

**Paweł MACIEJEWSKI, Zbigniew ZIELONKA**

*Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych im. gen. T.Kościuszki we Wrocławiu*

## **ROZPOZNANIE RZECZYWISTEJ SYTUACJI SKAŻEŃ PO ZDARZENIACH TYPU ROTA CHEM**

### **Wstęp**

Zdarzenia typu ROTA CHEM (ang.: *Releases Other Than Attack*) obejmują uwolnienia toksycznych środków chemicznych (TŚC) wskutek innych przyczyn niż użycie broni masowego rażenia. Może to być spowodowane uszkodzeniem lub zniszczeniem zbiorników i instalacji w zakładach przemysłowych, środków transportujących oraz składów broni masowego rażenia [1], również w wyniku działań terrorystycznych. Zgodnie z [1] wybrane TŚC zaliczane są do broni masowego rażenia i są to często takie same substancje (jak BŚT), np. fosgen, cyjanowodór, używane są jednak w przemysłowych procesach technologicznych. Polska jest w wysokim stopniu zagrożona skażeniami przemysłowymi, co wynika z profilu krajowego przemysłu chemicznego, zajmującego się głównie pierwotną obróbką surowców. Szczegółową analizę zagrożeń na terytorium RP przedstawiono w pracy [2]. Bez wątpienia wywołanie zdarzenia ROTA CHEM może być celem terrorystów. Powstałe w wyniku ataku skażenia porażą znaczną grupę ludności cywilnej w gęsto zaludnionych aglomeracjach miejskich ze względu na szybkość rozprzestrzeniania się skażeń, brak środków ochrony dróg oddechowych oraz nieumiejętność prawidłowego zachowania w takiej sytuacji. W strefie skażeń mogą znaleźć się również jednostki wojskowe. Omawiane zagrożenie nie jest nowe, jednak w ostatnich latach ryzyko wystąpienia incydentu ROTA CHEM jest znacznie wyższe, co wynika z podatności obiektów (posiadających TŚC) na działania terrorystyczne. W działaniu wojsk, zgodnie z zasadami OPBMR [3,4], zaleca się maksymalne unikanie zagrożenia od TŚC oraz stosowanie środków ochrony, gdy nie można go uniknąć. Należy podkreślić, że wojskowe ISOPS nie zapewniają wystarczającej ochrony przed TŚC i siły zbrojne z reguły nie posiadają stosownych przyrządów do wykrywania i rozpoznania TŚC [5] oraz sprzętu do likwidacji skażeń. Dlatego najbardziej racjonalne jest maksymalne unikanie zagrożenia TŚC nawet, gdy ryzyko jest bardzo małe.

Aby móc przeciwdziałać skutkom uwolnienia toksycznych środków chemicznych w wyniku wypadków, awarii technicznych czy aktów terrorystycznym powołuje się odpowiednie siły reagowania kryzysowego WP oraz układu pozamilitarnego. Jednym z przedsięwzięć powszechnie realizowanych w ramach obrony przed bronią masowego rażenia jest rozpoznanie skażeń z wykorzystaniem specjalistycznych przyrządów.

Celem niniejszej publikacji jest przegląd sprzętu rozpoznania skażeń NATO oraz używanych metod detekcji substancji toksycznych z uwzględnieniem aktualnych potrzeb Sił Zbrojnych.

## Wymagania wobec wojskowych przyrządów wykrywania skażeń chemicznych

Zasadniczym celem rozpoznania skażeń chemicznych w działaniach taktycznych jest wykrycie początku ataku chemicznego lub zdarzenia typu ROTA CHEM oraz określenie rodzaju i ilości substancji trujących w rejonie skażenia. Ze względu na bardzo dużą toksyczność bojowych środków trujących (BŚT) oraz toksycznych środków chemicznych, od przyrządów i zestawów rozpoznania skażeń wymaga się wysokiej wykrywalności, dużej szybkości działania, zdolności identyfikacji środka trującego w różnych postaciach fizycznych oraz w obecności znacznych ilości innych substancji. Pożądane są także: maksymalna automatyzacja procesów pomiaru i alarmowania, prostota obsługi i niskie koszty eksploatacji.

Spełnienie wszystkich tych wymagań równocześnie jest obecnie niemożliwe, dlatego przyrządy i zestawy rozpoznania chemicznego tworzą dwa wzajemnie uzupełniające się systemy rozpoznania skażeń: sygnalizacyjny i analityczny. W systemie sygnalizacji (wczesnego ostrzegania) od czujników skażeń chemicznych wymaga się przede wszystkim dużej szybkości działania, dostatecznie wysokiej wykrywalności, selektywności wobec grup BŚT i TŚC oraz prostoty obsługi. System analityczny powinien umożliwiać ilościowe i jakościowe oznaczenie nawet bardzo małych skażeń chemicznych środowiska, w tym także skażeń resztkowych po przeprowadzonej likwidacji skażeń. W systemach takich wykorzystuje się zestawy i laboratoria przewoźne oraz aparaturę przenośną o większym, niż w przyrządach systemu sygnalizacji, stopniu komplikacji konstrukcji i obsługi oraz często znacznych gabarytach i masie.

Kryterium wysokiej wykrywalności jest bardzo istotne w obu systemach. W systemie sygnalizacji jest jednak trudniejsze do spełnienia jako przeciwstawne potrzebie dużej szybkości działania. Według wymagań współczesnego pola walki, detektory wczesnego ostrzegania powinny wykrywać obecność BŚT w czasie znacznie krótszym od 1 minuty, najlepiej w ciągu 5-10 sekund, przy wykrywalności zapewniającej alarmowanie o skażeniach na poziomie stężeń niższych od progowych. Skalę problemu w zakresie zapewnienia wymaganej wykrywalności zestawów i przyrządów sygnalizacyjnych ilustruje tabela 1, w której zestawiono wartości dawek śmiertelnych, obezwładniających i progowych podstawowych tabelarycznych bojowych BŚT oraz wybranych TŚC. Ujęto w niej także wartości *Najwyższych Dopuszczalnych Stężeń* (NDS) na stanowisku bojowym (kryterium powszechnie stosowane przy charakterystyce TŚC), czyli stężeń środka trującego niewywołujących zatrucia drogami oddechowymi podczas ośmiogodzinnego przebywania bez środków ochronnych w atmosferze skażonego powietrza [6].

Tabela 1. Wielkości stężeń toksycznych podstawowych BŚT i TŚC przy jednonminutowej inhalacji [6, 7]

Rodzaj BŚT (TŚC)	Dawki toksyczne BŚT [mg min/m <sup>3</sup> ]			NDS [mg/m <sup>3</sup> ]
	śmiertelne	obezwładniające/ <i>niebezpieczne</i>	progowe	
Sarin (GB)	100	30	2,5	0,1 · 10 <sup>-3</sup>
Soman (GD)	30	10	0,4	0,03 · 10 <sup>-3</sup>
Vx	20	10	0,2	0,01 · 10 <sup>-3</sup>
Iperyt S (HD)	1500	100	25,0	3,0 · 10 <sup>-3</sup>
Amoniak	1700	350	27	20
Chlor	200	90	9	1,5
Tlenek węgla	3 500	1 650	180	30
Fosgen	100	8	1,5	0,5
Dwutlenek siarki	10 000	260	5	2
Siarkowodór	750	420	20	10
Tlenek Etylenu	111 000	1 140	3	1
Chlorowodór	1 400	140	7	5
Fluorowodór	450	25	4	0,5

Ideałem byłoby, aby przenośne detektory, zestawy i przyrządy wykrywania skażeń chemicznych charakteryzowały się wykrywalnością porównywalną z wartościami NDS BŚT i TŚC. Mimo ogromnego postępu, jaki został dokonany w latach 90. w dziedzinie detekcji minimalnych stężeń substancji chemicznych w powietrzu, wymóg taki jest ciągle niemożliwy do spełnienia. Optymalizując przeciwstawne parametry wykrywalności i szybkości wykrywania substancji chemicznych, przyjmuje się więc za wystarczającą wykrywalność średnio o około dwa rzędy wielkości wyższą od wartości odpowiadającej minutowej dawce progowej (tabela 2) [6].

Tabela 2. Zależność wartości pożądanej wykrywalności BŚT od czasu odpowiedzi przyrządu na skażenie powietrza [6]

Rodzaj BŚT	Stężenie progowe [mg/m <sup>3</sup> ]	Pożądane wykrywalności BŚT [mg/m <sup>3</sup> ] przy czasie reakcji przyrządu odpowiednio:					
		1 s	5 s	10 s	30 s	60 s	120 s
Vx	0,2	0,1	0,02	0,01	0,005	0,002	0,001
Soman (GD)	0,4	0,3	0,05	0,03	0,01	0,004	0,002
Sarin (GB)	2,5	1,5	0,3	0,15	0,05	0,025	0,01
Iperyt S (HD)	25,0	15,0	3,0	1,5	0,5	0,25	0,1

Jak wynika z danych zebranych w tabeli 2, dla przyrządów charakteryzujących się krótkimi czasami wykrywania (pojedyncze sekundy), wykrywalność może być tylko kilka - kilkanaście razy lepsza, natomiast przy dłuższym czasie wykrywania przyrząd powinien umożliwiać wykrywanie środków trujących na poziomie sto kilkadziesiąt - kilkaset razy niższym od wartości stężeń odpowiadających dawkom progowym. Jest oczywiste, że szybsze ostrzeżenie o wystąpieniu skażenia BŚT i TŚC umożliwia szybsze użycie środków ochrony przed skażeniami i skrócenie czasu wnikania trucizn do wnętrza organizmu. Zwiększone stężenie środka trującego w powietrzu, przy krótszym

czasie inhalacji, nie powoduje wówczas zwiększenia wielkości dawki BŚT pochłoniętej przez żołnierza.

W systemie sygnalizacji przez długie lata stosowano przede wszystkim proste i łatwe w obsłudze detektory i zestawy pomiarowe, w których wykorzystywano barwne reakcje chemiczne oraz biochemiczne, przeznaczone do wykrywania tabelarycznych BŚT. Zalicza się do nich różnego typu rurki, płytki i kążki wskaźnikowe, używane w zestawach wraz z przyrządami wymuszającymi przepływ powietrza przez wskaźnik albo dodatkowo wyposażone w komplet odczynników. Wykrywalności uzyskiwane za pomocą prostych detektorów skażeń chemicznych są zróżnicowane, ale mogą być bardzo wysokie, poniżej  $0,001 \text{ mg/m}^3$  (np. rurka wskaźnikowa RW-44a). Większość armii świata wyposażona jest w tego typu detektory i zestawy, a ich zasada działania, możliwości taktyczno-techniczne i gabaryty są zbliżone. Do ich niewątpliwych zalet należy zaliczyć prostotę budowy i obsługi, niski koszt oraz możliwość wykrywania z zadowalającą czułością zarówno BŚT, jak i TŚP. Poważnymi wadami tych detektorów są: dość długi czas indykacji skażeń (zwłaszcza przy oznaczaniu bardzo małych stężeń) oraz trudności automatyzacji procesów pomiaru i alarmowania. Z tych względów detektory i zestawy oparte na reakcjach chemicznych obecnie przeznacza się głównie do „detekcji braku skażeń”, tj. do określenia momentu, w którym można podjąć decyzję o zdjęciu maski przeciwgazowej i innych środków ochrony przed skażeniami.

W latach 90. rolę sygnalizatorów ostrzegających o użyciu broni chemicznej w armiach NATO przejęły automatyczne przyrządy rozpoznania skażeń chemicznych, w których wykorzystuje się fizyczne i fizykochemiczne metody detekcji. Są to urządzenia mogące pracować w sposób ciągły i bez ingerencji człowieka, także w sieciach rozpoznania skażeń. Pobór próbki powietrza, jej przygotowanie do pomiaru, analiza składu chemicznego oraz przekazanie informacji o stężeniu i rodzaju skażenia wykonywane są w sposób automatyczny. W porównaniu z detektorami chemicznymi charakteryzują się większymi prędkościami działania, dokładniejszym oznaczaniem stężenia wykrytych środków trujących oraz możliwością ustawiania progów wykrywalności przyrządu. W znacznym stopniu eliminują przy tym subiektywny czynnik wpływu poziomu wykształcenia operatora na wiarygodność uzyskiwanej informacji. Są jednak z reguły mniej selektywne i charakteryzują się gorszą wykrywalnością w stosunku do różnych BŚT.

W automatycznych przenośnych przyrządach rozpoznania skażeń chemicznych wykorzystuje się fizyczne i fizykochemiczne (coraz rzadziej biochemiczne) metody indykacji związków chemicznych w powietrzu. Wybór metody uzależniony jest od wymagań taktyczno-technicznych (w tym wykrywalności i szybkości działania), stawianych przyrządom w zależności od szczebla ich wykorzystania, przewidywanych zadań armii w czasie wojny i pokoju oraz technicznych i finansowych możliwości użytkownika.

### **Podział metod detekcji bojowych środków trujących w powietrzu**

Zadania stawiane przed wojskowymi systemami rozpoznania skażeń chemicznych są bardzo złożone, dlatego techniczne środki rozpoznania skażeń muszą spełniać bardzo wysokie i różnorodne wymagania. Aby system był efektywny, musi być wyposażony w przyrządy o różnych parametrach taktyczno-technicznych, odpowiadających ich zróżnicowanemu przeznaczeniu: dla pododdziałów ogólnowojskowych i chemicznych, dla pojedynczego żołnierza, drużyny, plutonu czy dla pojazdów lub wozów bojowych,

do zdalnego czy miejscowego wykrywania skażeń, do pracy autonomicznej czy też w sieci. Dla sprostania wszystkim wymaganiom, poszczególne grupy przyrządów konstruowane są w oparciu o różne zasady działania. Jednocześnie wzrastające wymagania i potrzeby wojsk oraz rosnąca liczba w zakresie detekcji coraz szerszej grupy związków chemicznych (nowe BŚT oraz wybrane TŚC) jest przyczyną intensywnych prac badawczych nad wykorzystaniem nowych technik pomiarowych w wojskowych przyrządach rozpoznania skażeń chemicznych.

Metody wykrywania związków chemicznych w powietrzu można podzielić na dwie grupy: do wykrywania substancji chemicznych bezpośrednio w miejscu ich występowania (metody działania miejscowego, punktowe) oraz do wykrywania skażeń w odległości od kilkuset metrów do kilku kilometrów (metody zdalnej detekcji) [6].

W zdecydowanej większości wojskowych przyrządów rozpoznawczych wykorzystywane są metody wykrywania związków chemicznych w miejscu ich występowania, a wśród stosowanych metod można wyróżnić:

- a) metody chemiczne (reakcje chemiczne),
- b) metody biochemiczne (reakcje biochemiczne),
- c) metody fizyczne i fizykochemiczne, w tym sensory chemiczne.

Metody zdalnej detekcji, bazujące na efektach oddziaływania promieniowania elektromagnetycznego z wykrywanymi substancjami na tzw. długiej drodze pomiaru, dzieli się na dwie zasadnicze grupy:

- a) metody aktywne - LIDAR (Light Detection and Ranging) – analiza parametrów sygnału wysłanego przez urządzenie pomiarowe po jego oddziaływaniu z badaną atmosferą;
- b) metody pasywne - LOPAIR (Long Path Infrared) - analiza widma promieniowania w podczerwieni emitowanego przez kontrolowane otoczenie.

Niektóre z metod będących podstawą działania przyrządów do zdalnego wykrywania skażeń atmosfery są wykorzystywane także w przyrządach działania miejscowego, zwłaszcza metody spektrometryczne w podczerwieni.

### **Przyrządy rozpoznania skażeń chemicznych stosowane w armiach NATO**

Wojskowe przyrządy rozpoznania skażeń chemicznych stosowane są w dwóch wzajemnie się uzupełniających systemach detekcji: sygnalizacyjnym i analitycznym. Przyrządy i aparatura wykorzystywane w systemie analitycznym są z reguły klasycznymi zestawami analizy instrumentalnej bądź chemicznej, przystosowanymi do pracy w warunkach polowych. Wojskowe sygnalizatory skażeń chemicznych tworzą odrębną grupę przyrządów, konstrukcyjnie przystosowanych do wykrywania bardzo małych stężeń bojowych środków trujących w warunkach współczesnego pola walki. Różnorodne przyrządy tego typu znajdują się na wyposażeniu większości armii Sojuszu Północnoatlantyckiego (tab. 3).

Tabela 3. Podstawowe przyrządy rozpoznania skażeń chemicznych NATO [6, 8-16]

Nazwa (symbol) przyrządu	Kraj producenta	Stosowany w armii	Zasada działania	Wykrywalność przyrządu [mg/m <sup>3</sup> ]	Czas *1 wykrycia [s]	Temperaturowy zakres pracy [°C]	Masa [kg]	Uwagi
1	2	3	4	5	6	7	8	9
GSP-11	Rosja	Polski Czech Węgier	biochemiczny; reakcja enzymatyczna na taśmnie	GB - 0,01/0,001** HD - nie wykrywa	60 ÷ 80** lub 300 ÷ 500	-40 ÷ +40	12	Gazosygnalizator stacyjny lub pokładowy. Masa kompletu z akumulatorami 29,5 kg.
GSA-12	Rosja	Polski Czech Węgier	biochemiczny; reakcja enzymatyczna na taśmnie	G, V - 0,01/0,0002** HD - nie wykrywa	270 lub 270 (co 960) **	-40 ÷ +45	16	Gazosygnalizator stacyjny lub pokładowy. Dodatkowa masa bloku zasilana – 15 kg.
AVJ-1	Węgry	Polski Czech Węgier	biochemiczny; reakcja enzymatyczna na taśmnie	GB - 0,01/0,001** HD - nie wykrywa	42 ÷ 57 lub 57 ÷ 207 **	-40 ÷ +40	19	Gazosygnalizator stacyjny lub pokładowy.
NAIAD	Wlk. Brytania	Wlk. Brytanii	biochemiczny; reakcja enzym. w komórce elektrochemicznej	G, V - 0,005 AC - 0,05 HD nie wykrywa	60 ÷ 120	-31 ÷ +52	12,5	Gazosygnalizator przenośny i/lub stacyjny. Masa przyrządu wraz z akumulatorami.
ACAL	Holandia	Holandii	biochemiczny; reakcja enzymatyczna na taśmnie	G, V - 0,02 HD - nie wykrywa	18	-25 ÷ +50	10	Gazosygnalizator przenośny i/lub stacyjny. Masa przyrządu podana bez akumulatorów.
CAM	Wlk. Brytania	GB, USA i innych	spektrometria ruchliwości jonów	G, V - 0,1 HD - 5	5	-30 ÷ +55	1,5	Przyrząd przenośny / ręczny.
GID-2 GID-3	Wlk. Brytania	GB, USA i innych	spektrometria ruchliwości jonów	G, V - 0,1 HD - 5	5	-30 ÷ +55	b.d.	Przyrządy pokładowe (GID-3) oraz detektory w sieciach wykrywania skażeń (GID-2).
M8A1 (M43) (M43A1) (M43A1 HD)	USA / Niemcy	Niemiec USA	- elektrochemicz. - komora jonizac. - komora joniz + wyład. koronowe	G, V - 0,5 G, V - 0,3 ÷ 0,5 G, V - 0,3 ÷ 0,5 HD - 50	30 ÷ 120 5 ÷ 20 5 ÷ 20	-40 ÷ +49 -40 ÷ +49 -40 ÷ +49	3 3 3,9	Przyrządy pokładowe lub stacyjne (detektor M43 wycofany). Masa akumulatorów 5,4 kg, zasilacza sieciowego – 3 kg.
A2	USA/ Niemcy	Niemiec USA	G,H- spektrom ruchliw. jonów AC/CG- sensor elektrochemiczny	G, V - 0,1 HD,HN,L - 5 ÷ 10 AC - 50 CG - 20	5 5 ÷ 10 10 30	-30 ÷ +50	1,4	Przyrząd przenośny, pokładowy lub stacyjny do pracy w sieci wykrywania skażeń.
XM22 /ACADA	USA	USA, GB	spektrometria ruchliwości jonów	G, V - 0,1 HD,HN - 5 L - 10	5	-40 ÷ +52	5,4	Przyrząd przenośny, pokładowy lub stacyjny. Masa przyrządu podana bez baterii.
GVJ-2	Węgry	Węgier	spektrometria ruchliwości jonów	G, V - 0,05 HD-2	5 ÷ 30	-25 ÷ +55	1,8	Przyrząd przenośny.

Nazwa (symbol) przyrządu	Kraj producenta	Stosowany w armii	Zasada działania	Wykrywalność przyrządu [mg/m <sup>3</sup> ]	Czas *1 wykrycia [s]	Temperaturowy zakres pracy [°C]	Masa [kg]	Uwagi
AP2C	Francja	Francji Polski	Spektrometria płomieniowo-fotometryczna	G, V - 0,01 ÷ 0,016 HD - 0,4	1 ÷ 2,5	-32 ÷ +55	2	Przyrząd przenośny / ręczny. Przystawka S4PE umożliwia detekcję ciekłych skażeń powietrzni.
DETALAC M1e F1 i M1e F2	Francja	Francji	Spektrometria płomieniowo-fotometryczna	G, V - 0,1 HD - nie wykrywa	2	-20 ÷ +50	18	Przyrząd stacjonarny (M1e F1) lub pokładowy (M1e F2).
TGM 1302	Dania	Danii	Optoakustyczna spektrometria absorpcyjna IR	G - 0,1 HD - 1	45	-20 ÷ +50	5,5	Przyrząd stacjonarny, przystosowany do pracy w sieci wykrywania skażeń.
MGM 1302	Dania	Danii	Optoakustyczna spektrometria absorpcyjna IR	G - 0,1 HD - 1 AC/CG - 1	45	-20 ÷ +50	b.d.	Przyrząd przenośny/ stacjonarny; z przystawką 1303 wielopunktową. Jednoczesna detekcja skażeń.
ICAD	USA	USA, GB	Sensory elektrochemiczne	G - 0,2/0,5*** HD, L - 10/50*** CG - 25 AC - 50	120/30*** 120/30*** 15 120	-18 ÷ +45	0,2	Indywidualny sygnalizator skażenia powietrza podstawowymi tabelarycznymi BŚT.
MT80 Mark 2 MT90	Wlk. Brytania	Wlk. Brytanii	Sensor elektryczny półprzewodnikowy	Tabelar. BŚT - 0,1 Tabelar. BŚT - 0,1	60 60	-30 ÷ +80 -30 ÷ +80	33 b.d.	MT80 - przyrząd stacjonarny z wynośnym detektorem (300m); M90 - wyrzeliwany (do 20 km).
MT 100	Wlk. Brytania	Wlk. Brytanii	Sensor elektryczny półprzewodnikowy	Tabelar. BŚT - 0,1	60	-30 ÷ +80	0,5	Niespecyficzny indywidualny detektor skażeń chemicznych powietrza.
MM-1	Niemcy	Niemiec USA, GB, F	Spektrometria masowa	Tabelar. BŚT - 0,1	10 ÷ 300	30 ÷ +60	b.d.	Przewoźny spektrometr masowy, montowany na wozach rsk.
DETADIS	Francja	-	Lidar absorpcyjny renesansowej	G - 0,2 g/m2 HD - b.d	10	b.d	200	Prototyp; przyrząd stacjonarny / przewoźny; zasięg do 0,6 ÷ 5 km. Nie wprowadzono na wyposażenie wojsk.
VTB-1	Węgry	-	LIDAR absorpcyjny różnicowej DIAL	G - 0,13 g/m2 HD - nie wykrywa	10	b.d	b.d	Prototyp. Przyrząd stacjonarny / przewoźny; zasięg 0,25 ÷ 5 km.
JSLSCAD	USA	USA	LIDAR absorpcyjny różnicowej DIAL	G - 0,1 g/m2 HD - 0,1 g/m2	10	b.d	b.d	Przyrząd stacjonarny / przewoźny; zasięg do 3km.
M21 RSCAAL	USA	USA Niemiec	Pasywny detektor IR	G - 0,15 g/m2 HD - 0,5 ÷ 2,3 g/m2	10	-32 ÷ +48	22,7	Stacjonarny lub pokładowy przyrząd detekcji zdalnej.
AN/KAS-1	USA	USA	Pasywny detektor IR	G - b.d HD - nie wykrywa	10	-48 ÷ +52	12,7	Stacjonarny przyrząd detekcji zdalnej marynarki wojennej USA.

\*) Czas wykrywania BŚT przy stężeniu granicznym; \*\*) W zależności od podzakresu pracy przyrządu; \*\*\*) Czas detekcji zależny od stężenia wykrywanego BŚT

## Podsumowanie

Aby ochrona wojsk przed TŚC była skuteczna, przyrządy rozpoznania skażeń muszą spełniać najwyższe standardy, tzn. zapewnić wysoką wykrywalność i szybkość działania oraz zdolność identyfikacji środka trującego. Według Autorów niniejszego opracowania, pożądane jest, aby detektory wczesnego ostrzegania wykrywały obecność toksycznych substancji w czasie znacznie krótszym od 60 s (najlepiej w ciągu 5-10 s), przy wykrywalności zapewniającej alarmowanie o skażeniach poniżej stężeń progowych. Jednak na obecnym etapie technologicznym spełnienie powyższych wymogów jest niemożliwe, dlatego przyrządy i zestawy rozpoznania tworzą dwa wzajemnie uzupełniające się systemy rozpoznania skażeń: sygnalizacyjny i analityczny. Od kilku lat prowadzone są zaawansowane badania nad zastosowaniem techniki laserowej, co pozwoliło na opracowanie prototypów nowoczesnych urządzeń rozpoznania skażeń, zwanych lidarami. Możliwości detekcyjne układów lidarowych są bliskie teoretycznie pożądanym parametrom wojskowego przyrządu rozpoznania skażeń, nie tylko chemicznych, ale również biologicznych i promieniotwórczych. Możliwe jest wykrycie i identyfikacja skażenia, oznaczenie jego stężenia na poziomie bliskim NDS, jak również określenie obszaru skażenia i jego zmian w czasie. Określanie za pomocą jednego przyrządu mapy rozprzestrzeniania skażeń w funkcji czasu, pozwalające na efektywne prognozowanie skażeń, jest unikatową cechą lidarowej techniki pomiarowej. Montaż lidarów na samochodach i samolotach znacznie poprawia ich możliwości oraz pozwala na wykorzystanie przyrządów w badaniach meteorologicznych i analizie zanieczyszczeń środowiska. Są to jednak jeszcze urządzenia jednostkowe, bardzo drogie i przez to ich powszechne wprowadzenie na wyposażenie wojsk jest utrudnione.

## Literatura

1. Doktryna Obronna DD/3.8 - *OPBMR w operacjach połączonych*, Chem. 396/2004.
2. *Plan udziału Wojsk Lądowych w rozpoznaniu i likwidacji skażeń spowodowanych awarią chemiczną (wypadkiem radiacyjnym) lub aktem terroru*, SOPBMR, zał. nr 5 do Planu użycia oddziałów i pododdziałów Wojsk Lądowych w przypadku wystąpienia sytuacji kryzysowych, Sztab Gen. WP, 2005.
3. Dyrektywa nr 80-64, *Wytyczne Dowództwa Regionalnego NATO w Europie (ACE) w Zakresie Działania Wojsk po Wystąpieniu Skażeń Przemysłowych*.
4. Stanag 2909 NBC (Ed. 1) *Ochrona Wojsk Przed Toksycznymi Środkami Przemysłowymi - Poradnik Dowódcy*.
5. Stanag 235, *Sprzęt i wyposażenie OPBMR przed TŚP*.
6. L. Starostin, Z. Witkiewicz, S. Neffe, *Analiza środków trujących. Współczesne metody oraz wojskowe środki detekcji i rozpoznania skażeń chemicznych*, WAT wewn. 2339/95, Warszawa 1995.
7. Strona internetowa – [www.ratownictwo.chem.pl/dane/gazowe.htm](http://www.ratownictwo.chem.pl/dane/gazowe.htm)
8. Jane's NBC Protection Equipment 1999-2000.
9. Jane's NBC Protection Equipment 2001-2002.
10. Operating instructions for U.S.Army Chemical School – tactical interactive information tool.
11. Strona internetowa – [www.army.mod.uk/equipment](http://www.army.mod.uk/equipment)



12. Strona internetowa – [www.army-technology.com/contractors/nbc](http://www.army-technology.com/contractors/nbc)
13. Strona internetowa – [www.sbcom.army.mil](http://www.sbcom.army.mil)
14. Strona internetowa – [www.smithsdetection.com](http://www.smithsdetection.com)
15. Strona internetowa – [www.NBC Reconnaissance System](http://www.NBC_Reconnaissance_System)
16. Strona internetowa – [www.proengin.com](http://www.proengin.com)