykorzystania tej warstwy i jego miniaturyzacji.

Nowe materiały używane do produkcji masek i filtropochłaniaczy muszą charakteryzować się dobrą odpornością względem znanych bojowych środków trujących, wysokimi parametrami użytkowymi, umożliwiającymi osiągnięcie wymaganych właściwości ochronnych, odpowiednią wytrzymałością, odpornością względem czynników klimatycznych oraz odpornością na starzenie naturalne (długotrwałe magazynowanie). Konstrukcja maski musi zapewnić, oprócz dobrych własności ochronnych, wysoką niezawodność, łatwość i pewność dopasowania oraz ochronę praktycznie wszystkich żołnierzy, niezależnie od stopnia różnicowania antropologicznych cech budowy ich twarzy. Równie ważnym problemem konstrukcyjnym jest dopasowanie kształtu i wymiarów maski oraz jej węzłów funkcjonalnych do elementów uzbrojenia (np. przyrządów optycznych) oraz elementów wyposażenia żołnierza (kaptur, hełm).

Parametrem charakteryzującym szczelność maski jest tzw. przeciek ogólny. Składają się na niego nieszczelności wynikające z niedopasowania maski, nieszczelności zaworu wydechowego oraz filtropochłaniacza. Nawet w nowoczesnych maskach, z bardzo dobrym dopasowaniem, podczas długotrwałego noszenia (24 godziny) obserwowane jest pogorszenie szczelności. Powodem tego faktu jest zarost, którego przyrost w takim okresie zaczyna powodować rozszczelnienie na styku maski z twarzą.

W maskach poprzedniej generacji nie przywiązywano należytej wagi do uciążliwości oddychania, miarą, której są wartości oporów wdechu i wydechu. Tymczasem są to podstawowe parametry, których wielkość decyduje o zdolności żołnierzy, używających masek przeciwgazowych, do intensywnego wysiłku fizycznego. Istotnym niedostatkim konstrukcyjnym był brak półmaski w części twarzowej. Prowadziło to do zwiększenia objętości powietrza zalegającego pod częścią twarzową i wzbogaconego w dwutlenek węgla, czyli do zwiększenia tzw. objętości martwej. Powodowało to również wzmożone zaparowywanie szybek okularowych, zwłaszcza w niskich temperaturach otoczenia. W rezultacie użytkownik w nałożonej masce przeciwgazowej mógł wykonać jedynie



czynności wymagające małego (okresowo średniego) wysiłku fizycznego, a czas nieprzerwanego przebywania w masce nie mógł przekroczyć 6 - 8 godzin. Ograniczenia te kolidowały z wymaganiami współczesnego pola walki, które to wymagania można streścić w formie następujących głównych postulatów:

- żołnierz działający na polu walki w masce przeciwgazowej powinien być zdolny do intensywnego wysiłku fizycznego (o wydatku energetycznym do 200 W) bez znaczącej utraty sprawności psychofizycznej;
- czas nieprzerwanego przebywania w masce powinien osiągać co najmniej 1 dobę. W związku z tym musi być możliwy odpoczynek (sen), przyjmowanie napojów oraz płynnych środków odżywczych bez zdejmowania maski;
- wymiana filtropochłaniacza w atmosferze skażonej powinna być łatwa, szybka i bezpieczna;
- szczelność dopasowania, określana wartością przecieku ogólnego (mierzonego na głowie użytkownika), powinna być nie gorsza niż  $10^{-2}$  %;
- dopasowalność na poziomie przecieku ogólnego  $10^{-2}$  % powinna wynosić nie mniej niż 98% populacji, dla której przeznaczona jest maska;
- własności ochronne filtropochłaniacza względem par BST powinny być zachowane w trudnych warunkach klimatycznych (temperatura od  $-20$  do  $+40^{\circ}\text{C}$ , wilgotność względna do 80%), również w warunkach równowagowego nawilżenia warstwy chłonnej;
- maska powinna współpracować z innymi elementami uzbrojenia i wyposażenia żołnierza. W szczególności powinna być możliwa współpraca z będącymi obecnie na wyposażeniu wojska przyrządami optycznymi (lornety, dalmierze, celowniki) oraz sprzętem noktowizyjnym;
- maska powinna charakteryzować się dużym polem widzenia i posiadać możliwość stosowania szkieł korekcyjnych;
- maska powinna umożliwiać swobodne porozumiewanie się, zarówno bezpośrednio jak i za pośrednictwem technicznych środków łączności.

Wymagania te wymusiły zmiany zarówno w konstrukcji maski jak i w materiałach konstrukcyjnych części twarzowej i filtropochłaniacza (filtry, sorbenty).

### **Sorbenty**

Postęp w sorbentach dokonał się przede wszystkim na drodze powszechnego zastosowania nośników katalizatorów opartych na karbonizacie łupin orzechów kokosowych bądź pestek owoców. Nośniki oparte na tych karbonizatach mają zbliżone parametry struktury

kapilarnej i porównywalne własności adsorpcyjne. Charakteryzują się one dobrym rozwinięciem mikroporów i porów przejściowych (mezoporów), co decyduje o ich wysokiej pojemności adsorpcyjnej względem gazów i par. Mają również korzystną budowę z punktu widzenia nośników katalizatorów. Ze względu na niską zawartość substancji mineralnych nośniki te odznaczają się również wysoką hydrofobowością. Dobre rozwinięcie struktury mikroporowatej umożliwia nanoszenie na sorbenty otrzymane z wymienionych surowców odpowiednich ilości substancji stabilizujących własności katalityczne. Tradycyjne sorbenty oparte na surowcu z węgla kamiennego tracą znaczenie i wychodzą z użycia w technice ochrony dróg oddechowych.

### **Materiały filtracyjne**

W materiałach filtracyjnych zasadniczy postęp dokonał się poprzez wyeliminowanie ze składu tych materiałów włókien azbestowych o właściwościach rakotwórczych i zastąpienie ich włóknami szklanymi. Poprawa właściwości użytkowych materiałów filtracyjnych idzie w kierunku obniżenia oporów jednostkowych oraz zwiększenia skuteczności filtracji. Ważne są również parametry mechaniczne (wytrzymałościowe) kartonów filtracyjnych. Duże nadzieje na poprawę skuteczności filtracji i obniżenie oporów wiązano z materiałami o trwałym ładunku elektrycznym (elektretami), jednak jak dotychczas nie udało się opracować materiałów filtracyjnych elektretowych spełniających wymagania wojskowego sprzętu ochrony dróg oddechowych.

Bardzo istotnym problemem jest rzeczywiste określenie żywotności filtropochłaniacza tzn. czy filtropochłaniacz zapewnia jeszcze skuteczną ochronę w warunkach skażenia i jak długo jeszcze może być używany. Obecnie wskazówki do wymiany filtropochłaniaczy opierają się na zaleceniach producenta, przeprowadzanych testach przebicia oraz modelach matematycznych. Jednak dane te są niewystarczające do gdyż na żywotność filtropochłaniacza wpływa wiele czynników takich jak: temperatura i wilgotność powietrza, intensywność przepływu przez filtropochłaniacz, obecność różnych związków w powietrzu. W związku z tym podjęto prace<sup>16</sup> zmierzające do opracowania technologii umożliwiającej wykonanie detektorów żywotności filtropochłaniaczy – fot. 7 i 8. Na obecnym etapie prace koncentrują się głównie na wytypowaniu detektorów o odpowiedniej czułości i selektywności. Rozwiązanie docelowe powinno charakteryzować się miniaturyzacją,

---

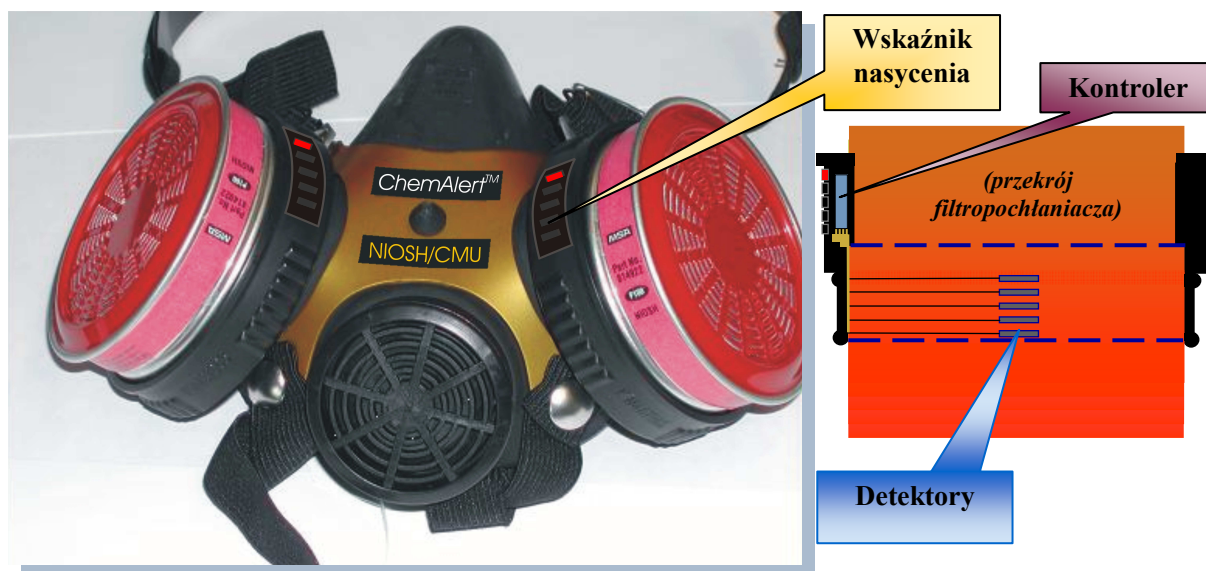
16. Prace prowadzone są m.in. w National Personal Protective Technology Laboratory, National Institute Occupational Safety and Health, Naval Research Laboratory i Carnegie Mellon University we współpracy z producentami filtropochłaniaczy takimi jak 3M i Draeger.

zużyciem energii i ceną umożliwiającą masowe zastosowanie<sup>17, 18, 19</sup>. Obecnie detektory żywotności filtropochłaniaczy dotyczą substancji przemysłowych np. tlenków azotu, par rtęci – nie udało się natomiast opracować detektora dla BST.



**Fot. 7.** Prototypowy filtropochłaniacz z detektorem żywotności

**Źródło:** Snyder J., Feddre G., McCullough R.: 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



**Fot. 8.** Koncepcja detektorów żywotności filtropochłaniaczy

**Źródło:** J.Snyder, G. Feddre, R. McCullough: 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

**Druga część artykułu zostanie opublikowana w następnym numerze kwartalnika**

17 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.

18 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.

19 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.

## 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 rozdzierania płaskich wyrobów - cz. 2: Wyznaczanie siły rozdzierania próbek roboczych w kształcie spodni (metoda pojedynczego rozdzierania)*;
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**