



AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

AON wewn. 5045/98

Płk dr hab. Ireneusz NOWAK
Mjr dypl. Jarosław SOLARZ

**TOKSYCZNE ŚRODKI PRZEMYSŁOWE JAKO ŹRÓDŁO
ZAGROŻEŃ DLA WOJSK PROWADZĄCYCH DZIAŁANIA
BOJOWE NA OBSZARZE KRAJU**



50751

WARSZAWA

1998

AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

WYDZIAŁ WOJSK LĄDOWYCH

KATEDRA WOJSK OBRONY PRZECIWCHEMICZNEJ

AON wewn. 5045/98



Płk dr hab. Ireneusz NOWAK

Mjr dypl. Jarosław SOLARZ

TOKSYCZNE ŚRODKI PRZEMYSŁOWE JAKO ŹRÓDŁO ZAGROŻEŃ DLA WOJSK PROWADZĄCYCH DZIAŁANIA BOJOWE NA OBSZARZE KRAJU

SPIS TREŚCI

WSTĘP.....	5
1. CHARAKTERYSTYKA TOKSYCZNYCH ŚRODKÓW PRZEMYSŁOWYCH W ASPEKcie ZAGROŻENIA DLA WOJSK I ŚRODOWISKA W TOKU DZIAŁAŃ WOJENNYCH.....	6
1.1. Definicja pojęcia „toksyczne środki przemysłowe” oraz terminów pokrewnych.....	6
1.2. Charakterystyka właściwości fizykochemicznych toksycznych środków przemysłowych.....	14
1.3. Charakterystyka właściwości pożarowo-wybuchowych toksycznych środków przemysłowych.....	16
1.4. Charakterystyka właściwości toksykodynamicznych toksycznych środków przemysłowych.....	20
2. MOŻLIWOŚCI WYSTĄPIENIA SKAŻEŃ TOKSYCZNYMI ŚRODKAMI PRZEMYSŁOWYMI NA OBSZARZE KRAJU	29
2.1. Możliwości wystąpienia skażeń po uwolnieniu toksycznych środków przemys- łowych z obiektów stacjonarnych rozmieszczonych na obszarze kraju	30
2.2. Możliwości wystąpienia skażeń po uwolnieniu substancji niebezpiecznych z obiektów stacjonarnych rozmieszczonych na obszarze kraju.....	32
2.3. Możliwości wystąpienia skażeń po uwolnieniu toksycznych środków przemysłowych w wyniku awarii na szlakach kolejowych i drogowych.....	33
2.4. Charakterystyka ilościowa i jakościowa potencjalnych zagrożeń stwarzanych przez toksyczne środki przemysłowe	36
3. SKUTKI ODDZIAŁYWANIA UWOLNIONYCH TOKSYCZNYCH ŚRODKÓW PRZEMYSŁOWYCH NA WOJSKA I ŚRODOWISKO	41
3.1. Charakterystyka możliwych zniszczeń (awarii) zbiorników i instalacji z toksycz- nymi środkami przemysłowymi oraz rozprzestrzeniania się uwolnionych środków w środowisku.....	41
3.2. Prognozowane skutki oddziaływania uwolnionych toksycznych środków przemysłowych na wojska.....	48
3.3. Skutki oddziaływania uwolnionych toksycznych środków przemysłowych na środowisko	51
3.4. Skutki użycia toksycznych środków przemysłowych jako broni chemicznej.....	53
3.5. Skutki uwolnienia toksycznych środków przemysłowych w wyniku awarii (niszczeń) zbiorników i instalacji w okresie pokoju.....	55
4. PRZECIWDZIAŁANIE ZAGROŻENIOM TOKSYCZNYMI ŚRODKAMI PRZEMYSŁOWYMI W TOKU DZIAŁAŃ WOJENNYCH	60
4.1. Ogólne zasady działania wojsk w warunkach zagrożenia i po uwolnieniu toksycz- nych środków przemysłowych	60

4.2. Wykrywanie zniszczeń (awarii) obiektów z toksycznymi środkami przemysłowymi	61
4.3. Prognozowanie skutków uwolnienia toksycznych środków przemysłowych do środowiska	62
4.4. Ostrzeganie o zagrożeniu i alarmowanie wojsk o skażeniach.....	64
4.5. Rozpoznanie skażeń powstałych po uwolnieniu toksycznych środków przemysłowych.....	65
4.6. Realizacja przedsięwzięć z zakresu indywidualnej i zbiorowej ochrony przed toksycznymi środkami przemysłowymi.....	66
4.7. Likwidacja skutków zniszczenia (awarii) obiektów z toksycznymi środkami przemysłowymi	69
LITERATURA	73
WYKAZ RYSUNKÓW	76
WYKAZ TABEL	77
ZAŁĄCZNIKI.....	78

WSTĘP

Skrypt *Toksyczne środki przemysłowe jako źródło zagrożeń dla wojsk prowadzących działania bojowe na obszarze kraju* został opracowany z myślą o wykorzystaniu go w procesie dydaktycznym w Akademii Obrony Narodowej przez studentów kursów podstawowych i podyplomowych.

Zawarto w nim podstawową wiedzę o właściwościach toksycznych środków przemysłowych, zagrożeniach jakie stwarzają dla wojsk działających na obszarze kraju, skutkach ewentualnego ich uwolnienia ze zbiorników i instalacji oraz sposobach przeciwdziałania zagrożeniom i skażeniom przez wojska w toku prowadzonych przez nie działań bojowych.

Wiedza o powyższych problemach została zawarta w czterech rozdziałach. W rozdziale pierwszym przedstawiono definicję pojęcia „toksyczne środki przemysłowe” oraz charakterystyki fizykochemiczne, pożarowo-wybuchowe i toksykodynamiczne toksycznych środków przemysłowych.

W rozdziale drugim opisano możliwości powstania skażeń po uwolnieniu toksycznych środków przemysłowych oraz substancji niebezpiecznych z obiektów stacjonarnych rozmieszczonych na obszarze kraju. Przedstawiono też możliwości wystąpienia skażeń w przypadku zniszczenia lub awarii obiektów mobilnych na szlakach kolejowych i na drogach. Zamieszczono charakterystykę ilościowo-jakościową potencjalnych zagrożeń.

W rozdziale trzecim przedstawiono przewidywane skutki oddziaływania uwolnionych TSP na wojska i środowisko oraz rzeczywiste skutki użycia TSP w charakterze broni chemicznej oraz ich uwolnienia w czasie awarii jakie miały miejsce w okresie pokoju.

Rozdział czwarty zawiera materiały przedstawiające zasady działania wojsk w warunkach zagrożenia i po uwolnieniu toksycznych środków przemysłowych oraz zasady realizacji przedsięwzięć przeciwdziałających zagrożeniom i skutkom uwolnienia TSP.

1. CHARAKTERYSTYKA TOKSYCZNYCH ŚRODKÓW PRZEMYSŁOWYCH W ASPEKcie ZAGROŻENIA DLA WOJSK I ŚRODOWISKA W TOKU DZIAŁAŃ WOJENNYCH

1.1. Definicja pojęcia „toksyczne środki przemysłowe” oraz terminów pokrewnych

Termin „toksyczne środki przemysłowe” jest używany w wojsku i w obronie cywilnej, rzadziej w publikacjach niewojskowych. Niektórzy autorzy termin toksyczne środki przemysłowe utożsamiają z terminem „skażenia przemysłowe”¹ bądź pojęciem „materiały bądź substancje niebezpieczne”.

Pojawia się uzasadnione pytanie o to czy pojęcia „toksyczne skażenia przemysłowe”, „skażenia przemysłowe”, „materiały (substancje) niebezpieczne” można traktować jako równoważne i zamienne. Aby odpowiedzieć na tak sprecyzowane pytanie należy przeanalizować istotę przedstawionych wyżej terminów.

Toksyczne środki przemysłowe to termin, który nie ma jednoznacznej, powszechnie akceptowanej definicji. W literaturze można znaleźć wiele definicji, niekiedy bardzo się od siebie różniących. Oto sześć przykładów:

1. *Toksyczny środek przemysłowy to toksyczny związek chemiczny (pierwiastek chemiczny) wykorzystywany w produkcji pokojowej i dalej toksyczny związek chemiczny to dowolny związek chemiczny, który poprzez swoje działanie może spowodować śmierć, czasowe obezwładnienie lub trwałą szkodę ludziom i zwierzętom*².

2. *Toksyczne środki przemysłowe to różnego rodzaju substancje chemiczne - najczęściej surowce stosowane w przemyśle - mogące w określonych warunkach wywoływać porażenia (zatrucia) u ludzi i zwierząt oraz powodować degradację środowiska naturalnego*³.

3. *TSP to substancje używane lub wytwarzane w procesie produkcji, szkodliwe dla zdrowia ludzi, którzy się z nimi stykają*⁴.

4. *Toksyczne środki przemysłowe to różnego rodzaju substancje chemiczne stosowane we współczesnym przemyśle, głównie chemicznym, które po wydostaniu się z urządzeń (aparatu-*

¹ Np. 21 listopada 1991r. w WSOIW we Wrocławiu odbyło się sympozjum nt. *Wybrane problemy obrony przeciwochemicznej dywizji zmechanizowanej w działaniach z zagrożeniem skażeniami przemysłowymi*.

² Zob. *Obrona przeciwochemiczna sił zbrojnych RP (projekt)*, Szt. Gen. SWOPChem, Warszawa 1996, s. 5.

³ Zob. *Biuletyn Informacyjny* nr 1 (156), Warszawa 1989, s. 77.

⁴ Zob. *Wybrane zagadnienia obrony przeciwochemicznej DZ w działaniach z zagrożeniem skażeniami przemysłowymi*, WSOWInż., Wrocław 1993.

ry, zbiorników, rurociągów) przemysłowych mogą spowodować ciężkie – w tym śmiertelne zatrucia ludzi i zwierząt oraz degradację środowiska naturalnego⁵.

5. Toksyczne środki przemysłowe to związki chemiczne o właściwościach toksycznych, wykorzystywane w dużych ilościach w przemyśle, bądź transportowane, posiadające zdolność łatwego przechodzenia do atmosfery w przypadku zniszczenia (awarii) urządzeń i wywoływania masowych porażeń ludności⁶.

6. TSP to związki chemiczne o właściwościach trujących, wykorzystywane w dużych ilościach w przemyśle bądź przewożone środkami transportowymi posiadające zdolności łatwego przechodzenia do atmosfery w przypadku zniszczenia (awarii) urządzeń i wywoływania porażeń ludności (wojsk)⁷.

Z lektury przedstawionych wyżej definicji jednoznacznie wynika, że występują między nimi bardzo istotne różnice merytoryczne. To właśnie jest przyczyną nieporozumień w kwestii zaliczenia określonych substancji do toksycznych środków przemysłowych. Konsekwencją tego jest to, że w literaturze podaje się różne ich ilości. Istnieje w związku z tym potrzeba precyzyjnego zdefiniowania pojęcia „toksyczne środki przemysłowe”. Punktem wyjścia do przedstawienia definicji, dla potrzeb sił zbrojnych, powinny być właściwości substancji powodujące, że stanowi ona zagrożenie dla wojsk. Do właściwości substancji stwarzającej zagrożenie należy niewątpliwie zaliczyć:

- właściwości trujące;
- produkcję na skalę masową oraz transport substancji w celu użycia lub przetwarzania w innych zakładach;
- zdolność łatwego przechodzenia do atmosfery w przypadku uwolnienia ze zbiorników i instalacji oraz rozprzestrzeniania się w powietrzu na duże odległości;
- zdolność do wywoływania porażeń żołnierzy.

Jest oczywiste, że z punktu widzenia oceny zagrożeń ludności cywilnej wymagania te będą się nieco różnić, co w konsekwencji powinno znaleźć odzwierciedlenie w treści definicji przyjętej w obronie cywilnej.

Definicja sprecyzowana dla potrzeb sił zbrojnych uwzględniająca podane wyżej właściwości, przyjęta przez autorów w niniejszej pracy brzmi następująco:

Toksyczne środki przemysłowe to substancje chemiczne o właściwościach trujących, produkowane i wykorzystywane w dużych ilościach w gospodarce narodowej oraz transportowane w celu użycia lub przetworzenia w innych zakładach, posiadające zdolność łatwego przechodzenia do atmosfery w przypadkach uwolnienia ze zbiorników i instalacji i wywoływania porażeń żołnierzy.

⁵ Tamże, s. 26.

⁶ Tamże, s. 26.

⁷ Zob. *Metodyka oceny sytuacji chemicznej po skażeniach toksycznymi środkami przemysłowymi*, MON, Warszawa 1993, s.7.

Autorzy zdają sobie sprawę, że i ta definicja może budzić wątpliwości. Po pierwsze niejednoznaczne jest pojęcie „substancje chemiczne o właściwościach trujących”. Pojęcie truciźny zdaniem toksykologów jest trudne do zdefiniowania. Wiadomo bowiem, że podawanie dużych ilości substancji mało szkodliwych, czy nawet niezbędnych dla organizmu może powodować poważne objawy zatrucia. Z kolei wiele bardzo toksycznych związków stosowanych jest z powodzeniem jako leki. Stąd też Paracelsus powiedział, że *wszystko jest trucizną i nic nie jest trucizną, tylko dawka decyduje, że jakaś substancja nie jest trucizną*⁸. Oprócz dawki ważna jest również droga podania. Toksyczność zależy też od innych czynników, stąd też można sprecyzować jedynie przybliżone teoretycznie pojęcie truciźny. W toksykologii definiuje się je następująco: *trucizny są to substancje, które po przeniknięciu do organizmu nawet w małych ilościach powodują, wskutek swych właściwości toksykodynamicznych zaburzenia fizjologicznych czynności organizmu i śmierć*⁹. Z tej części definicji nie wynika więc dokładnie o jakie konkretnie środki chodzi.

Po drugie w drugiej części definicji „produkowane i wykorzystywane w gospodarce narodowej w dużych ilościach” budzi zastrzeżenie określenie „w dużych ilościach”. Może być ono różnie rozumiane i prowadzić w konsekwencji do podawania w publikacjach niejednoznacznych danych o źródłach zagrożenia. Ze względu na zróżnicowaną toksyczność związków chemicznych zaliczanych do TSP trudno jednak jednoznacznie ustalić próg ilościowy, powyżej którego substancję chemiczną zalicza się do TSP. Definicja precyzuje, że do TSP zalicza się środki „posiadające zdolność łatwego przechodzenia do atmosfery”. Oznacza to, że z punktu widzenia tych ustaleń ciecze o wysokich temperaturach wrzenia oraz ciała stałe nie powinny być zaliczane do TSP.

Skażenia przemysłowe¹⁰ to termin, przy pomocy którego w ochronie środowiska określa się skażenia emitowane przez przemysł, sektor komunalno-bytowy i transport. Chodzi głównie o skażenia gazowe atmosfery (tlenki węgla, siarki i azotu oraz metan i freony), skażenia ściekami wód i gleb oraz skażenia odpadami stałymi środowiska wodnego i litosfery. Skażenia przemysłowe obejmują więc bardzo liczną grupę związków chemicznych, o różnym stanie skupienia (gazy, ciecze i ciała stałe), zróżnicowanych zdolnościach przechodzenia do atmosfery i różnej toksyczności (trucizny, środki szkodliwe, środki nieszkodliwe), zdolnych do powodowania zmian w środowisku naturalnym. Termin „skażenia przemysłowe” jest więc znacznie szerszy aniżeli termin „toksyczne środki przemysłowe”. TSP są na pewno jedną z grup związków chemicznych składających się na skażenia przemysłowe.

Substancja niebezpieczna oznacza taką substancję lub mieszaninę, która ze względu na jedną lub więcej właściwości chemicznych, fizycznych lub toksycznych stanowi zagrożenie.

⁸ Zob. *Zarys toksykologii wojskowej*, MON, 1988, s. 11.

⁹ Tamże, s. 11.

¹⁰ Zob. J. Ludwiczak, St. Wilczkowiak, *Nadzwyczajne zagrożenia środowiska. Zadania administracji rządowej i samorządowej w zakresie profilaktyki ratownictwa i likwidacji skutków*, AON, MOSZiL, Warszawa 1994.

Substancje te ze względu na zagrożenie jakie stwarzają dla ludzi i środowiska są przedmiotem zainteresowania wielu instytucji. W Polsce organem koordynacyjnym ich działania jest Centralny Instytut Ochrony Pracy. Instytucja, o której mowa, we współdziałaniu z innymi placówkami naukowymi, opracowuje indeks substancji niebezpiecznych oraz karty charakterystyk substancji niebezpiecznych. Karty te zawierają dane o właściwościach substancji (chemicznych, fizycznych i toksycznych) oraz zasadach postępowania z nimi w czasie produkcji, transportu i neutralizacji. W tabeli 1 przedstawiono *Indeks nazw substancji niebezpiecznych wraz z ich numerami ONZ (NZ) według numerów rejestracyjnych*.

Tabela 1

Indeks nazw substancji niebezpiecznych wraz z ich numerami ONZ (UN) według numerów rejestracyjnych

Nr rejestracyjny	Nazwa substancji	Nr ONZ (UN)	Nr rejestracyjny	Nazwa substancji	Nr ONZ (UN)
0001	toluen	1294	0038	chlor	1017
0002	aceton	1090	0039	chlorek etylu	1037
0003	akroleina	1092	0040	chlorek winylu	1086
0004	alkohol etylowy	1170	0041	chloroform	1888
0005	amoniak	1005	0042	dwutlenek siarki	1079
0006	anilina	1547	0043	eter etylowy	1155
0007	benzen	1114	0044	kwas akrylowy	2218
0008	chlorowodór	1050	0045	kwas mrówkowy	1779
0009	cyjanowodór	1051	0046	nafta	1268
0010	czterochlorek węgla	1846	0047	β -naftyloamina	1650
0011	dwusiarczek węgla	1131	0048	rtęć	2809
0012	fenol	1671	0049	nitrobenzen	1662
0013	fluorowodór	1052	0050	siarkowodór	1053
0014	formaldehyd	1198	0051	aldehyd octowy	1089
0015	ftalan dwubutylu	-	0052	alkohol alilowy	1098
0016	ftalan dwu-2-etyloheksylu	-	0053	alkohol butoksyetylowy	2369
0017	bezwodnik ftalowy	2214	0054	alkohol 2-chloroetylowy	1135
0018	glikol etylenowy	-	0055	alkohol metoksyetylowy	1188
0019	halotan	-	0056	alkohol n-propylowy	1274
0020	ksyleny	1307	0057	bromowodór	1048
0021	kwas azotowy	2032	0058	p-chlorofenol	2020
0022	kwas fosforowy	1805	0059	cykloheksan	1145
0023	kwas octowy	2789	0060	dwutlenek chloru	-
0024	kwas siarkowy	1830	0061	epichlorohydryna	2023
0025	bezwodnik maleinowy	2215	0062	etylenodwuamina	1604
0026	chlorek metylenu	1593	0063	fosgen	1076
0027	alkohol n-butyłowy	1120	0064	n-heksan	1208
0028	octan etylu	1173	0065	jod	-
0029	metanol	1230	0066	metryloizobutyloketon	1245
0030	octan n-butylu	1123	0067	mrówczan etylu	1190
0031	pirydyna	1282	0068	naftalen	1334
0032	tlenek węgla	1016	0069	octan n-amylu	1104
0033	trójchloroetylen	1710	0070	ozon	-
0034	wodorotlenek potasu	1813	0071	pięciotlenek fosforu	1807
0035	wodorotlenek sodu	1823	0072	terpentyna	1299
0036	benzydyna	1885	0073	tlenek magnezu	-
0037	bezwodnik octowy	1715	0074	1,1,1-trójchloroetan	2831
			0075	trójetylenoczteroamina	2259

Źródło: D. Koradecka, *Karty charakterystyk substancji niebezpiecznych*, Centralny Instytut Ochrony Pracy, Warszawa 1993.

Z informacji zamieszczonych w tabeli 1 wynika, że w Polsce produkuje się, przetwarza i wykorzystuje 75 substancji niebezpiecznych. Spośród nich wydziela się grupę materiałów szczególnie niebezpiecznych. Wykaz tych materiałów przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2

Wykaz materiałów szczególnie niebezpiecznych

Nazwa środka	klasa
Amoniak	2
Bromowodór	2
Chlor	2
Chlorek winylu	2
Czteroetylenek ołowiu	6.1
Ditlenek siarki	2
Fluor	2
Fosgen (tlenochlorek węgla)	2
Kwas chlorosulfonowy	8
Kwas cyjanowodorowy i jego roztwory	6.1
Kwas fluorowodorowy bezwodny i jego roztwory	8
Akrylonitryl	3
Oleum	8
Siarkowodór	2
Tlenek etylenu	2

Źródło: Rozporządzenie Ministrów Komunikacji i Spraw Wewnętrznych z 5 listopada 1986 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków i kontroli przewozu drogowego materiałów niebezpiecznych.

Materiały niebezpieczne dzieli się też, ze względu na charakter niebezpieczeństwa w czasie przewozu, na klasy¹¹. Ich podział ze względu na sprecyzowane wyżej kryterium, przedstawiono w tabeli 3.

Z informacji zawartych w tabeli 3 wynika, że do materiałów niebezpiecznych zalicza się substancje podzielone na 8 lub 9 klas. Są wśród nich materiały wybuchowe, łatwopalne, utleniające, trujące i zakaźne, promieniotwórcze i żrące oraz wszelkiego rodzaju gazy. Tylko część z nich, mianowicie materiały trujące i toksyczne gazy należą do toksycznych środków przemysłowych. Samo pojęcie „materiały niebezpieczne” jest więc pojęciem znacznie szerszym aniżeli pojęcie „toksyczne środki przemysłowe”. Podobne klasyfikacje materiałów niebezpiecznych obowiązują w krajach należących do OECD. Polska jako członek tej organizacji

¹¹ Przy przewozach przyjmuje się, że materiały niebezpieczne to substancje i przedmioty, które ze względu na swoje właściwości fizykochemiczne i biologiczne, samoistnie lub pod wpływem czynników zewnętrznych mogą spowodować śmierć, zagrożenie zdrowia ludzi, zniszczenie lub uszkodzenie obiektów (instalacji) w otoczeniu lub zniszczenie środowiska. (Definicja z opracowania nt. Ocena rozwiązań prawnych i organizacyjno-technicznych w zakresie transportu materiałów niebezpiecznych).

Podział materiałów niebezpiecznych według przepisów transportowych

Materiały przewożone transportem kolejowym i drogowym		Materiały przewożone transportem morskim	
klasa	Wyszczególnienie	klasa	Wyszczególnienie
podklasa		podklasa	
1.	Materiały wybuchowe:	1.	Materiały wybuchowe
1.1.	Materiały przedstawiające niebezpieczeństwo masowego wybuchu		
1.2.	Materiały nie przedstawiające niebezpieczeństwa masowego wybuchu lecz niebezpieczeństwo rozrzutu		
1.3.	Materiały nie przedstawiające niebezpieczeństwa masowego wybuchu lecz niebezpieczeństwo pożaru		
1.4.	Materiały nie przedstawiające znacznego niebezpieczeństwa		
2.	Gazy: trwałe, gazy skroplone, gazy rozpuszczone pod ciśnieniem, gazy głęboko schłodzone	2.	Gazy
3.	Ciecze łatwopalne	3.	Ciecze łatwopalne:
		3.1.	Ciecze o niskiej temperaturze zapłonu (do 21°C)
		3.2.	Ciecze o średniej temperaturze zapłonu (21-55°C)
		3.3.	Ciecze o wysokiej temperaturze zapłonu (ponad 55°C)
4.	Materiały łatwopalne:	4.	Materiały łatwopalne:
4.1.	Materiały stałe łatwopalne	4.1.	Materiały stałe łatwopalne
4.2.	Materiały samozapalne	4.2.	Materiały samozapalne
4.3.	Materiały wydzielające w zetknięciu z wodą palne gazy	4.3.	Materiały wydzielające w zetknięciu z wodą palne gazy
5.	Materiały utleniające i nadtlutki organiczne:	5.	Materiały utleniające i nadtlutki organiczne:
5.1.	Materiały utleniające	5.1.	Materiały utleniające
5.2.	Nadtlenki organiczne	5.2.	Nadtlenki organiczne
6.	Materiały trujące i zakaźne:	6.	Materiały trujące i zakaźne:
6.1.	Materiały trujące	6.1.	Materiały trujące
6.2.	Materiały zakaźne	6.2.	Materiały zakaźne
7.	Materiały promieniotwórcze	7.	Materiały promieniotwórcze
8.	Materiały żrące	8.	Materiały żrące
-		9.	Inne materiały niebezpieczne

Źródło: M. Miłowski, L. Piwowarski, *Toksyczne środki przemysłowe. Charakterystyka i pierwsza pomoc*, MON, Warszawa 1993, s. 8-9.

musi je respektować. Stąd też w tabeli 4 przedstawiono *Klasyfikację wybranych materiałów niebezpiecznych według OECD*. Ma ona istotne znaczenie dla praktyki ponieważ przedstawia dane o dopuszczalnych (progowych) masach poszczególnych materiałów. Ilości podprogowe substancji szczególnie niebezpiecznych stwarzają zagrożenie o znaczeniu taktycznym, zaś ilości ponadprogowe zagrożenie o znaczeniu operacyjnym. Z przedstawionych powyżej rozważań wynika, że pojęcia toksyczne środki przemysłowe, skażenia przemysłowe oraz materiały niebezpieczne odnoszą się do różnych obszarów tematycznych. Nie są pojęciami tożsamymi i równoważnymi. Związki i zależności między nimi przedstawiono na rysunku 1.

Klasyfikacja wybranych materiałów niebezpiecznych według OECD

Grupa	Nazwa grupy materiałów niebezpiecznych	Dopuszczalna, progowa masa substancji (tony) ¹²
A	Substancje łatwopalne, wybuchowe i utleniające	
	Gazy łatwopalne w tym skroplone ¹³	200
	Ciecze łatwopalne ¹⁴	50 000
	Tlenek etylenu	50
	Chloran sodowy	250
	Azotan amonowy	2500
B	Substancje toksyczne dla człowieka i środowiska	
	Amoniak	500
	Chlor	25
	Cyjanowodór	20
	Fluorowodór	50
	Izocyjanek metylu	0,15
	Ditlenek siarki	250
	Akrylonitryl	200
	Fosgen	0,75
	Siarkowodór	50
	Bromek metylu	200
	Tetraetylek ołowiu	50

Źródło: S. Wajda, J. Żurek, *Zapobieganie nadzwyczajnym zagrożeniom środowiska*, Wytyczne OECD, Warszawa 1995, s. 119.

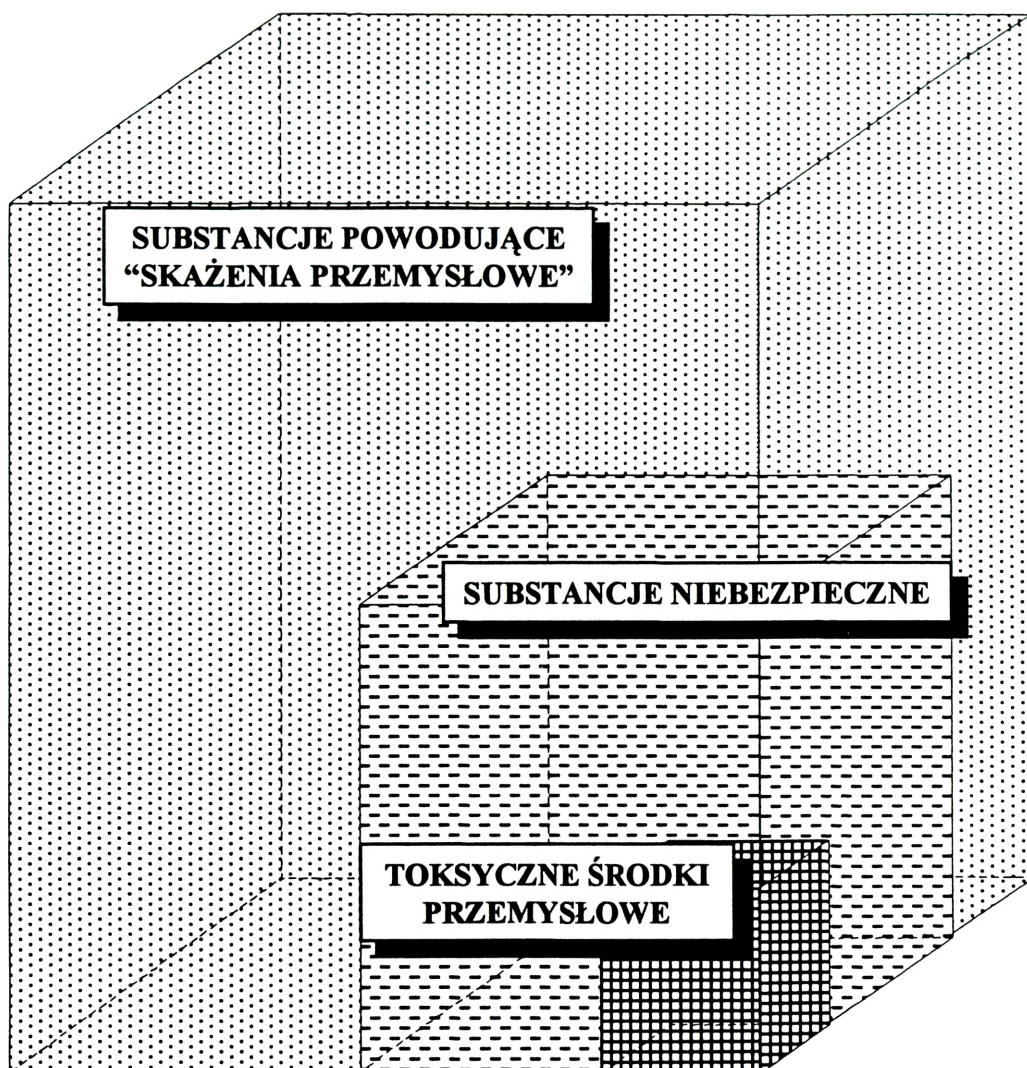
Istnieje niewątpliwa potrzeba wyodrębnienia toksycznych środków przemysłowych spośród środków przemysłowych, materiałów niebezpiecznych oraz ich scharakteryzowania w aspekcie zagrożeń dla wojsk i środowiska.

Toksyczne środki przemysłowe wyodrębnili (choć nie do końca konsekwentnie) autorzy *Metodyki oceny sytuacji chemicznej po skażeniach toksycznymi środkami przemysłowymi*. Zamieszczono w niej informacje niezbędne do prognozowania skutków skażeń następującymi TSP: akrylonitryl, tlenki azotu, amoniak, kwas azotowy, dimetylohydrazyna, hydrazyna, dioksyna, dichloroetan, tlenek węgla, tlenek etylenu, ditlenek siarki, disiarczek węgla, tetraetylek ołowiu, fosgen, fluorowodór, chlor, chloropikryna i cyjanowodór. Część wymienionych wyżej związków chemicznych nie odpowiada niektórym kryteriom definicji TSP zawartej w metodyce. Tak np. dioksyna jest ciałem stałym, akrylonitryl, kwas azotowy, hydrazyna, dimetylohydrazyna, dichloroetan, disiarczek węgla, chloropikryna, tetraetylek ołowiu są cieczami nie posiadającymi zdolności do łatwego przechodzenia do atmosfery w przypadku awarii (zniszczenia) zbiornika lub instalacji. Niebezpieczeństwo porażenia ludzi w przypadku uwolnienia wymienionych substancji występuje w zasadzie jedynie w rejonie zniszczenia

¹² Graniczna masa substancji niebezpiecznych w instalacji przemysłowej, transportowej, magazynowej, której przekroczenie wymaga poinformowania członków OECD.

¹³ Gazy łatwopalne, które w stanie lotnym pod normalnym ciśnieniem i po wymieszaniu z powietrzem tworzą mieszaniny wybuchowe. Ich temperatura pod normalnym ciśnieniem jest ≤ 293 K.

¹⁴ Bardzo łatwopalne ciecze, których temperatura zapłonu jest niższa od 294 K, a temperatura wrzenia pod normalnym ciśnieniem przekracza 293 K.



Rysunek 1. Związki i zależności między toksycznymi środkami przemysłowymi, skażeniami przemysłowymi i substancjami niebezpiecznymi

(awarii). W spisie TSP ujętym w „metodyce” nie ma natomiast szeregu toksycznych związków chemicznych będących gazami lub cieczami, charakteryzujących się zdolnością łatwego przechodzenia do atmosfery po uwolnieniu z pojemników lub z instalacji, (np. siarkowodoru). Wydaje się, że autorzy metodyki uwzględniali zagrożenia wynikające z możliwości stosunkowo częstego kontaktu wojsk z wymienionymi w metodyce substancjami. Takie bowiem związki chemiczne jak kwas azotowy, hydrazyna i dimetylohydrazyna są składnikami paliw rakietowych, zaś dichloroetan, chloropikryna i tetraetylek ołowiu znajdują w wojsku stosun-

kowo szerokie zastosowanie. Jeżeli uwzględnić zapisy w definicji przyjętej w skrypcie to do TSP stwarzających bezpośrednie zagrożenie dla wojsk, w postaci utraty życia lub zdrowia żołnierzy należy zaliczyć: tlenki azotu, amoniak, tlenek etylenu, tlenek węgla, ditlenek siarki, fosgen, fluorowodór, chlor i cyjanowodór. Porównanie listy wymienionych TSP z wykazem substancji szczególnie niebezpiecznych zawartych w tabeli 2 uprawnia do stwierdzenia, że są one bardzo do siebie zbliżone. Pozostałe środki ujęte w metodyce oraz substancje niebezpieczne wymienione w tabeli 1 stwarzają dla wojsk zagrożenie pośrednie poprzez skażenie terenu i wód gruntowych. Do środków toksycznych stwarzających zagrożenie pośrednie należy też zaliczyć ropę naftową i produkty ropopochodne. Powodują one bowiem po uwolnieniu poważne zmiany w środowisku naturalnym, przez co mogą wywierać wpływ na działania bojowe wojsk.

1.2. Charakterystyka właściwości fizykochemicznych toksycznych środków przemysłowych

Właściwości fizykochemiczne toksycznych środków przemysłowych decydują w znacznym stopniu o zagrożeniu dla wojsk i środowiska oraz o sposobie prowadzenia akcji ratunkowej. Szczególnie ważna jest znajomość takich parametrów rozpatrywanych środków jak: stan skupienia, barwa, zapach, temperatura topnienia i wrzenia, gęstość substancji i gęstość par względem powietrza oraz rozpuszczalność w wodzie.

Stan skupienia pozwala na zorientowanie się w jakiej fazie (gaz, ciecz, ciało stałe) znajduje się środek, a w przypadku gazów skroplonych, jak zachowają się w przypadku wydostania się ze zbiornika. Barwa ułatwia wzrokową, a zapach węchową identyfikację środka. Temperatury topnienia i wrzenia charakteryzują własności substancji i uzupełniają informacje o ich stanie skupienia. Gęstość gazu lub pary względem powietrza jest szczególnie istotna dla oceny rozmiarów i sposobu rozprzestrzeniania się TSP w powietrzu. Rozpuszczalność w wodzie to informacja istotna dla oceny skażenia wód otwartych oraz zbiorników i cieków wodnych.

Zasadnicze dane o właściwościach fizykochemicznych ważniejszych toksycznych środków przemysłowych przedstawiono w tabeli 5.

Z informacji zawartych w tabeli wynika, że TSP stwarzające bezpośrednie zagrożenie dla wojsk (z wyjątkiem cyjanowodoru) w warunkach normalnych są gazami. Po uwolnieniu z pojemników mogą rozprzestrzeniać się wraz z powietrzem na dużą odległość, przy zachowaniu stężeń śmiertelnych dla ludzi i zwierząt. TSP stwarzające pośrednie zagrożenie dla wojsk są cieczami i ciałami stałymi. Po uwolnieniu z pojemników mogą skażyć teren oraz zbiorniki wodne i rzeki powodując często trudno odwracalne skutki biologiczne. Wojska nie będą mogły działać w skażonym terenie i korzystać z jego zasobów.

Tabela 5

Własności fizykochemiczne wybranych toksycznych środków przemysłowych

Nazwa TSP	Masa cząstecz.	Stan skupienia	Zapach	Barwa	Temp. wrzenia w K	Temp. krzepn. 293K w g/m ³	Gęstość cieczy względem powietrza	Gęstość par względem powietrza	Rozpuszczalność w wodzie
A. TSP stwarzające bezpośrednie zagrożenie dla wojsk									
Amoniak	17,03	gaz	ostry, gryzący, drażniący	bezbarwny	239,6	195,3	0,77	0,59	bardzo dobra
Chlor	70,91	gaz	ostry, gryzący	zielono- żółty	239	172	1,59	2,45	dobra
Cyjanowodór	27,03	ciecz	gorzkich migdałów	bezbarwny	298,7	259,8	0,69	0,9	nieograniczona
Ditlenek siarki	64,06	gaz	przenikliwy, ostry	bezbarwny	263	197,5	1,46	2,26	394 cm ³ w litrze
Fluorowodór	20,01	gaz	ostry, drażniący	bezbarwny	312,4	180,7	0,987	0,71	bardzo dobra
Fosgen	98,92	gaz	gnijących liści	żółty lub zielonkawy	281	155	1,4	3,4	słaba
Tlenek etylenu	44	gaz	aromatyczny	bezbarwny	283,5	385,5	-	1,52	bardzo dobra
Tlenek węgla	28	gaz	bez zapachu	bezbarwny	82	69		lżejszy od powietrza	dobra
Tlenek azotu	46	gaz	przenikliwy, drażniący	czerwono brunatny					dobra
B. TSP stwarzające pośrednie zagrożenie dla wojsk									
Akrylo-nitryl	53,06	ciecz	ostry eteryczny	bezbarwna lub żółta	350	190	0,8	1,83	7,3 g/ml
Anilina	93,1	oleista ciecz	słaby specyficzny	żółto brunatny	457,4	266,8	1,022	3,22	3,4% w temp. 293K
Azotan amonowy	80,05	ciało stałe	słaby amoniaku	bezbarwny	483	442,6	-	-	dobra
Benzen	78,11	ruchliwa ciecz	aromatyczny	bezbarwny	353	278,5	0,879	2,77	słaba
Chlorobenzen	112,56	ciecz	aromatyczny	bezbarwny	405	228	1,107	3,88	trudno rozpuszczalny
Chloropikryna	164,5	ciecz	ostry drażniący	zielono żółtawą	385	204			nierozpuszczalna
Chlorowodór	36,47	gaz	ostry drażniący	bezbarwny	188	162	-	1,27	bardzo dobra
Disiarczek węgla	76,14	ciecz	aromatyczny słodkawy	bezbarwny	319,2	162,2	1,26	2,6	nierozpuszczalny
Fenol	94,11	ciało stałe	ostry	różowy	455	315	-	3,24	8,2% w temp. 288K
Hydrazyna	32	ciecz		bezbarwny					dobra
Ksylen	106,16	ciecz	podobny do benzenu	bezbarwny	-	320,4	0,87	3,66	słaba
Kwas azotowy	63,02	ciecz	ostry	bezbarwny	357-383	231	1,15-1,54	2,2	bardzo dobra
Oleum	98	ciecz oleista	ostry	bezbarwny	358-413	-	1,88-2,02	2,76	bardzo dobra
Siarka	32	ciało stałe	swoisty	żółta	718	386	1,803	-	nierozpuszczalna
Tetraetylołowiu	323,5	ciecz oleista	słodkawy owocowy	bezbarwny	-	259,4	1,65	11,1	nierozpuszczalny
Wodortlenek sodu	40,01	ciało stałe	bez zapachu	biały	-	591	-	-	bardzo dobra

Uwaga: tabelę zestawiono na podstawie danych zawartych w wydawnictwach: M. Krauze, I. Nowak, *Broń chemiczna*, MON, Warszawa 1985; M. Miłowski, L. Piwowarski, *Toksyczne środki przemysłowe*, MON, Warszawa 1993.

Na uwagę zasługuje fakt, że TSP mają na ogół charakterystyczny zapach i określoną barwę, co można wykorzystać do wzrokowej i węchowej ich identyfikacji. Zróżnicowane są temperatury wrzenia i krzepnięcia, co z kolei ma wpływ na trwałość TSP w środowisku. Podobnie zróżnicowane są gęstości par poszczególnych TSP w stosunku do powietrza. Jeżeli gęstość jest mniejsza od gęstości powietrza oznacza to, że TSP będzie unosił się w górne warstwy powietrza; jeżeli jest większa TSP będzie utrzymywać się przy powierzchni ziemi i jednocześnie przenikać do piwnic i wszelkiego rodzaju zagłębień. Znając rodzaj TSP i gęstość jego par w stosunku do powietrza można więc przewidzieć jak zachowa się w środowisku i wykorzystać tę właściwość do ochrony indywidualnej ludzi.

1.3. Charakterystyka właściwości pożarowo-wybuchowych toksycznych środków przemysłowych

Znaczna część TSP należy do związków łatwopalnych i wybuchowych. Ma to istotne znaczenie dla oceny zagrożenia ludzi i środowiska TSP. W przypadku pożaru lub wybuchu toksycznego środka przemysłowego może również nastąpić zapalenie innych substancji łatwopalnych i wybuchowych znajdujących się w zakładzie przemysłowym. W rezultacie można się spodziewać, że podczas wielkich zniszczeń (awarii) pożary będą częstym zjawiskiem. W wielu przypadkach pożar może sprzyjać wydzielaniu się dużych ilości substancji toksycznych.

Według stopnia zapalności wszystkie TSP dzieli się na niepalne, trudnopalne i palne.

Do niepalnych należą substancje, które nie ulegają zapaleniu się w atmosferze o składzie normalnym (do 21% tlenu) i temperaturze środowiska do 1173 K (kwas azotowy, tlenek węgla, ditlenek siarki, fosgen, dioksyna, fluorowodór, chlor, chloropikryna). Pamiętać jednak należy, że część substancji niepalnych może ulegać rozkładowi w znacznie niższej temperaturze (wydzielają łatwopalne pary) i z tego względu zalicza się je do środków stwarzających zagrożenie pożarowe.

Są nimi:

- substancje wydzielające produkty palne w reakcji z metalami (fluorowodór), wodą i innymi substancjami;
- sprężone i skroplone gazy, których ogrzewanie w zamkniętych zbiornikach powoduje znaczne podwyższenie ciśnienia (tlenek węgla, ditlenek siarki i inne);
- substancje zdolne do wybuchowego przekształcania się bez udziału tlenu z powietrza podczas podgrzewania, tarcia, detonacji (chloropikryna) oraz substancje termicznie nietrwałe;
- utleniacze (chlor, kwas azotowy i inne).

Do trudnopalnych należą substancje, które palą się pod wpływem źródła ognia lecz są niezdolne do samoczynnego palenia się po jego usunięciu (np. skroplony amoniak, cyjanowodór). Niektóre z nich mogą także ulegać wybuchowemu rozkładowi przy detonacji (cyjanowodór).

Do palnych należą substancje posiadające zdolność samozapłonu i zapalania się od źródła ognia oraz samodzielnego palenia się po jego usunięciu. Do nich zalicza się znaczną ilość TSP (np. akrylonitryl, tlenki azotu, amoniak gazowy, hydrazyna, dimetylohydrazyna, dichloroetan, disiarczki węgla, tetraetylen ołowiu).

Dodatkowo ciekłe materiały zapalne dzielą się na klasy, a obiekty, w których znajdują się materiały łatwopalne na kategorie.

Klasy niebezpieczeństwa pożarowego nadaje się ciekłym materiałom zapalnym biorąc pod uwagę temperatury ich zapłonu¹⁵:

I klasę niebezpieczeństwa pożarowego stanowią ciecze łatwo zapalne, mające temperaturę zapłonu poniżej 294 K.

II klasę niebezpieczeństwa pożarowego stanowią ciecze łatwo zapalne, mające temperaturę zapłonu w granicach 294-328 K.

III klasę niebezpieczeństwa pożarowego stanowią ciecze łatwo zapalne, mające temperaturę zapłonu w granicach 328-373 K.

Podstawą do zaliczenia obiektów do poszczególnych kategorii niebezpieczeństwa pożarowego są:

I kategoria niebezpieczeństwa pożarowego:

- gazy palne, których dolna granica zapalności jest mniejsza niż 10% w mieszaninie z powietrzem;
- ciecze łatwo zapalne o temperaturze zapłonu do 294 K;
- palne substancje utleniające (np. nadtlenki organiczne), których temperatura rozkładu jest niższa niż 294 K;
- ciała stałe wytwarzające w zetknięciu z wodą lub wilgocią gazy zapalne;
- materiały zapalające się samorzutnie na powietrzu;
- materiały wybuchowe i pirotechniczne;
- ciała stałe jednorodne o temperaturze samozapalenia poniżej 473 K.

II kategoria niebezpieczeństwa pożarowego:

- gazy palne, których dolna granica zapalności w mieszaninie z powietrzem jest mniejsza niż 10% objętości;
- ciecze łatwo zapalne o temperaturze zapłonu w granicach 294-328 K;
- palne substancje utleniające (np. nadtlenki organiczne), których temperatura rozkładu mieści się w granicach 294-328 K;
- ciała stałe rozdrobnione (pyły, włókno), których dolna granica wybuchowości w mieszaninie z powietrzem jest nie większa niż 65g/m³;

¹⁵ Temperatura zapłonu to temperatura, w której prężność par nad lustrem cieczy palnej znajdującej się w otwartym naczyniu odpowiada, co do stężenia, dolnej granicy zapalności mieszaniny tych par z powietrzem.

- ciała stałe jednorodne (ze względu na stan rozdrobnienia), których temperatura samozapalenia jest wyższa niż 473 K, ale nie przekracza 523 K.

III kategoria niebezpieczeństwa pożarowego:

- ciała łatwo zapalne o temperaturze zapłonu od 328 K do 378 K;
- palne substancje utleniające, których temperatura rozkładu jest wyższa od 328 K;
- palne substancje stałe niejednorodne w postaci podatnej na zapalenie, tj. w stanie rozdrobnionym;
- palne substancje stałe jednorodne o temperaturze w zakresie 523-673 K.

Właściwości pożarowe poszczególnych toksycznych środków przemysłowych znajdujących się w poszczególnych obiektach decydują o zaliczeniu obiektów do poszczególnych kategorii niebezpieczeństwa pożarowego.

Charakterystyka zapalności i właściwości wybuchowych ważniejszych TSP została przedstawiona w tabeli 6.

Tabela 6

Ocena zagrożenia wybuchowego i pożarowego wybranych TSP

Nazwa TSP	Zagrożenie wybuchowe	Zagrożenie pożarowe
A . TSP stwarzające bezpośrednie zagrożenie dla wojsk		
Amoniak	Mieszaniny z powietrzem, tlenem, tlenkami azotu stwarzają zagrożenie wybuchowe. Wartości stężeń grożących wybuchem: z powietrzem 15-28%, z tlenem 13,5-79%, z tlenkami azotu 2,2- 72%. Zbiorniki zawierające amoniak po ogrzaniu mogą wybuchać.	Gaz palny. Pali się przy stałej obecności źródła ognia. Temperatura zapłonu 924 K. Obecność smarów i paliw zwiększa zagrożenie pożarowe i wybuchowe. Środki gaśnicze: woda, piana gaśnicza, ditlenek węgla.
Chlor	Reaguje wybuchowo lub tworzy związki o własnościach wybuchowych z wieloma substancjami chemicznymi: wodorem, acetylenem, terpentyną, eterem i innymi. Zbiorniki z chlorem po ogrzaniu mogą wybuchać.	Niepalny, stwarzający jednak zagrożenie pożarowe. Podtrzymuje palenie wielu substancji organicznych.
Cyjanowodór	Pary tworzą z powietrzem mieszaniny wybuchowe. Stężenie wybuchowe w mieszaninie z powietrzem wynosi 6-40%. Może stanowić przyczynę wybuchu przy zetknięciu się z niektórymi związkami organicznymi (woda, alkohol, tlenki metali). Posiada własność wybuchowego rozkładu podczas detonacji. Zbiorniki z cyjanowodorem po ogrzaniu mogą wybuchać.	Pali się w obecności stałego źródła ognia. Temperatura zapłonu 811 K. Środki gaśnicze: woda, ditlenek węgla, proszki gaśnicze (niealkaliczne)
Ditlenek siarki	Zbiorniki z ditlenkiem siarki podczas ogrzewania mogą wybuchać.	Niepalny, stwarzający jednak zagrożenie pożarowe.
Fluorowodór	Stwarza zagrożenie wybuchowe w mieszaninach z powietrzem i innymi substancjami. Zbiorniki z fluorowodorem podczas ogrzewania mogą wybuchać.	Niepalny, stwarzający jednak zagrożenie pożarowe
Fosgen	Zbiorniki z fosgenem narażone na działanie wysokiej temperatury lub promieniowania ciepłego mogą ulec rozerwaniu wskutek nadmiernego wzrostu ciśnienia	Niepalny, stwarzający jednak zagrożenie pożarowe
Tlenek etylenu	Pary tworzą z powietrzem mieszaniny wybuchowe. Stężenia stwarzające zagrożenie wybuchowe z powietrzem wynoszą 3-100%. Gazowy tlenek etylenu może wybuchać nawet bez dostępu powietrza lub tlenu.	Stwarza zagrożenie pożarowe. Łatwo zapala się od iskier i płomienia. Temperatura zapłonu wynosi 702 K. Środki gaśnicze: proszki gaśnicze, ditlenek węgla oraz woda.

Nazwa TSP	Zagrożenie wybuchowe	Zagrożenie pożarowe
Tlenek węgla	Stwarza zagrożenie wybuchowe w szerokim przedziale stężeń, w mieszaninie z powietrzem i tlenem.	Niepalny, stwarzający jednak zagrożenie pożarowe. Zapalność mieszaniny tlenku węgla z powietrzem obejmuje zakres od 12,5 do 74,2%.
Tlenki azotu	Mieszaniny z wodorem, amoniakiem, tlenkiem węgla, metanem, butanem i innymi związkami organicznymi po ogrzaniu wybuchają.	Stwarza zagrożenie pożarowe. Przy zetknięciu się z wieloma paliwami można spowodować ich samozapłon.
B. TSP stwarzające pośrednie zagrożenie dla wojsk		
Akrylonitryl	Pary tworzą z powietrzem mieszaniny wybuchowe. Wybuch następuje przy stężeniu akrylonitrylu w powietrzu w granicach od 3,05 do 17,09.	Łatwo zapala się od iskier i płomienia. Temperatura zapłonu 754 K.
Anilina	Pary tworzą z powietrzem mieszaniny wybuchowe. Wybuch może mieć miejsce przy zawartości par aniliny w powietrzu w zakresie 1,3-11%.	Łatwo zapala się od iskier i płomienia. Temperatura zapłonu 622 K.
Azotan amonowy	Nie wybuchą	Jest substancją niepalną.
Benzen	Pary tworzą z powietrzem mieszaniny wybuchowe. Wybuch następuje w sytuacji gdy w powietrzu znajduje się od 1,4 do 7,1% benzenu.	Łatwo zapala się od iskier i płomienia. Temperatura zapłonu 535 K.
Chlorobenzen	Pary tworzą z powietrzem mieszaniny wybuchowe. Górna i dolna granica wybuchowości waha się w zakresie 1,3 do 11% chlorobenzenu w powietrzu.	Ciecz łatwo zapalna od iskier i płomienia. Temperatura zapłonu 574 K.
Chloropikryna	Stwarza zagrożenie wybuchowe w mieszaninie z powietrzem i innymi substancjami. Posiada również własność wybuchowego rozkładu podczas detonacji.	Niepalna, stwarzająca jednak zagrożenie pożarowe.
Chlorowodór	Nie stwarza zagrożenia wybuchowego	Gaz niepalny
Dichloroetan	Pary tworzą z powietrzem mieszaniny wybuchowe. Stężenie wybuchowe mieszaniny z powietrzem wynosi 5,9-15,9%. Zbiorniki z dichloroetanem po ogrzaniu mogą wybuchać.	Stwarza zagrożenie pożarowe. Łatwo zapala się od iskier i płomienia. Temperatura zapłonu wynosi 730,8 K.
Dimetylohydrazyna	Mieszaniny z powietrzem i tlenem stwarzają zagrożenie wybuchowe. W podwyższonej temperaturze następuje samozapłon i silny wybuch. Zbiorniki z dimetylohydrazyną po ogrzaniu mogą wybuchać.	Stwarza zagrożenie pożarowe. Przy kontakcie z tlenkami niektórych metali, azbestem i węglem ulega samozapłonowi. Łatwo zapala się od iskier i płomienia. W powietrzu pali się wysokim płomieniem. Może palić się bez dostępu powietrza.
Dioksyna	Nie stwarza zagrożenia wybuchowego.	Niepalna.
Disiarczek węgla	Pary tworzą z powietrzem mieszaniny wybuchowe. Stężenia wybuchowe z powietrzem 1-50%. Mogą one tworzyć się w znacznych odległościach od miejsca zniszczenia (awarii). Zbiorniki z disiarczkiem węgla po ogrzaniu mogą wybuchać.	Stwarza zagrożenie pożarowe. Łatwo zapala się od iskier i płomienia a nawet po ogrzaniu. Temperatura zapłonu 373 K. Rozlana ciecz wydziela pary, które mogą zapalić się nawet po zetknięciu się z żarówką. Po ugaśczeniu może zapalić się ponownie.
Fenol	Pary fenolu tworzą z powietrzem mieszaniny wybuchowe. Granice wybuchowości: dolna - 0,3%, górna 2,34%.	Stwarza zagrożenie pożarowe. Może zapalić się od płomienia. Temperatura zapłonu 621 K.
Hydrazyna	Właściwości wybuchowe podobne do dimetylohydrazyny.	Właściwości pożarowe jak dimetylohydrazyny.
Ksylen	Pary ksyleny tworzą z powietrzem mieszaniny wybuchowe. Granice wybuchowości ksyleny w powietrzu 3-7%.	Ciecz łatwopalna. Temperatura zapłonu 575 K.
Kwas azotowy	Wybuchą w obecności olejów mineralnych i roślinnych, alkoholu i terpentyny.	Niepalny, jednak przy zetknięciu się ze słomą, opilkami i innymi porowatymi materiałami organicznymi zapala się; przy czym wydziela się ditlenek azotu.
Oleum	Nie stwarza zagrożenia wybuchowego.	Niepalny.
Siarka	Nie stwarza zagrożenia wybuchowego.	Pali się przy dostępie powietrza. Wydziela się ditlenek siarki.

Nazwa TSP	Zagrożenie wybuchowe	Zagrożenie pożarowe
Tetraetylek ołowiu	Stwarza zagrożenie wybuchowe. W temperaturze 673K wybucha.	Stwarza zagrożenie pożarowe. Zapala się od otwartego źródła ognia.
Wodorotlenek sodu	Nie stwarza zagrożenia wybuchowego.	Niepalny.

Uwaga: 1. Dolne i górne granice wybuchowości (zapalności) to minimalne i maksymalne stężenie danej substancji w powietrzu (wyrażone w procentach objętościowych), przy którym następuje wybuch (zapalenie) mieszaniny.

2. Tabelę opracowano w oparciu o materiały zawarte w: *Metodyce oceny sytuacji chemicznej po skażeniach toksycznymi środkami przemysłowymi* oraz w monografii M. Krauze i I. Nowaka *Broń chemiczna*.

Z informacji zawartej w tabeli wynika, że wszystkie TSP stwarzające bezpośrednie zagrożenie dla wojsk należą do związków chemicznych o wysokim stopniu wybuchowości i zapalności. Nawet jeśli są niepalne to stwarzają zagrożenie pożarowe. TSP stwarzające pośrednie zagrożenie dla wojsk w większości przypadków również stwarzają takie zagrożenie. Tylko nieliczne (dioksyna, oleum, wodorotlenek sodu) nie stwarzają zagrożenia wybuchowego i są niepalne.

1.4. Charakterystyka właściwości toksykodynamicznych toksycznych środków przemysłowych

Toksyczne środki przemysłowe charakteryzują się bardzo zróżnicowanymi własnościami toksykodynamicznymi¹⁶. Stąd też trudno je klasyfikować według tradycyjnych kryteriów stosowanych wobec środków trujących. W literaturze¹⁷ można jednak znaleźć klasyfikację TSP, przy czym stosowanym kryterium podziału jest dominujący syndrom występujący podczas ostrego zatrucia. Przyjęcie takiego kryterium ma znaczenie praktyczne. Zakwalifikowanie toksycznego środka przemysłowego do określonej grupy, na podstawie dominującego syndromu, ułatwia udzielanie terminowej i kwalifikowanej pomocy porażonym oraz organizację ochrony przed skażeniami. TSP dzielą się, przy uwzględnieniu podanego wyżej kryterium, na siedem grup:

- środki z przewagą działania duszącego;
- środki z przewagą działania ogólnotrującego;
- środki o działaniu ogólnotrującym i duszącym;
- środki zakłócające przesyłanie i przekazywanie impulsu nerwowego (trucizny neurotro-
powe);
- środki o działaniu duszącym i neurotropowym;

¹⁶ Właściwości toksykodynamiczne obejmują w ogólnym pojęciu zdolność wywoływania zaburzeń w procesach biochemicznych i fizykochemicznych ustroju.

¹⁷ *Metodyka oceny sytuacji chemicznej po skażeniach toksycznymi środkami przemysłowymi*, MON, Warszawa 1993.

- trucizny metaboliczne;
- środki zakłócające wymianę substancji.

Do środków z przewagą działania duszącego należą substancje toksyczne (np. chlor, fosgen, chloropikryna), które działają rażąco głównie na drogi oddechowe. Cały okres rażenia umownie dzieli się na cztery podokresy: kontaktu ze środkiem, utajenia, toksycznego obrzęku płuc oraz powikłań. Czas trwania każdego okresu zależy od właściwości toksycznych TSP oraz wartości dawki ekspozycyjnej. Podczas działania niektórych wymienionych substancji, w postaci par o wysokich stężeniach, możliwe są szybkie zejścia śmiertelne wskutek wystąpienia szoku spowodowanego oparzeniem chemicznym odsłoniętych fragmentów skóry, górnych dróg oddechowych i płuc.

Do środków z przewagą działania ogólnotrującego należą substancje toksyczne (np. tlenek węgla, cyjanowodór), posiadające zdolność wywoływania ostrych zakłóceń przemiany energetycznej, które w ciężkich przypadkach mogą stać się przyczyną śmierci.

Do środków o działaniu duszącym i ogólnotrującym zalicza się znaczną liczbę TSP (np. tlenki azotu, akrylonitryl, kwas azotowy, ditlenek siarki, fluorowodór). Przy działaniu inhalacyjnym wywołują one toksyczny obrzęk płuc, a przy kontakcie ze skórą powodują zakłócenia przemiany energetycznej. Wiele związków chemicznych z tej grupy posiada silne własności parzące, co w znacznym stopniu utrudnia udzielenie pomocy porażonym.

Do trucizn neurotropowych należą związki chemiczne (np. disiarczek węgla, tetraetylen ołowiu, związki fosforoorganiczne) naruszające funkcjonowanie mechanizmu peryferyjnej regulacji nerwowej. Przyczyną takiego działania są ich możliwości współdziałania z receptorami neuromediatorów oraz wywoływania zmian przenikliwości kanałów jonowych wzbudzonych błon.

Do środków o działaniu duszącym i neurotropowym należą substancje (np. amoniak, hydrazyna, dimetylohydrazyna) wywołujące przy porażeniu inhalacyjnym toksyczny obrzęk płuc, który z kolei przyczynia się do ciężkiego porażenia układu nerwowego.

Do trucizn metabolicznych zalicza się substancje toksyczne (np. tlenek etylenu, dichloroetan) posiadające zdolność oddziaływania na procesy przemiany materii w organizmie. Zatrucie tymi substancjami charakteryzuje się brakiem gwałtownej reakcji na truciznę. Proces porażenia organizmu rozwija się w zasadzie stopniowo i w ciężkich przypadkach, po upływie kilku dni, kończy się zejściem śmiertelnym. Patologiczny proces porażenia tymi substancjami obejmuje wiele narządów i układów organizmu, w pierwszej kolejności centralny układ nerwowy, narządy parenchymatyczne i niekiedy układ krwionośny.

Do środków zakłócających wymianę substancji zalicza się związki toksyczne (np. dioksy-na, polichloropochodne benzofuranu) należące do grupy pochodnych halogenowych węglowodorów aromatycznych. Substancje te są zdolne przy działaniu przez płuca, układ pokarmowy i skórę wywołać stany chorobowe o szczególnie powolnym przebiegu, przy czym w procesie tym uczestniczą praktycznie wszystkie narządy i układy organizmu. Cechą charakte-

rystyczną działania tych związków jest zakłócanie wymiany substancji, co w efekcie może spowodować zejście śmiertelne.

Orientacyjne sposoby działania i objawy zatrucia poszczególnymi TSP przedstawiono w tabeli 7.

Tabela 7

Orientacyjne sposoby działania i objawy zatrucia

Nazwa TSP	Sposób działania	Objawy zatrucia
TSP stwarzające bezpośrednie zagrożenie dla wojsk		
Amoniak środek szkodliwy	Jest niebezpieczny dla oczu, dróg oddechowych, ośrodkowego układu nerwowego i skóry. Po kilku minutach intensywnego oddziaływania amoniaku następuje osłabienie mięśni ze wzmożoną aktywnością odruchową, pojawiają się drgawki, ulega gwałtownemu obniżeniu próg słuchu, możliwy jest obrzęk płuc. W wyniku zatrucia amoniakiem możliwe jest pojawienie się zaburzeń psychicznych i neurologicznych, mętnienie rogówki i soczewki a czasami nawet utrata wzroku.	Obfite łzawienie, ból oczu, duszność silne napady kaszlu., zawroty głowy, bóle żołądka, wymioty, zatrzymanie moczu. Powstaje niebezpieczeństwo wystąpienia kurczu krtani i obrzęku strun głosowych. Po połknięciu amoniaku następuje zaczerwienienie i szklisty obrzęk błon śluzowych, czasami powstają pęcherze. Pojawia się ból za mostkiem, czkawka, czasami wymioty. Podczas działania na skórę bez dokonania zabiegu w postaci natychmiastowego zmycia pojawia się rumień, powstają pęcherze i owrzodzenia.
Chlor trucizna	Podrażnia drogi oddechowe, może wywołać obrzęk płuc. We krwi pod wpływem chloru ulega zmianie skład wolnych aminokwasów oraz obniża się aktywność niektórych tlenków	Przy zatruciach średnimi i małymi stężeniami pojawiają się nagłe bóle w klatce piersiowej, pieczenie i klucie w oczach, łzawienie, męczący suchy kaszel. Po upływie 2-3 godzin rozwija się obrzęk płuc. Działanie wysokich stężeń może spowodować natychmiastową śmierć wskutek odruchowego zablokowania płuc. Porażonemu brak tchu, twarz robi mu się sina, miota się, usiłuje biec, pada, traci przytomność. Chlor gazowy działa na skórę wywołując ostrą dermatozę.
Cyjanowodor trucizna	Inhibitor enzymów łańcucha oddechowego. Działa rażąco poprzez błyskawiczną blokadę wewnątrzkomórkowych enzymów oddechowych zawierających żelazo, co utrudnia przekazywanie tkankom tlenu dostarczonego przez krew i powoduje wewnętrzne niedotlenienie organizmu. Ulega naruszeniu czynność ośrodkowego układu nerwowego. Zatrucie może nastąpić przez drogi oddechowe lub układ pokarmowy (wskutek powstania cyjanoków).	Przy wdychaniu małych stężeń lub po spożyciu substancji pojawia się uczucie gorąca, występują zawroty głowy, uczucie braku powietrza, zaczerwienienie skóry, szum w uszach, porażenie wzroku, nudności, wymioty. Ulegają naruszeniu czynności serca. Przy wdychaniu dużych stężeń w ciągu kilku sekund lub minut po wydaniu okrzyków pojawiają się konwulsje, po czym następuje śmierć.
Ditlenek siarki	Działa na błony śluzowe (wilgotne) wskutek tworzenia się kwasu siarkawego lub siarkowego, wywołując silne miejscowe podrażnienie. Rozwija się skurcz oskrzeli, pojawiają się trudności w oddychaniu, ulega zachwianiu przemiana węglowodanowa i białkowa, a także procesy utleniania w rdzeniu kręgowym, wątrobie, śledzionie, mięśniach.	Podrażnienie oczu, nosa i gardła. Przy krótkotrwałym działaniu występują wymioty, trudności w mowie i połykaniu. Śmierć może nastąpić w wyniku uduszenia, będącego rezultatem odruchowego skurczu szczeliny głosowej, nagłego zatrzymania obiegu krwi w płucach lub szoku, a także w wyniku obrzęku płuc.
Fluorowodor trucizna	Silnie drażni górne drogi oddechowe. Przy dużych stężeniach podrażnieniu ulegają oczy oraz śluzówki nosa., występuje łzawienie i ślinotok. Mogą powstawać trudno gojące się wrzody spojówek oczu, błon śluzowych nosa, jamy ustnej, krtani i oskrzeli, zapalenia ropne, krwawienie z nosa. Niekiedy występują wy-	Wdychanie par powoduje silne podrażnienie błon śluzowych oczu i nosa. Po spożyciu pojawiają się bóle brzucha i następuje pocenie się, pojawiają się duszności i biegunka z domieszką krwi. Pojawia się silne pragnienie, osłabienie mięśni, drgawki, konwulsje. Podnosi się temperatura ciała, obniża się ciśnienie

Nazwa TSP	Sposób działania	Objawy zatrucia
	miototy, kolka, objawy porażenia ośrodkowego układu nerwowego, uczucie duszenia oraz naruszenie krwioobiegu w naczyniach wieńcowych i spadek ciśnienia krwi. Możliwe jest toksyczne zapalenie wątroby.	krwi, pojawia się tachykardia. Po traŹeniu na skóre bardzo szybko i głęboko wnika do tkanek, czemu towarzyszy silny, trwający kilka dni ból. W ślad za tym powstają głębokie, trudno gojące się martwice tkanek i wrzody.
Fosgen truczna	Działa rażąco na płuca. Zatrucie fosgenem powoduje ograniczenie przenikalności ścianek pęcherzyków płucnych i naczyń krwionośnych, w wyniku czego ciekły składnik krwi (plazma) wchodzi do przestrzeni pęcherzyków i powoduje obrzęk płuc. Pojawia się głód tlenowy organizmu, który się zwiększa wskutek zwolnienia krąŹenia krwi.	Wdychanie małych i średnich stęŹen wywołuje podrażnienie górnych dróg oddechowych i oczu, łzawienie, kaszel, nudności. Przy wyższych stęŹeniach pojawiają się wymioty, bóle za mostkiem, duszność, po czym objawy ulegają szybkiemu osłabieniu i ustępują. Następuje stan pozornego wyzdrowienia, który jest okresem utajenia choroby trwającym od 1 do 24 godzin. Im krótszy okres utajenia tym mniej pomyślna jest diagnoza. Wysiłek fizyczny może skracać okres utajenia. Następnie u zatrutego pojawia się kaszel, trudności w oddychaniu, ból w klatce piersiowej przy wdechu, silna chrypka, temperatura ciała podnosi się, obrzęk płuc jest maksymalny w końcu pierwszej doby. Zmniejsza się ilość tlenu we krwi. Wskutek silnego głodu tlenowego może nastąpić śmierć zatrutego.
Tlenek etylenu środek szkodliwy nie objęty klasyfikacją	Narkotyk o silnych specyficznych właściwościach toksycznych. Charakteryzuje się działaniem inhalacyjnym i draŹniącym. Gwałtownie podrażnia skórę. Porażenie skóry następuje przy działaniu tlenu etylenu w stanie ciekłym, gazowym i w postaci roztworów. Przenika łatwo przez odzież, rękawice, obuwie. Dlatego często następuje porażenie nie tylko odsłoniętych, lecz również okrytych części skóry.	Przy słabym i średnim zatruciu następuje podrażnienie błon śluzowych oczu, słabe bicie serca, skurcze mięśni, zaczerwienienie twarzy, bóle głowy, osłabienie słuchu, silne wymioty. W przypadku ostrej intoksykacji pojawiają się: nagły, silny, pulsujący ból głowy, zawroty głowy, zachwianie ruchu, utrudnienie mowy, bóle nóg, ospałość, powolność ruchów, opóźniona reakcja źrenic. Przy skaŹeniu oczu powstają oparzenia rogówki. Silnie draŹni skórę. PoraŹeniu skóry może towarzyszyć podwyższenie temperatury, uczucie pieczenia, zaczerwienienie, tworzenie się pęcherzy na tle obrzęku. Niekiedy może rozwija się martwica ze słabą tendencją do gojenia się.
Tlenek węgla (czad) truczna	Wypiera tlen z oksyhemoglobiny krwi, tworząc karboksyhemoglobinę. Zawartość tlenu we krwi może obniżyć się z 18-20% do 8% (anoksemia). Tlenek węgla jest zdolny do bezpośredniego działania toksycznego na komórki, utrudnia oddychanie tkankowe. Wpływa na przemianę węglowodanową, zwiększając poziom cukru we krwi. Zakłóca przemianę fosforową i azotową. Śmierć następuje wskutek zatrzymania oddechu. Szczególną wrażliwość na działanie tlenu węgla wykazują ludzie młodzi, osoby cierpiące na zapalenie oskrzeli i astmę, choroby płuc, wątroby, organów układu krwionośnego i cukrzycę.	Podczas działania tlenu węgla pojawia się uczucie ociężałości i wrażenie ściskania głowy, silny ból czołowy i skroniowy oraz zawroty głowy, szum w uszach, zaczerwienienie i pieczenie skóry twarzy, dreszcze, uczucie słabości i lęku, zwiększone pragnienie, przyspieszenie czynności serca, pulsowanie skroniowych naczyń krwionośnych, duszność, wymioty. Następnie pojawia się zdrętwienie, osłabienie i zuboŹnienie, senność. Temperatura ciała może wzrosnąć do 38-40 ⁰ . Po tym następuje utrata świadomości, wymioty. Silne zatrucie może być przyczyną śmierci.
Tlenki azotu truczna	Sposób ich działania zależy od składu tlenków. Występują objawy zatrucia typu draŹniącego lub nitrytowego. Podczas kontaktu z wilgotną powierzchnią płuc tworzą kwas azotowy i azotawy, które porażają tkankę pęcherzyków co prowadzi do obrzęku płuc i złożonych zaburzeń odruchowych. We krwi	Następuje podrażnienie dróg oddechowych, oczu, pojawia się silny kaszel, czasami ból głowy, wymioty. PoraŹony nie może wykonać głębokiego wdechu. Po upływie 2-12 godzin czasu działania par pojawia się uczucie strachu i silne osłabienie, wzmagający się kaszel, początkowo z wydzieliną koloru żółto-

Nazwa TSP	Sposób działania	Objawy zatrucia
	tworzą się związki nitrowe i nitrozowe, które działając na ścianki naczyń krwionośnych powodują ich rozszerzenie, a w efekcie obniżenie ciśnienia krwi. Oprócz tego związki nitrozowe przekształcają oksyhemoglobinę w methemoglobinę, uszkodzenia erytrocytów i obrzęk płuc prowadzą do obniżenia w organizmie zawartości tlenu. Podczas działania tlenków azotu o dużym stężeniu może pojawić się żółte zabarwienie włosów, nosa i dłoni.	cytrynowego a następnie czerwonego, czasami występują dreszcze, podwyższona temperatura, przyspieszona czynność serca, silna sinica. Może wystąpić znaczny rozstrój przewodu pokarmowego, nudności, silne bóle przepony, wymioty, biegunka, pragnienie.
TSP stwarzające pośrednie zagrożenie dla wojsk		
Akrylonitryl trucizna	Działanie akrylonitrylu przypomina zatrucie człowieka kwasem pruskim. Jest to spowodowane odszczepieniem kwasu pruskiego, który następnie przechodzi w rodanki. Akrylonitryl jest tylko dwukrotnie mniej toksyczny niż kwas pruski. Zatrucie następuje przez drogi oddechowe, przewód pokarmowy i skórę. Podczas wdychania akrylonitryl działa poprzez blokadę wewnątrzkomórkowych enzymów oddechowych zawierających żelazo, co utrudnia przyswajanie przez organizm tlenu dostarczonego przez krew. Ulega zakłóceniu funkcja centralnego układu nerwowego. Podczas działania przez skórę wywołuje silne oparzenia, które goją się tworząc blizny.	Podczas wdychania par akrylonitrylu początkowo możliwe jest pieczenie błon śluzowych i łzawienie, następnie pojawia się ból głowy, ucisk w klatce piersiowej, podniecenie i uczucie strachu, swędzenie skóry. Podczas ostrego zatrucia: ból głowy, osłabienie, nudności, wymioty, zawroty głowy, duszność, pocenie się, biegunka. W szczególnie ciężkich przypadkach oprócz tego możliwe są drgawki, sinica, tachykardia, obniżenie temperatury ciała, utrata świadomości. Przy bardzo krótkim kontakcie i szybkim usunięciu niewielkiej ilości akrylonitrylu ze skóry nie obserwuje się wyraźnych objawów. Jednak po usunięciu go ze skóry nie od razu, pojawia się intensywne zaczerwienienie, pieczenie oraz powstają oparzenia drugiego i trzeciego stopnia.
Anilina środek szkodliwy	Przenika przez drogi oddechowe i skórę człowieka. Atakuje krew, ośrodkowy układ nerwowy i układ krążenia. Powoduje przemianę hemoglobiny w methemoglobinę, która nie łączy się z tlenem. Powoduje wyrodnienie czerwonych ciałek i ich rozpad. Posiada właściwości rakotwórcze, wywołuje egzemę skóry, w dużych stężeniach może spowodować śmierć	Lekkie zatrucie: sinienie palców, końców uszu, warg, ogólne osłabienie, ból i zawroty głowy. Średnie zatrucie: nudności, rzadko wymioty, chwiejny chód, zaburzenia świadomości, obniżenie napięcia mięśni, rozszerzenie źrenic, podniecenie maniakalne. Ciężkie zatrucie: śpiączka, porażenie nerwów.
Azotan amonowy środek nie objęty klasyfikacją	Słabe działanie drażniące na błony śluzowe, skórę oraz słabe działanie alergiczne. W przypadku termicznego rozkładu powstają tlenki azotu, które w zetknięciu z błonami śluzowymi ulegają hydrolizie. Powstały kwas azotowy powoduje obrzęk płuc.	Przy zatruciu przez przewód pokarmowy objawy występują po 15-30 minutach: bóle brzucha, zawroty głowy, sinica, duszność, spadek ciśnienia tętniczego krwi i zapaść. Rozwija się ciężki obrzęk płuc. W krytycznych przypadkach następuje utrata świadomości i śmierć.
Benzen środek szkodliwy	Wykazuje wielostronne szkodliwe działanie na organizm. Powoduje niedokrwistość, zaburzenia w zakresie przemiany białkowej i tłuszczowej, zaburzenia funkcji wielu enzymów, znany kancerogen. Działa drażniąco na oczy. Kumuluje się w organizmie. Powoduje przewlekłe zmiany chorobowe w narządach	Najpierw podniecenie, następnie senność, ogólne osłabienie, zawroty i bóle głowy, obniżenie ciepłoty ciała. Skóra i błony śluzowe są blade, tętno przyspieszone, ciśnienie krwi obniżone, ucisk w klatce piersiowej, drgawki mięśni przechodzące w skurcze.
Chlorobenzen	Silne właściwości narkotyczne. Działa na centralny układ nerwowy. Może spowodować zmiany zwyrodnieniowe wątroby i nerek.	Narastająca błądź, sinica, utrata przytomności i zapaść. Ponadto bóle brzucha, wymioty i mdłości. Może spowodować rumień i powierzchowną martwicę skóry.
Chloropikryna	Posiada własności duszące i ogólnotrujące. Pary silnie drażnią błony śluzowe oczu i płuc. Może spowodować obrzęk płuc i zaburzenia ośrodkowego układu nerwowego. Silnie drażni skórę.	U porażonych pojawia się łzawienie, ulegają podrażnieniu górne drogi oddechowe, pojawia się kaszel niekiedy z krwawą wydzielaliną, nudności, wymioty, bóle brzucha, biegunka, bóle głowy, osłabienie mięśni, częste i słabe tętno. Śmierć może nastąpić wskutek obrzęku płuc.

Nazwa TSP	Sposób działania	Objawy zatrucia
Chlorowodór	Działa drażniąco. W wilgotnym powietrzu tworzy kwas solny, który drażni spojówki oczu, błony śluzowe dróg oddechowych oraz skórę. Przy wysokich stężeniach wywołuje zmiany zapalne i martwicę oraz obrzęk płuc.	Kaszel, pieczenie w gardle, łzawienie, zapalenie płuc i ostry nieżyt oskrzeli. Ból przy oddychaniu, szybki puls, skóra zimna i wilgotna. Przy zatruciu drogą doustną występuje powierzchniowa martwica.
Dichloroetan	Jest to narkotyk wywołujący zmiany dystroficzne głównie w wątrobie i nerkach a także w innych narządach. Powoduje zmętnienie rogówki wskutek działania resorpcyjnego. Niebezpieczny podczas wdychania. Działa przez nieuszkodzoną skórę. Szczególnie toksyczny po wypiciu.	Podczas wdychania małych stężeń, po upływie 2-3 godzin pojawia się ból głowy, senność, słodki smak w ustach, duszność, czasami wymioty, lekkie podrażnienie błon śluzowych, możliwe jest pieczenie skóry twarzy oraz jej zaczerwienienie. Przy ciężkich zatruciach - silne ogólne osłabienie, zawroty głowy, wymioty, powiększenie wątroby, skłonność do hipotonii, rzadkie tętno, głuche bicie serca, objawy zatrucia nerek, zaburzenia świadomości, dreszcze, zwężenie pola widzenia. W szczególnie ciężkich przypadkach - utrata świadomości, drgawki, czasami następuje szybka śmierć wskutek niewydolności sercowo- naczyniowej. Może występować niewydolność nerek, toksyczne zapalenie wątroby, obrzęk płuc. Po połknięciu dichloroetanu (do ciężkiego zatrucia wystarczy 20-50 ml) pojawia się stan podniecenia, drgawki, depresja psychiczna, śpiączka, następuje spadek ciśnienia krwi, tachykardia, niewydolność wątrobowo - nerkowa. Podczas działania na skórę mogą pojawić się rany z martwicą włącznie.
Dimetylohydrazyna	Jest toksyczna przy różnych sposobach przedostania się do organizmu. Przy zatruciu inhalacyjnym wywołuje obrzęk płuc, na którego tle powstają, w przypadku ostrego stanu, ciężkie porażenia ośrodkowego układu nerwowego, kończące się w wielu wypadkach śmiercią. Ciekła dimetylohydrazyna wywołuje oparzenia skóry. W stanie zarówno ciekłym, jak i gazowym, przenika przez skórę i jest szybko wykrywalna we krwi. Wywołuje zakłócenia przemiany węglowodanowej i tłuszczowej. Posiada własności hemolityczne. Śmierć następuje na skutek uremii.	Przy lekkich zatruciach występuje podrażnienie błon śluzowych oczu i górnych dróg oddechowych. Przy średnich- zapalenie oskrzeli i toksyczny obrzęk płuc, podniecenie a następnie depresja, zakłócenie węglowodanowej, tłuszczowej i antytoksycznej funkcji wątroby. Ostre zatrucie wywołuje zaburzenia świadomości, żółtaczkę, zakłócenie czynności serca, zapalenie jamy ustnej, ból wątroby, wymioty.
Dioksyna	Wywołuje zatrucie w wyniku przenikania do organizmu przez drogi oddechowe, skórę bądź przewód pokarmowy. Działania miejscowego nie powoduje. Posiada okres utajenia od 10 dni do kilku tygodni. Zatrucie powoduje zaburzenia przemiany materii, czynności wątroby, układu nerwowego, atrofie tkanki limfoidalnej.	Utrata wagi, gwałtowne zmniejszenie zapotrzebowania na płyny. Silna dehydratacja w zasadzie kończy się śmiercią. Charakterystyczne jest występowanie obrzęków. Płyn zbiera się początkowo w tkance podskórnej i wokół oczu, a następnie obejmuje twarz, szyję, tułów. Tworzą się bardzo duże obrzęki, głównie podskórne, część cieczy przedostaje się do jamy brzusznej, klatki piersiowej i osierdzia. Charakterystycznym objawem ostrego zatrucia jest czarna wysypka na twarzy i szyi nie poddająca się leczeniu. Oprócz tego nadmiernie rogowacieje skóra stóp i dłoni, następuje rozpadanie się paznokci na palcach rąk i nóg, wypadanie włosów i rzęs.
Disiarczek węgla środek szkodliwy	Trucizna neurotropowa. Posiada własność ogólnego zatrucia organizmu, objawy miejscowe są niewyraźne. Zasadniczo przenika do organizmu drogą inhalacyjną, możliwe	W przypadku wdychania disiarczku węgla następuje zaczerwienienie twarzy, pojawia się stan euforii, czasami konwulsje. Przy działaniu silnych stężeń następuje szybka utrata

Nazwa TSP	Sposób działania	Objawy zatrucia
	jest także przenikanie przez nieuszkodzoną skórę. Duże stężenia wykazują działanie narkotyczne. Chroniczne działanie małych stężeń wywołuje choroby ośrodkowego, wegetatywnego i peryferyjnego układu nerwowego, organów endokrynologicznych i wewnętrznych, układu krwionośnego. Sprzyja rozwojowi chorób układu sercowo-naczyniowego, choroby wrzodowej żołądka i dwunastnicy, cukrzycy i innych.	świadości i zachodzi niebezpieczeństwo paralizu układu oddechowego. Możliwy jest silny ból głowy, porażenie wzroku, słuchu i równowagi, wystąpienie zespołu Parkinsona, rozkojarzenie świadomości, zaburzenia snu oraz funkcji nerek, po spożyciu występują wymioty, biegunka z domieszką krwi. W przypadku długotrwałego działania na skórę powstają zmiany jak przy oparzeniach drugiego stopnia. Przy działaniu poprzez skórę skutki są podobne jak przy działaniu inhalacyjnym.
Fenol środek szkodliwy	Działa na układ nerwowy, poraża ośrodek mózgowy. Wykazuje silne działanie żrące. Przez skórę wchłania się dobrze wywołując trudno gojące się rany.	Objawy występują po 10-15 min., występuje duże osłabienie mięśniowe, dzwonienie w uszach, zwolnienie tętna, zaburzenia w oddychaniu, sinica, zwężenie źrenic. Występuje niewydolność nerek i toksyczne uszkodzenie wątroby.
Hydrazyna	Sposób działania jest analogiczny do dimetylo-hydrazyny.	Objawy zatrucia są podobne jak przy działaniu dimetylohydrazyny.
Ksilen środek szkodliwy	Działa narkotycznie, drażni błony śluzowe dróg oddechowych, skórę. W organizmie przekształca się w kwas metylobenzoowy.	Zapalenie spojówek, uczucie zmęczenia, bóle głowy, suchość w gardle, brak apetytu, nudności, wymioty, zawrót głowy. Ciężkie przypadki: sinica, utrata przytomności.
Kwas azotowy środek szkodliwy	Działa silnie drażniąco na skórę, błony śluzowe, drogi oddechowe. Powoduje obrzęk płuc. Oparzenie większej części ciała jest bardzo groźne, może spowodować wstrząs i zapaść.	Kaszel, bóle głowy, wymioty, duszności, silne łzawienie, toksyczny obrzęk płuc.
Oleum środek szkodliwy	Ma silne właściwości drażniące i niszczące. Powoduje głębokie oparzenia, martwice a nawet zwęglenie tkanek. Pary wywołują ostre stany zapalne górnych dróg oddechowych i zapalenie płuc. Przy przedostaniu się drogą doustną może przedziurawić przełyk, ściany żołądka i jelit.	W przypadku przedostania się przez przewód pokarmowy chory odczuwa silne bóle w jamie ustnej, gardle, przełyku, żołądka. Występuje silny kaszel, wymioty ze śladami krwi. Może nastąpić spadek ciśnienia krwi, osłabienie czynności serca, zapaść.
Siarka środek szkodliwy nie objęty klasyfikacją	Działa drażniąco na błony śluzowe dróg oddechowych, skórę i spojówki oka. Łatwo utlenia się do ditlenku siarki. Ten ostatni ma silne właściwości drażniące. Łączy się z wilgocią tworząc kwas siarkowy.	Nieżyt błon śluzowych nosa z obfitą wydzieliną, nieżyt tchawicy i oskrzeli, kaszel, zapalenie spojówek, zmiany rogówek, silne łzawienie. Działanie ditlenku siarki może spowodować obrzęk płuc i śmierć przez uduszenie.
Tetraetylek ołowiu	Trucizna atakująca głównie układ nerwowy. Posiada właściwości kumulacyjne. Zatrucie możliwe jest przez drogi oddechowe, przewód pokarmowy oraz skórę. Okres utajenia - od kilku godzin do kilku dni. Jego toksyczność jest spowodowana tworzeniem się w organizmie trietylu ołowiu - aktywnego inhibitora procesów przemian.	Rozstrój ośrodkowego układu nerwowego: ból głowy, stan podniecenia, bezsenność, porażenie wzroku, drgawki. Obniża się ciśnienie krwi, oraz temperatura ciała. Możliwe jest zejście śmiertelne w ciągu kilku dni od zatrucia.
Wodorotlenek sodowy środek szkodliwy	Działa niszcząco na tkanki, powoduje ciężkie i głębokie oparzenia i owrzodzenia. Rozpuszcza białka co ułatwia wnikanie w głąb tkanek i zwiększa niebezpieczeństwo perforacji. Jest bardzo niebezpieczny dla oczu. Wdychanie w postaci par, pyłu i aerozolu powoduje ciężkie uszkodzenia płuc.	Pieczenie, zapaść ze spadkiem ciśnienia tętniczego, rozszerzenie źrenic, przyspieszony oddech, stopniowy spadek temperatury ciała. W przypadku dostania się do dróg pokarmowych powoduje perforację i krwotoki żołądka.

Uwaga: Tabelę utworzono na podstawie danych zamieszczonych w *Metodyce oceny sytuacji chemicznej po skażeniach toksycznymi środkami przemysłowymi*, MON, Warszawa 1993 i M. Krauze, I. Nowak, *Broń chemiczna*, MON, Warszawa 1985.

Efekty oddziaływania toksycznego rozpatrywanych środków zależą od:

- rodzaju uwolnionego środka;
- wielkości pochłoniętych dawek i oddziaływujących stężeń;
- indywidualnych czynników ustrojowych;
- drogi przenikania TSP do organizmu;
- zastosowanych metod zapobiegania wchłanianiu trucizny;
- sprawności akcji ratowniczej.

Rodzaj toksycznego środka przemysłowego ma bardzo istotny wpływ na wielkość strat. Każdy TSP ma bowiem charakterystyczne dla siebie właściwości toksykodynamiczne, których miarą jest dawka¹⁸ lub stężenie¹⁹ powodujące objawy zatrucia lub śmierć. TSP o większej toksyczności z reguły (choć nie zawsze) powoduje wyższe straty. Dane o rodzajach i wielkościach stężeń TSP zamieszczono w tabeli 8.

Tabela 8

Dane o rodzajach i wielkościach stężeń toksycznych środków przemysłowych

Nazwa TSP	Toksyczność (mg/m ³)			
	Próg wyczuwalności węchowej	Najwyższe dopuszczalne stężenie (NDS)	Stężenie niebezpieczne dla życia (przy 30 min. ekspozycji)	Stężenie śmiertelne
Amoniak	0,5	20	1500-3150	3500-7000
Chlor	0,06	1,5	50	-
Cyjanowodór	0,2-5,7	0,3	150	300
Disiarczek węgla		2,5	6-10	15
Ditlenek siarki	0,8	20	400-500	1000-1500
Fluorowodór	-	0,5	-	35-70
Fosgen	2	0,5	-	100
Siarkowodór	0,0007	10	700-1000	1000
Tlenek etylenu	1,5	1	90000	-

Źródło: Opracowano na podstawie danych o toksyczności zawartych w pracy M. Miłowskiego, L. Piwowarskiego, *Toksyczne środki przemysłowe*, MON, Warszawa 1993.

Indywidualne czynniki ustrojowe takie jak: wrażliwość gatunkowa, rasowa i osobnicza, fizjologiczny stan organizmu, towarzyszące choroby płuc i wiek mogą sprzyjać powstawaniu strat lub przyczyniać się do ich ograniczania. Najbardziej odporni na działanie TSP są żołnierze zdrowi, dojrzały, o mocnej budowie ciała i dobrze odżywieni. Wyczerpanie fizyczne i nie-

¹⁸ W zależności od określonego efektu toksycznego wyróżnia się dawki progowe, toksyczne, śmiertelne i inne. Dawka proguowa lub graniczna - dosis minima (DM) - jest to ilość substancji, która wywołuje pierwsze widoczne zaburzenia czynności organizmu. Dawka toksyczna lub trująca - dosis toxica (DT) - jest to ilość trucizny, która wywołuje wyraźne objawy zatrucia. Dawka śmiertelna - dosis lethalis (DL) - jest to ilość trucizny, która powoduje śmierć. Dawki mierzy się w mg/kg masy ciała.

¹⁹ Stężenia określa się dla TSP występujących w postaci gazu, pyłu lub aerozolu. Stężenia mierzy się w jednostkach wagowych w stosunku do objętości powietrza (mg/m³ lub mg/l).

dożywienie zwiększa wrażliwość na działanie trucizny. Podatność na zatrucie znacznie wzrasta w przypadku zaburzeń czynności narządów biorących udział w procesach metabolizmu i wydalania trucizny z organizmu (wątroba, nerki). Również inne choroby zwiększają podatność na zatrucie, szczególnie wówczas gdy dotyczą narządów i układów, których czynność ulega zaburzeniu pod wpływem trucizny. Na przykład zatrucie fosgenem lub chlorem jest szczególnie niebezpieczne dla osób cierpiących na choroby układu krążenia i dróg oddechowych. Wysiłek fizyczny zwiększa podatność na zatrucie drogami oddechowymi wskutek zwiększonej wentylacji płuc. Może również ułatwić wchłanianie TSP przez skórę z powodu zwiększonego jej ukrwienia i wzmożonej potliwości.

Drogi przenikania TSP do organizmu mają ścisły związek z wielkością strat. Zatrucie przez drogi oddechowe jest szczególnie groźne, z uwagi na szybkie przenikanie trucizny do krwioobiegu z pominięciem wątroby. Tą drogą przenikają do organizmu substancje w postaci par, aerozoli i pyłów, a więc wszystkie TSP zaliczane do grupy stwarzających bezpośrednie zagrożenie. Zatrucie przez przewód pokarmowy może nastąpić przez spożycie skażonej strawy lub wody. Przy prawidłowej kontroli posiłków przygotowanych do wydania takie przypadki w wojsku nie powinny w ogóle mieć miejsca. Strat żołnierzy na skutek zatrucia toksycznymi środkami przemysłowymi przez drogi pokarmowe nie można całkowicie wykluczyć, tym niemniej powinny to być przypadki wyjątkowe i występować bardzo rzadko. Przez skórę przenikają jedynie niektóre TSP, z reguły te, które są dobrze rozpuszczalne w tłuszczach. Jednoczesna rozpuszczalność w wodzie ułatwia ich wchłanianie. Spośród TSP przez skórę resorbują się: cyjanowodór, siarkowodór, fenol i jego pochodne, tetraetylen ołowiu. We wszystkich wypadkach resorpcja przez skórę jest wielokrotnie wolniejsza aniżeli przez błony śluzowe przewodu pokarmowego czy też nabłonka pęcherzyków płucnych. Można oczekiwać, że straty żołnierzy przy przenikaniu TSP przez skórę będą wielokrotnie mniejsze od strat wywołanych oddziaływaniem TSP przez drogi oddechowe. Strat żołnierzy można zmniejszyć przez zastosowanie różnych środków zapobiegających dalszemu wchłanianiu trucizny. Są nimi indywidualne i zbiorowe środki ochrony przed skażeniami. Spośród środków indywidualnych najlepsze są te, które izolują drogi oddechowe i ciało żołnierza od skażonej atmosfery. Maski przeciwgazowe o działaniu filtracyjnym, w przypadku niektórych TSP (amoniak, fluorowodór) nie stanowi dla nich żadnej bariery. Wielkość strat zależy również od sprawnie przeprowadzonej akcji ratowniczej w rejonach porażeń. Szybkie usunięcie zatrutych ze skażonej atmosfery i udzielenie im kwalifikowanej pomocy medycznej może przyczynić się do znacznego ograniczenia strat.

2. MOŻLIWOŚCI WYSTĄPIENIA SKAŻEŃ TOKSYCZNYMI ŚRODKAMI PRZEMYSŁOWYMI NA OBSZARZE KRAJU

Możliwość wystąpienia skażeń, będących skutkiem uwolnienia toksycznych środków przemysłowych do środowiska naturalnego, zależy niewątpliwie od liczby obiektów, w których takie środki się znajdują. Liczba obiektów zaś jest obecnie stosunkowo duża. Wynika to ze znacznego zapotrzebowania na te środki. TSP znajdowały i znajdują szerokie zastosowanie jako produkty i półprodukty nie tylko w przemyśle chemicznym ale również w takich gałęziach przemysłu jak: metalurgia, przemysł spożywczy, celulozowo-papierniczy, włókienniczy, farmaceutyczny, petrochemiczny i inny.

Amoniak znalazł powszechne zastosowanie w instalacjach chłodniczych, a chlor jako środek do uzdatniania wody spożywczej. Zastosowania wybranych TSP w gospodarce narodowej przedstawiono w tabeli 9.

Tabela 9

Zastosowanie wybranych toksycznych środków przemysłowych w przemyśle

Nazwa TSP	Zastosowanie
TSP stwarzające bezpośrednie zagrożenie dla wojsk	
Amoniak	Produkcja kwasu azotowego, cyjanowodoru, akrylonitrylu, włókien syntetycznych, nawozów mineralnych, materiałów wybuchowych, środków chłodniczych
Chlor	Produkcja tworzyw sztucznych, środków owadobójczych, rozpuszczalników, środków dezynfekcyjnych, wybuchających i piorących; Produkcja gliceryny, tlenku etylenu, oczyszczanie wody, metalurgia
Cyjanowodór	Produkcja akrylonitrylu, akrylanów, cyjanianów, synteza kauczuku nitrylowego, włókien chemicznych, szkła organicznego
Ditlenek siarki	Produkcja kwasu siarkowego, wybielanie celulozy, wełny, jedwabiu, skrobi, mąki kukurydziej i cukru. Środek dezynfekcyjny i chłodniczy
Fluorowodór	Produkcja fluorowęglowodorów, tworzyw sztucznych odpornych chemicznie i termicznie (teflonów), otrzymywanie uranu z fosfatów, metalurgia
Fosgen	Produkcja tworzyw sztucznych, kauczuków i włókien syntetycznych, barwników i pochodnych izocyjanów
Tlenek etylenu	Synteza glikolu, etyloaminy, eterów, barwników organicznych, gum i włókien polistyrenowych
Tlenek węgla	Rafinacja metali, synteza metanoli, paliwo gazowe
Tlenki azotu	Składnik paliwa raketowego
TSP stwarzające pośrednie zagrożenie dla wojsk	
Akrylonitryl	Produkcja włókien syntetycznych, gumy i kauczuku syntetycznego, barwników
Anilina	Produkcja barwników, farmaceutyków, przemysł gumowy i tworzywa sztuczne
Azotan amonowy	Składnik materiałów wybuchowych (amonitów), nawozy sztuczne (saletra amonowa, saletrzak)
Benzen	Produkcja barwników, farmaceutyków, materiałów wybuchowych, tworzyw sztucznych, produkcja chlorobenzenu, nitrobenzenu, toluenu, kwasu benzosulfonowego, środek ekstrakcyjny
Chlorobenzen	Rozpuszczalnik lakierów, pokostów, etylocelulozy, tłuszczów. Używany jako półprodukt do otrzymywania wielu związków organicznych np.: aniliny, fenoli
Chloropikryna	Środek do zwalczania szkodników w rolnictwie i do dezynfekcji. Występuje jako produkt pośredni przy produkcji barwników.
Chlorowodór	Produkcja związków chloroorganicznych, kwasów tłuszczowych, klejów, fosforanów z kości, glukozy, papieru, chloru, amoniaku i ditlenku węgla, synteza wielu związków organicznych, przerób rud, czyszczenie i trawienie metali
Dichloroetan	Rozpuszczalnik, składnik roztworu odkażającego
Dimetylohydrazyna	Składnik paliwa raketowego

Nazwa TSP	Zastosowanie
Dioksyna	Produkt towarzyszący i przejściowy przy produkcji związków chloroorganicznych
Disiarcezek węgla	Produkcja włókien viskozowych, celofanu, włókien syntetycznych, rozpuszczalników, wulkanizacja kauczuku. Środek dezynfekcyjny
Fenol	Wyrób syntetycznych barwników i garbników, kwasu pikrynowego, produkcja tworzyw sztucznych (bakelit), środków dezynfekcyjnych i wielu leków.
Hydrazyna	Składnik paliwa raketowego i produkcja materiałów wybuchowych, gum i wyrobów gumowych
Ksylen	Rozpuszczalnik w przemyśle lakierów i farb, produkcja farb drukarskich, włókien sztucznych, dodatek do paliw napędowych
Kwas azotowy	W syntezie organicznej przy produkcji barwników, przy nitrowaniu celulozy, w metalurgii, przy produkcji związków azotowych, nawozów
Oleum	Nawozy sztuczne, barwniki, siarczany, farmaceutyki, procesy sulfonowania i nitrowania, rafinacja tłuszczów, garbowanie skór i trawienie metali
Siarka	Produkcja kwasu siarkowego, przemysł gumowy, wulkanizacja kauczuku, wyrób czarnego prochu i ogni sztucznych
Tetraetylek ołowiu	Jest stosowany jako antydetonator w mieszaninie z chlorowcopochodnymi węglowodorów
Wodorotlenek sodu	Produkcja włókien sztucznych viskozowych, syntetycznych, fenolu, hydrosulfatów, celulozy barwników, szkła wodnego, mydeł, półproduktów organicznych, rafinowanie olejów

Informacje o rozmieszczeniu obiektów z toksycznymi środkami przemysłowymi są od kilku lat ewidencjonowane w bazach danych szefów obrony przeciwchemicznej oraz ośrodków (stacji) analizy skażeń wszystkich szczebli. Krajowy rejestr takich obiektów posiada Centralny Ośrodek Analizy Skażeń (COAS). Autorzy, na podstawie danych zawartych właśnie w tym rejestrze, obejmujących stan z 30 czerwca 1996 roku opracowali zestawienie danych o toksycznych środkach przemysłowych i o substancjach niebezpiecznych na obszarze poszczególnych województw. Zestawione materiały przedstawiają zagrożenie istniejące w poszczególnych rejonach oraz możliwości wystąpienia skażeń w przypadku awarii (zniszczenia) obiektów z TSP.

2.1. Możliwości wystąpienia skażeń po uwolnieniu toksycznych środków przemysłowych z obiektów stacjonarnych rozmieszczonych na obszarze kraju

Z wojskowego punktu widzenia istotne jest zagrożenie jakie stwarzają TSP, zaliczane do grupy stwarzających zagrożenie bezpośrednie. Zestawienie danych o TSP zaliczonych do tej grupy, na obszarze poszczególnych województw, przedstawiono w załączniku 1. Z informacji w nim zawartych wynika, że 30 czerwca 1996r. odnotowano obecność 643 TSP zaliczanych do stwarzających bezpośrednie zagrożenie. Dysponowały nimi 598 podmioty gospodarcze, prowadzące swą działalność w 321 miejscowościach. Ogółem na terytorium kraju zgromadzono prawie 54 tys. ton tych środków co stanowiło około 13% ogółu zgromadzonych substancji niebezpiecznych.

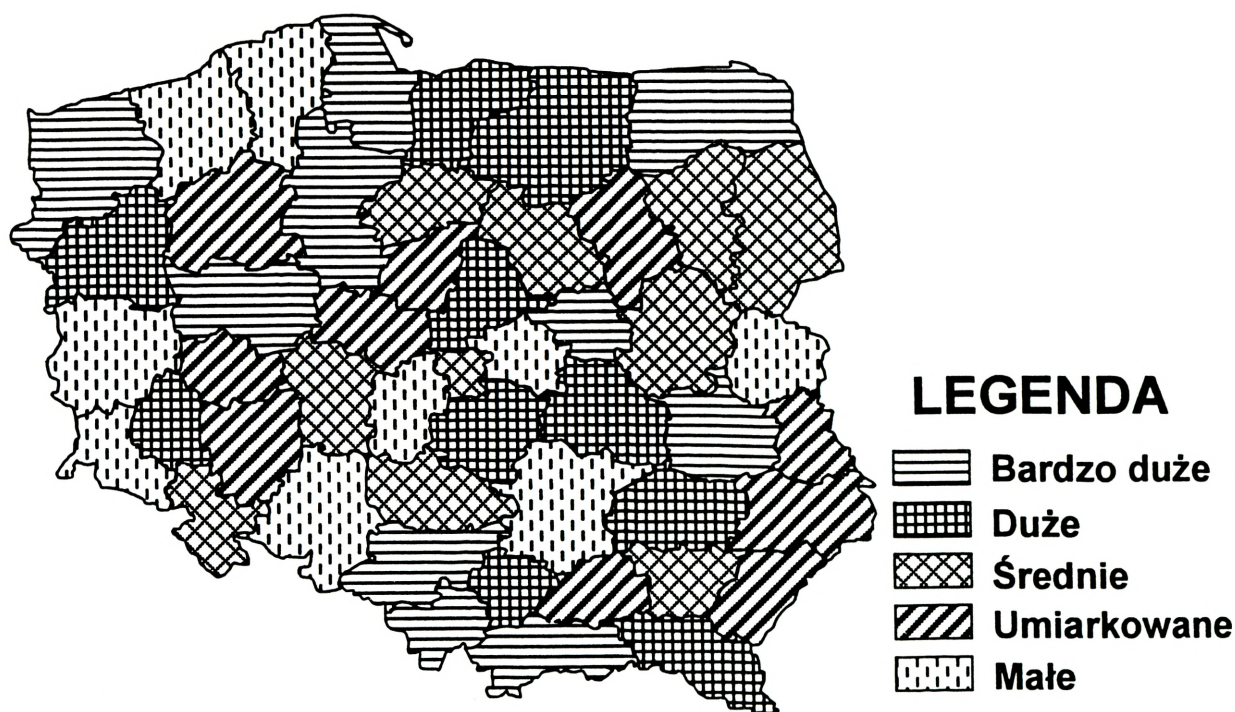
Zagrożenie bezpośrednie dla wojsk, wynikające z możliwości zniszczenia (awarii) obiektów z rozpatrywanymi środkami, na obszarze poszczególnych województw było zróżnicowane. Przy jego ocenie uwzględniono, cztery parametry: liczbę zarejestrowanych TSP, liczbę

podmiotów gospodarczych dysponujących TSP, liczbę miejscowości, w których znajdowały się TSP, masę zgromadzonych TSP. Następnie dla każdego parametru ustalono miejsce województwa w rankingu 49 województw, a na końcu zaś wyznaczono z nich średnią arytmetyczną. Przyjęto pięć rodzajów zagrożenia, przy czym przyporządkowano im województwa uwzględniając zajętą pozycję w rankingu województw. Rodzaje zagrożeń przedstawiono w tabeli 10 i na rysunku 5.

Tabela 10

Zagrożenie wojsk toksycznymi środkami przemysłowymi stwarzającymi bezpośrednie zagrożenie w poszczególnych województwach

Rodzaj zagrożenia	Pozycja w rankingu województw	Nazwy województw, w których zagrożenie występuje
Bardzo duże	1 - 10	bydgoskie, katowickie, bielskie, lubelskie, warszawskie, suwalskie, nowosądeckie, gdańskie, szczecińskie, poznańskie
Duże	11 - 20	łódzkie, kaliskie, toruńskie, łomżyńskie, białostockie, siedleckie, częstochowskie, wałbrzyskie, rzeszowskie, ciechanowskie
Średnie	21 - 30	olsztyńskie, legnickie, krakowskie, piotrkowskie, gorzowskie, tarnobrzyskie, krośnieńskie, elbląskie, płockie, radomskie
Umiarkowane	31 - 40	przemyskie, zamojskie, wrocławskie, ostrołęckie, pilskie, konińskie, włocławskie, leszczyńskie, tarnowskie, chełmskie
Małe	41 - 49	koszalińskie, opolskie, kieleckie, zielonogórskie, skierniewickie, sieradzkie, słupskie, jeleniogórskie, bielsko-podlaskie



Rysunek 2. Zagrożenie ze strony TSP stwarzających bezpośrednie zagrożenie dla wojsk w poszczególnych województwach

2.2. Możliwości wystąpienia skażeń po uwolnieniu substancji niebezpiecznych z obiektów stacjonarnych rozmieszczonych na obszarze kraju

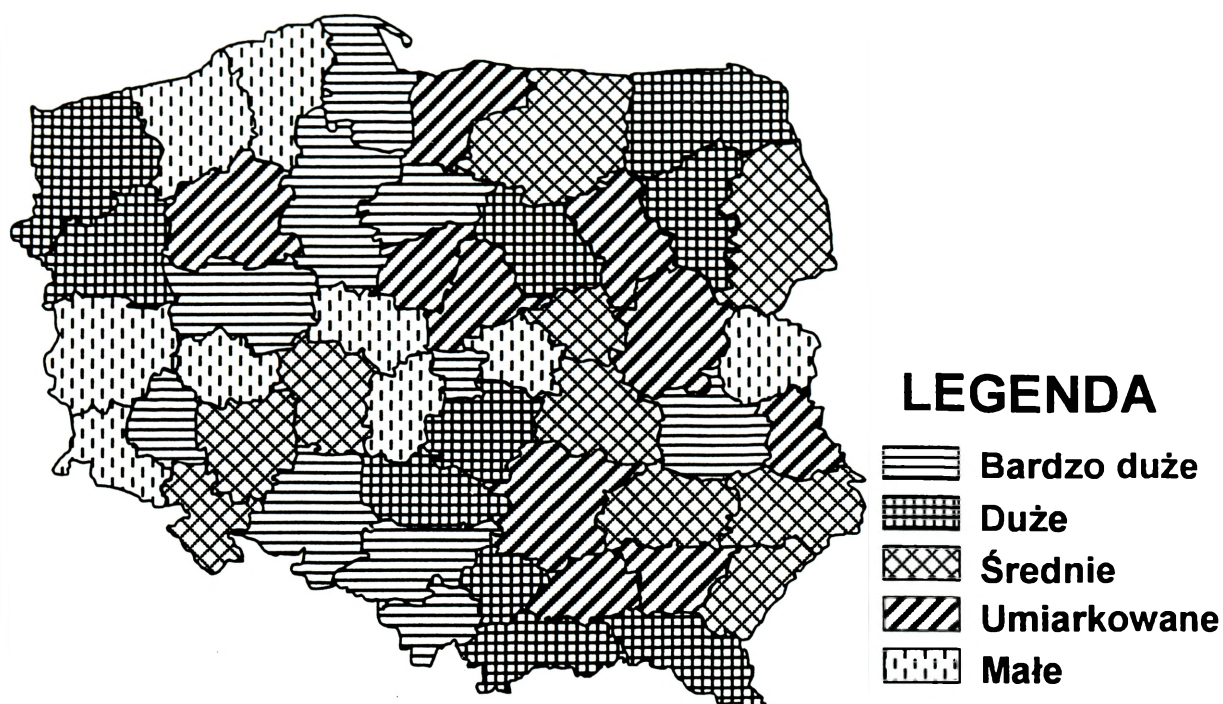
Substancje niebezpieczne stwarzają zagrożenie pośrednie dla wojsk. Skażają bowiem teren i to co się na nim znajduje. Utrudniają działania wojsk i uniemożliwiają czasowe korzystanie z zasobów znajdujących się w terenie skażonym. Zestawienie danych o substancjach niebezpiecznych, na obszarze poszczególnych województw, przedstawiono w załączniku 2. Z informacji w nim zawartych wynika, że 30 czerwca 1996 roku na terenie kraju zarejestrowano 1615 przypadków magazynowania substancji niebezpiecznych. Dysponowały nimi 855 podmioty gospodarcze, prowadzące swą działalność w 397 miejscowościach. Ogółem w rozpatrywanym okresie na terytorium kraju znajdowało się prawie 411 tys. ton substancji niebezpiecznych.

Zagrożenie dla wojsk i ludności cywilnej, wynikające z potencjalnych możliwości uwolnienia substancji niebezpiecznych w rezultacie zniszczenia (awarii) zbiorników i instalacji, w poszczególnych województwach jest bardzo zróżnicowane. Różne są bowiem: liczba zarejestrowanych substancji; liczba podmiotów gospodarczych dysponujących substancjami niebezpiecznymi; liczba miejscowości, w których znajdują się obiekty z substancjami niebezpiecznymi; masa zgromadzonych substancji na terenie województwa. Przy rozpatrywaniu zagrożenia ustalono, dla każdego z wymienionych parametrów, miejsce danego województwa w rankingu województw, a następnie określono średnią pozycję województwa uwzględniając wszystkie parametry (7 rubryka załącznika). Średnia pozycja w ogólnym rankingu stała się podstawą do określenia zagrożenia jakie istnieje w poszczególnych województwach. Ilustruje to tabela 11 oraz rysunek 3.

Tabela 11

Zagrożenie wojsk i ludności cywilnej substancjami niebezpiecznymi w poszczególnych województwach

Rodzaj zagrożenia	Pozycja w rankingu województw	Nazwy województw
Bardzo duże	1 - 10	bielskie, katowickie, poznańskie, lubelskie, bydgoskie, legnickie, toruńskie, łódzkie, gdańskie, opolskie
Duże	11 - 20	suwalskie, łomżyńskie, nowosądeckie, częstochowskie, krośnieńskie, krakowskie, szczecińskie, piotrkowskie, ciechanowskie, gorzowskie
Średnie	21 - 30	białostockie, warszawskie, tarnobrzeskie, olsztyńskie, wałbrzyskie, przemyskie, radomskie, wrocławskie, kaliskie, zamojskie
Umiarkowane	31 - 40	chełmskie, siedleckie, tarnowskie, ostrołęckie, rzeszowskie, pilskie, elbląskie, płockie, kieleckie, włocławskie
Małe	41 - 49	jeleniogórskie, koszański, koniński, leszczyński, skierniewickie, zielonogórskie, sieradzkie, słupskie, bielsko-podlaskie



Rysunek 3. Zagrożenie ze strony substancji niebezpiecznych w poszczególnych województwach

2.3. Możliwości wystąpienia skażeń po uwolnieniu toksycznych środków przemysłowych w wyniku awarii na szlakach kolejowych i drogowych

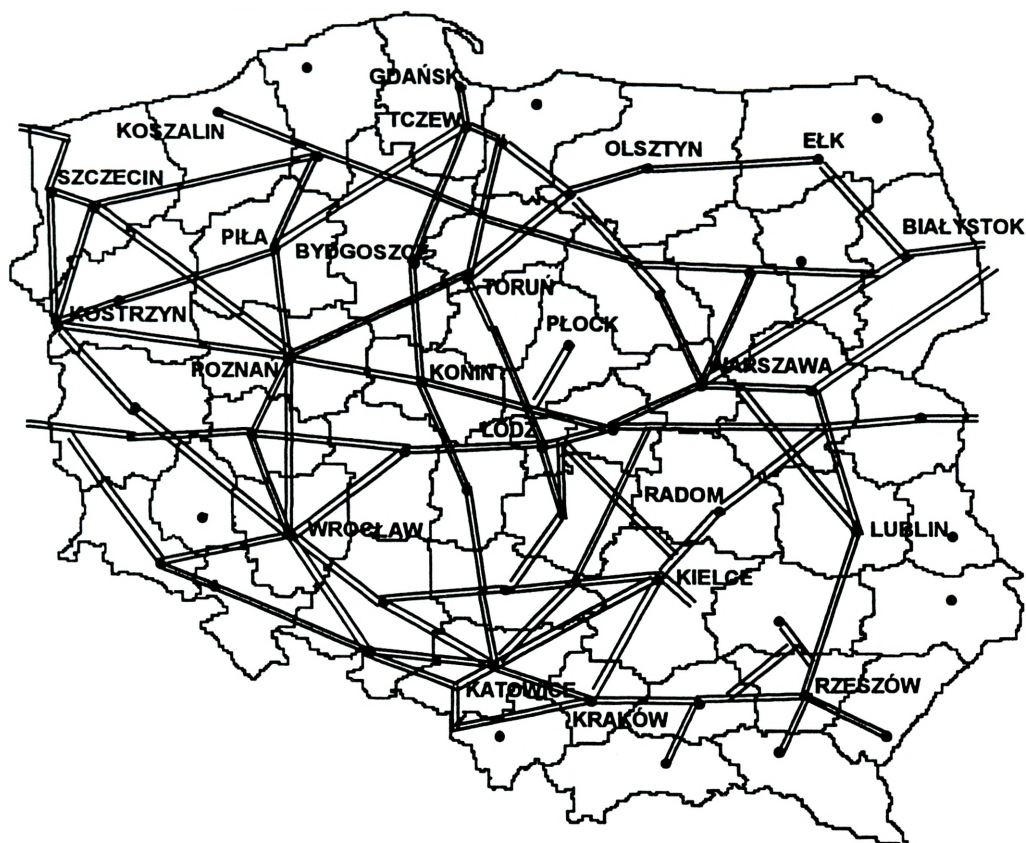
TSP bardzo często są produkowane w jednym zakładzie, a przetwarzane w innym, położonym nieraz w odległości dziesiątek lub nawet setek kilometrów. TSP są w związku z tym przewożone transportem kolejowym lub kołowym, rzadziej morskim lub lotniczym.

W transporcie kolejowym ładunki z TSP są przewożone głównie w wagonach-cysternach. Na szlakach kolejowych RP kursuje 24 000 cystern polskich i 6 000 cystern zagranicznych, realizujących około 350 000 przewozów²⁰. Roczny obrót substancjami niebezpiecznymi w Polsce wynosi około 14 mln. ton, w tym udział 15 substancji szczególnie niebezpiecznych (śledzonych) wynosi ok. 700 tys. ton (14 tysięcy przewozów). Kolejowe przewozy ładunków niebezpiecznych szacuje się na około 8% przewozów towarowych ogółem.

Rocznie rejestruje się kilkadziesiąt awarii polegających na uszkodzeniach eksploatacyjnych oprzyrządowania lub korozji punktowej walczaków cystern. Codziennie rejestrowane są tego typu awarie wywołujące zagrożenie lokalne, często o znacznym potencjalnym zasięgu.

²⁰ Wszystkie cyfry dotyczące kolejowego i drogowego transportu TSP zaczerpnięto z publikacji J. Ludwiczaka, *Nadzwyczajne zagrożenia środowiska*, AON, MOSZN.L, Warszawa 1994, s. 51-55.

Trasy kolejowe, po których transportuje się toksyczne środki przemysłowe ilustruje rysunek 4.



Rysunek 4. Trasy kolejowe, po których transportuje się toksyczne środki przemysłowe

Transport drogowy jest realizowany w dwóch wariantach:

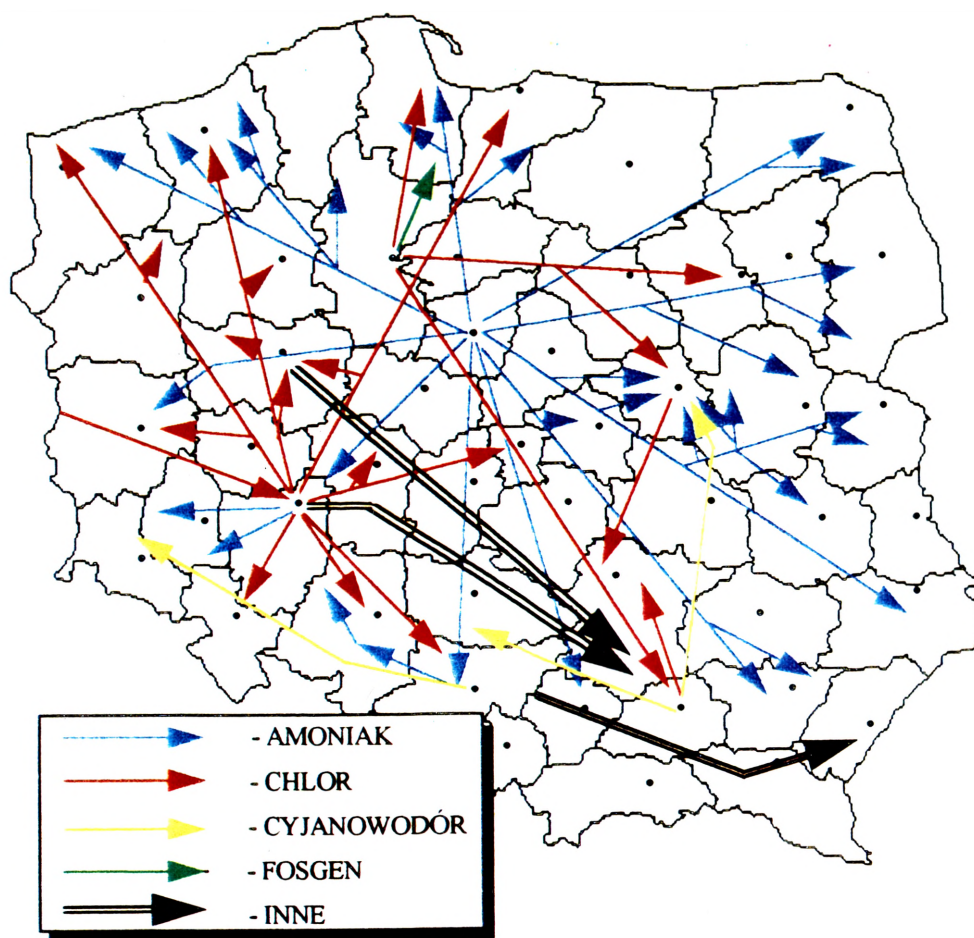
- na trasach długich dla zamówień jednorazowych mniejszych od pojemności kolejowych (maksymalnie do 40 ton);
- na trasach krótkich w obrocie hurtowym i jednostkowym do poszczególnych odbiorców.

Transport materiałów niebezpiecznych prowadzony jest w:

- opakowaniach jednostkowych (butle, małe zbiorniki, beczki, paczki, balony) na samochodach dostawczych i ciężarowych (maksymalnie do kilkunastu ton);
- opakowaniach masowych - autocysternach o średniej pojemności ok. 30 ton.

W Polsce zarejestrowanych jest około 6000 autocystern do przewozu płynnych materiałów niebezpiecznych. Do ruchu dopuszczonych jest 5700 autocystern. Roczny przewóz szacuje się na około 1 mln. kursów. Na terenie województw (miast) do dowozu benzyn ustalone są stałe trasy dojazdu. Dla innych przewozów obowiązuje ich zgłoszenie do policji, która ewen-

tualnie stwarza dodatkowe warunki w zakresie przewozu ropopochodnych. Roczne przewozy tego typu szacuje się na około 5 mln. ton. Szczególnie niebezpieczne materiały gazowe (głównie chlor) przewożone są w konwojach nadzorowanych. Trasy drogowe wykorzystywane do transportu TSP przedstawia rysunek 5.



Rysunek 5. Trasy przewozu głównych TSP po drogach kołowych

Rocznie rejestruje się kilkadziesiąt wypadków drogowych, z czego 80% dotyczy transportu autocysternowego paliw. Najgroźniejsze w skutkach są awarie, gdy medium dostaje się do rzek stanowiących ujęcie wody pitnej (np. wypadek drogowy pod Przemyślem w 1991 r. z wyciekami około 20 ton oleju napędowego i kilkudniowym skażeniem Sanu, powodującym wyłączenie ujęcia wody dla Przemyśla).

Transport rurociągowy ropy naftowej i produktów ropopochodnych również stwarza zagrożenie. Jest ono proporcjonalne do ilości tłoczonych produktów. W warunkach naszego kraju transportuje się:

- trasa Rosja – Płock: 27 mln. ton ropy;
- trasa Płock – Gdańsk: 0,5 mln. ton ropy;

trasa Płock – Niemcy: 16 mln. ton ropy;
trasa Płock – Warszawa: 0,7 mln. ton ropy;
trasa Płock – Bydgoszcz: 1,4 mln. ton ropy;
trasa Płock – Południe: 1,6 mln ton ropy.

W związku z rozbudową terminalu w Gdańsku należy się liczyć ze wzrostem transportu na trasie Płock - Gdańsk o około 10 mln. ton oraz proporcjonalnie na rurociągach produktowych. W przypadku rozbudowy przemysłu rafineryjnego, należy się liczyć z powstaniem nowych tras rurociągu, szczególnie na kierunku Płock - Śląsk o obciążeniu od 3 do 5 mln. ton rocznie. Na przejściach przez duże rzeki mogą powstać awarie osiągające od 3 do 5 tys. ton wyciekłego produktu. Dotyczy to głównie rzek: Narwi, Bugu, Wisły, Warty, Odry; w rejonach Warszawy, Płocka, Gniewu, Poznania, Gorzowa i Krajnika.

Zrozumiałe, że również w warunkach wojny produkcja i transport TSP, być może w zmniejszonej skali, będą miały miejsce. Mogą więc zaistnieć akty zamierzonego bądź nieplanowanego zniszczenia transportów z TSP znajdujących się na drogach kołowych a w rezultacie będzie mieć miejsce uwolnienie TSP do środowiska.

2.4. Charakterystyka ilościowa i jakościowa potencjalnych zagrożeń stwarzanych przez toksyczne środki przemysłowe

Przy rozpatrywaniu możliwości powstania skażeń istotne jest ustalenie jakie środki je stwarzają. Dane o liczbie obiektów z poszczególnymi toksycznymi środkami przemysłowymi stwarzającymi bezpośrednie zagrożenie dla wojsk przedstawia tabela 12.

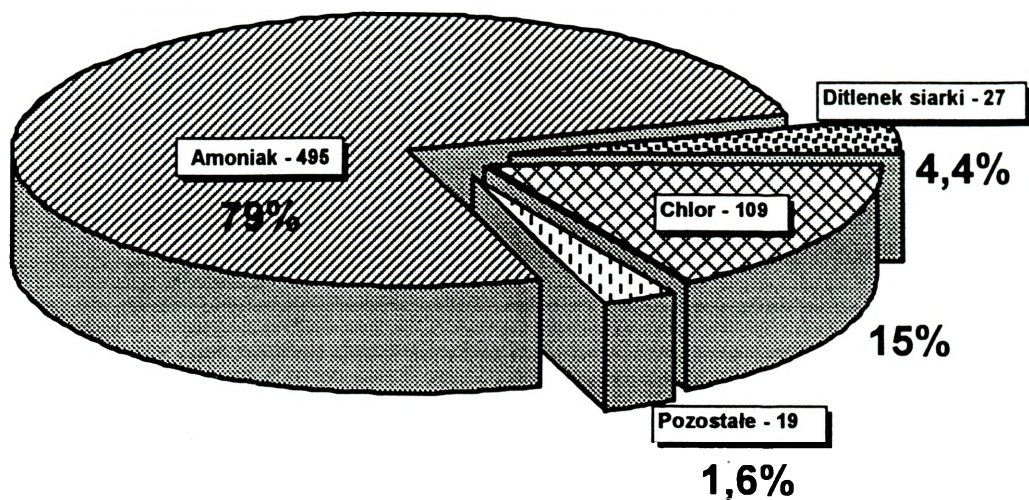
Tabela 12

Liczba obiektów z toksycznymi środkami przemysłowymi stwarzającymi bezpośrednie zagrożenie dla wojsk

Lp.	Nazwa TSP znajdującego się w obiekcie	Liczba obiektów zawierająca TSP w ilościach:					
		podprogowych		ponadprogowych		Ogółem	
		Liczba	procent	Liczba	procent	Liczba	procent
1	Amoniak	491	79,32	4	12,9	495	76,15
2	Chlor	92	14,86	17	54,83	109	16,77
3	Cyjanowodór	1	0,16	-	-	1	0,15
4	Ditlenek siarki	27	4,36	-	-	27	4,15
5	Fluorowodór	5	0,81	1	3,23	6	0,92
6	Fosgen	-	-	2	6,45	2	0,31
7	Tlenek etylenu	3	0,48	4	12,9	7	1,08
8	Siarkowodór	-	-	1	3,23	1	0,15
OGÓŁEM		619		29		648	

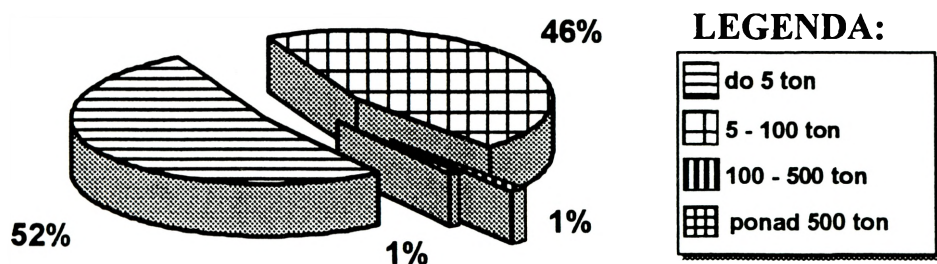
Z danych zawartych w tabeli 12 wynika, że podprogowe ilości TSP zgromadzono w 619 przypadkach, zaś ilości ponadprogowe w 29.

Liczbę oraz procentowy udział obiektów z poszczególnymi toksycznymi środkami przemysłowymi stwarzającymi bezpośrednie zagrożenie dla wojsk przedstawia rysunek 6.



Rysunek 6. Podział obiektów z poszczególnymi toksycznymi środkami przemysłowymi stwarzającymi bezpośrednie zagrożenie dla wojsk

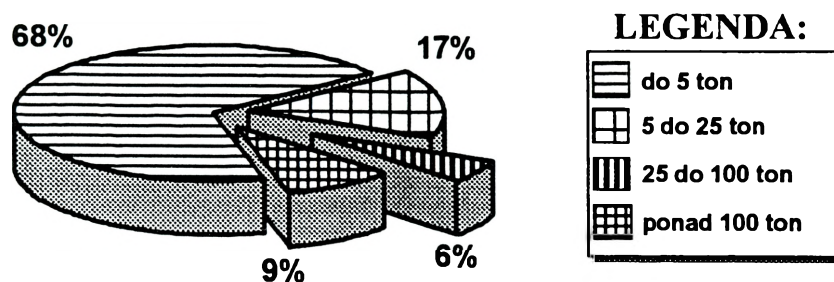
Amoniak jest najczęściej występującym TSP spośród stwarzających bezpośrednie zagrożenie. Znajduje się on w 495 obiektach, co stanowi 76,15% ogółu obiektów. Większość z nich to instalacje chłodnicze w zakładach przemysłu spożywczego (zakłady mięsne, rybne i drobiarskie, spółdzielnie mleczarskie, zakłady piwowarskie, przetwórstwa owocowo-warzywnego i inne). W 258 przypadkach w instalacjach znajduje się do 5 ton amoniaku, zaś w 226 od 5 do 100 ton. W 7 przypadkach w zbiornikach i instalacjach znajduje się od 100 do 500 ton amoniaku, a w 4 zgromadzono ponad 500 ton tego środka. Procentowy podział obiektów z amoniakiem, wg ilości przedstawiono na rysunku 7.



Rysunek 7. Podział obiektów z amoniakiem

Duże ilości amoniaku znajdują się w jednostkach gospodarczych, które wykorzystują ten związek chemiczny w procesach produkcyjnych (produkcja płyt wiórowych, włókien chemicznych, nawozów azotowych). Największe ilości amoniaku zgromadzono w zakładach produkujących nawozy (Włocławek 18000 ton, Police 14000 ton, Puławy 4000 ton). Ogółem według informacji zawartych w bazie danych w zbiornikach i instalacjach znajduje się ponad 43000 ton amoniaku.

Chlor zajmuje drugą pozycję po amoniaku, jeżeli uwzględnić częstotliwość występowania toksycznych środków przemysłowych stwarzających bezpośrednie zagrożenie. Znajduje się w 109 obiektach (co stanowi około 17% ogółu obiektów). Na uwagę zasługuje fakt, że na terenie kraju istnieje 17 obiektów, w których chlor występuje w ilościach przekraczających wartości progowe. Stanowi to prawie 55% wszystkich obiektów z TSP przekraczającymi wartości progowe. Używany jest jako środek dezynfekujący wodę i środek wybielający. Z ogólnej liczby 109 obiektów w 75 chlor występuje w ilościach do 5 ton, w 18 obiektach w ilości od 5 do 25 ton chloru, a w 6 w ilościach od 25 do 100 ton chloru. Procentowy podział obiektów z chlorem, według ilości zgromadzonego w nich TSP, przedstawiono na rysunku 8.

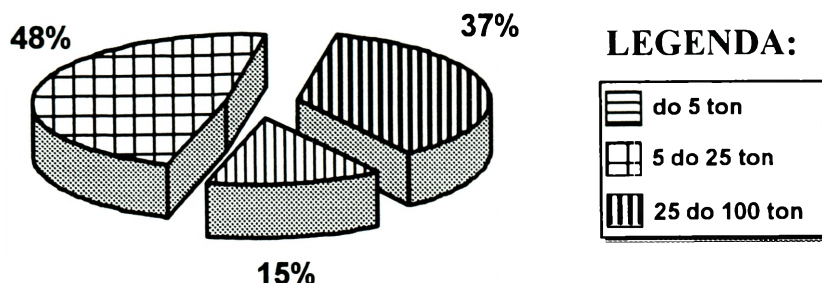


Rysunek 8. Podział obiektów z chlorem

Największe ilości chloru są zgromadzone w Brzegu Dolnym - 1560 ton, Włocławku - 1025 ton, Kwidzynie - 200 ton, Wieliszewie - 150 ton oraz w Kostrzynie - 102 tony. Według informacji zawartych w bazie danych w zbiornikach i instalacjach znajduje się 2225 ton chloru.

Ditlenek siarki jest trzecim po amoniaku i chlorze najbardziej rozpowszechnionym TSP z rozpatrywanej grupy. Znajduje się w 27 obiektach (co stanowi nieco ponad 4% ogółu obiektów), przy czym w żadnym nie przekracza ilości przyjętych za progowe. W 4 obiektach znajduje się do 5 ton ditlenku siarki, w 13 od 5 do 25 ton, a w 10 od 25 do 100 ton rozpatrywanego środka. Procentowy podział poszczególnych obiektów z ditlenkiem siarki, według ilości zgromadzonych w nich środków, przedstawiono na rysunku 9.

Ditlenek siarki najczęściej jest wykorzystywany do wybielania cukru i skrobi oraz celulozy. Stąd też spotyka się go w cukrowniach, zakładach przemysłu ziemniaczanego i zakładach papierniczych. W bazie danych COAS odnotowano, że największe ilości ditlenku siarki znajdują się w Puławach - 100 ton, Machowie - 70 ton, Kwidzynie - 60 ton, Łodzi - 2 x 60 ton oraz Kostrzynie - 50 ton.



Rysunek 9. Podział obiektów z ditlenkiem siarki

Pozostałe toksyczne środki przemysłowe, z grupy stwarzających bezpośrednie zagrożenie, występują w pojedynczych przypadkach; fluorowódór w 6 obiektach, tlenek etylenu w 7, fosgen w 2 i cyjanowódór w 1 obiekcie. Udział obiektów z wymienionymi wyżej środkami toksycznymi w stosunku do ogólnej liczby obiektów w każdym przypadku jest mniejszy od 1 procenta.

Fluorowódór znajdował się w 6 obiektach w 5 miejscowościach (Bielsko-Biała, Dąbrowa Górnicza, Sosnowiec, Zawiercie - 2 razy, Płock). Używany jest w hutnictwie szkła i w procesach chemicznych w płockiej Petrochemii. Ogólna masa fluorowodoru zarejestrowana w bazie danych wynosiła 175 ton, z tego 160 ton znajdowało się w Płocku, a pozostałe niewielkie ilości w innych miejscowościach.

Tlenek etylenu jest zgromadzony w 7 obiektach. Ogółem zgromadzono 806 ton tego środka. W 4 przypadkach zgromadzono go w ilościach ponadnormatywnych (Płock - 417 ton, Brzeg Dolny - 180 ton, Łódź - Chojny - 120 ton, Kędzierzyn - Koźle - 75 ton). Pozostałe 3 obiekty z niewielką ilością tlenu etylenu znajdują się w Starogardzie - 5 ton, Gdańsku - 10 ton, Lublinie - 3 tony i Łodzi - 1,4 tony.

Fosgen zgromadzono w 2 zakładach rozmieszczonych w Bydgoszczy (50 ton) i Starogardzie Gdańskim (5 ton). W obydwu przypadkach zgromadzone ilości fosgenu przekraczały progowe ilości tego środka.

Cyjanowódór znajdował się w jednym zakładzie (Zakłady Azotowe SA w Tarnowie). 1,5 tony tego środka tworzyło zapas uznawany za podprogowy.

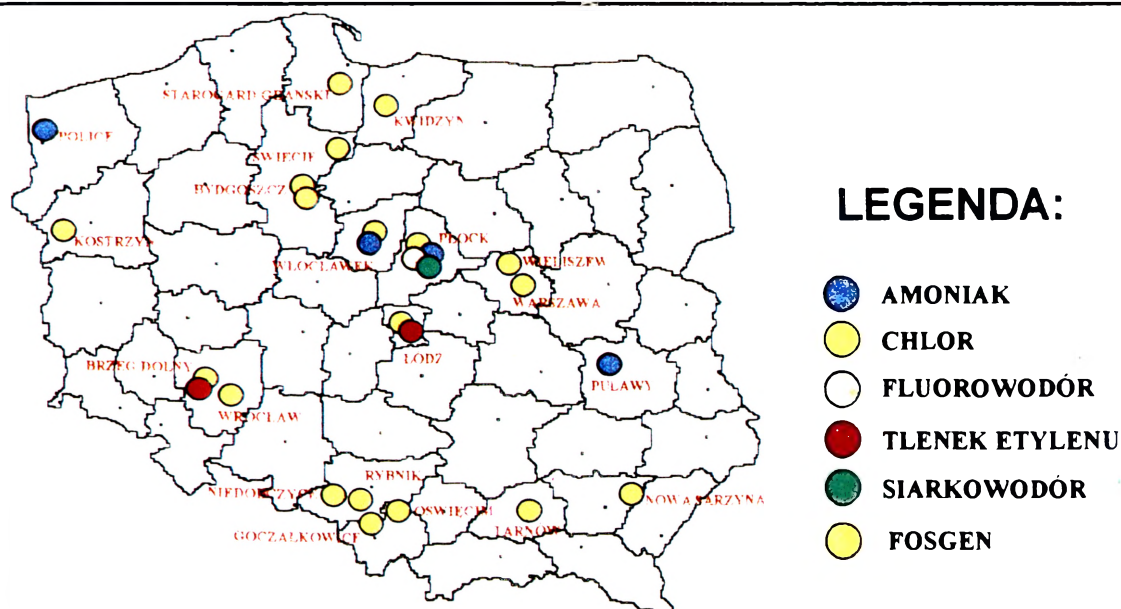
Nie odnotowano żadnego przypadku gromadzenia **tlenu azotu**.

Oprócz TSP rozpatrywanych wyżej na uwagę zasługują jeszcze jeden środek - siarkowódór. Znajduje się on w instalacji płockiej Petrochemii w ilości 2600 ton.

W tabeli 13 przedstawiono wykaz zakładów pracy, w których znajdują się ponadnormatywne ilości TSP, które stwarzają zagrożenie o znaczeniu operacyjnym, zaś na rysunku 10 ich rozmieszczenie na obszarze kraju.

Zakłady pracy mające możliwości gromadzenia toksycznych środków przemysłowych, stwarzających bezpośrednie zagrożenie dla wojsk, w ilościach ponadprogowych

Lp.	Nazwa i adres zakładu pracy	Rodzaj i ilość (w tonach) zgromadzonych TSP
1	Petrochemia SA Płock	siarkowodór – 2600 tlenek etylenu – 417 fluorowodór – 160 chlor – 50
2	Zakłady Chemiczne „Rokita” SA Brzeg Dolny	tlenek etylenu – 180 chlor – 1560
3	PKP Stacja Łódź Chojny	tlenek etylenu – 120
4	PKP Stacja Łódź Olechów	chlor – 288
5	Starogardzkie Zakłady Farmaceutyczne „Polfa” Starogard Gdański	fosgen – 5
6	Zakłady Chemiczne „Organika Zachem” i „Nitrochem” Bydgoszcz	fosgen – 50 chlor – 150
7	Zakłady Celulozowo - Papiernicze Kwidzyn	chlor – 200
8	Zakłady Wodociągu Centralnego MPWiK Stacja Pomp Rzecznych Warszawa	chlor – 80
9	Zakłady Wodociągu Północnego MPWiK „Wieliszew” Wieliszew	chlor – 150
10	Kostrzyńskie Zakłady Papiernicze Kostrzyn	chlor – 102
11	Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Mokry Dwór Wrocław	chlor – 25
12	Zakłady Chemiczne Oświęcim	chlor – 270
13	Górnośląski Wodociągowy Zakład Produkcyjny Wody Goczałkowice	chlor – 100
14	Stacja PKP Rybnik	chlor – 40
15	Stacja PKP Niedobczyce	chlor – 70
16	Zakłady Chemiczne „Organika” Nowa Sarzyna	chlor – 120
17	Zakłady Azotowe SA Tarnów	chlor – 475
18	Zakłady Celulozy i Papieru Swiecie	chlor – 90
19	Zakłady Azotowe Włocławek	chlor – 1025 amoniak – 18 000
20	Zakłady Azotowe Puławy	amoniak – 4000
21	Zakłady Chemiczne „Police” Police	amoniak – 14 000



Rysunek 10. Zakłady pracy z toksycznymi środkami przemysłowymi w ilościach ponadprogowych

3. SKUTKI ODDZIAŁYWANIA UWOLNIONYCH TOKSYCZNYCH ŚRODKÓW PRZEMYSŁOWYCH NA WOJSKA I ŚRODOWISKO

3.1. Charakterystyka możliwych zniszczeń (awarii) zbiorników i instalacji z toksycznymi środkami przemysłowymi oraz rozprzestrzeniania się uwolnionych środków w środowisku

Zniszczenie zbiorników lub instalacji z TSP w toku działań wojennych, może być rezultatem oddziaływania na nie środków rażenia (bombardowanie, ostrzał artyleryjski) lub akcji dywersyjnej. Awaria może mieć miejsce zarówno w okresie wojny jak i w czasie pokoju, przy czym może ona być spowodowana usterkami urządzeń, błędami obsługi, naruszeniem zasad eksploatacji, przewozu i zasad bhp. itp. W zależności od skali zniszczeń oraz oddziaływania na ludzi i środowisko awarie dzieli się na lokalne, zakładowe i ogólne. W przypadku awarii lokalnej skutki ograniczają się do jednego urządzenia (agregatu, instalacji), stwarzając zagrożenie przebywającej tam obsłudze. Awaria zakładowa to zdarzenie, którego skala i skutki skupiają się w obrębie zakładu, a awarie ogólne to zdarzenia, których skala i skutki wychodzą poza granice strefy sanitarno - ochronnej zakładu. W zależności od charakteru zniszczenia (awarii) uwolnienie toksycznych środków przemysłowych do atmosfery może odbywać się w sposób kontrolowany lub niekontrolowany. W pierwszym przypadku uwolnienie TSP zostanie ograniczone przez systemy zabezpieczające i odbywa się w zasadzie przez istniejące urządzenia (agregaty spalające, rury itp.). Uwolnienie niekontrolowane charakteryzuje się częściowym lub pełnym zniszczeniem urządzeń technologicznych, systemów ochronnych, ścian zbiorników. Uwolnieniu TSP mogą towarzyszyć pożary oraz wybuchy gazów i pyłów powodując w następstwie zniszczenie urządzeń i uszkodzenie sąsiednich obiektów. Mogą przy tym wystąpić:

- krótkotrwałe lub długotrwałe wysokotemperaturowe uwolnienia TSP do atmosfery, czasami na duże wysokości;
- pożary obiektów będące przyczyną odparowania, spalania i rozkładu termicznego TSP;
- jednorazowe lub wielokrotne niskotemperaturowe uwolnienia gazów (par) ze zbiorników (instalacji) zawierających skroplone i lotne TSP;
- skażenia terenu, obiektów, rzek, kanałów i innych zbiorników wodnych.

Intensywność uwolnienia TSP zależy od skali awarii lub zniszczenia i jest zdeterminowana głównie ilością substancji, która przedostaje się do atmosfery (na powierzchnię ziemi, do zbiornika wodnego) w jednostce czasu. Zjawiska, które występują po uwolnieniu TSP zależą też od stanu skupienia uwalnianego toksycznego środka przemysłowego, zaś oddziaływanie na ludzi i zwierzęta od jego właściwości toksycznych.

Rozprzestrzenianie się toksycznych środków przemysłowych występujących w postaci gazowej

TSP będące w warunkach normalnych gazami są przechowywane w zbiornikach pod ciśnieniem, niekiedy w postaci skroplonej. W wypadkach awarii uwolnienie TSP do atmosfery może nastąpić w wyniku wydostawania się substancji rozłożonego w czasie lub w rezultacie gwałtownego jej uwolnienia w postaci obłoku gazowego lub gazowo-aerozolowego. W przypadku zniszczenia ścian zbiornika proces odparowania można umownie podzielić na trzy okresy:

- pierwszy obejmuje burzliwe, prawie natychmiastowe (1-2 min), odparowanie wskutek różnicy między prężnością nasyconych par TSP w zbiorniku, a ciśnieniem cząstkowym w powietrzu. Proces ten jest głównym źródłem par TSP tworzących obłok pierwotny;
- drugi okres charakteryzuje się niestałym odparowaniem wskutek gwałtownego spadku prędkości odparowania;
- trzeci okres obejmuje stałe odparowanie. Trwałość tego okresu zależy od rodzaju TSP, jego ilości oraz warunków zewnętrznych.

W początkowym okresie uwalniania skroplonych gazów tworzy się aerozol w postaci ciężkich chmur, które pod wpływem własnego ciężaru opadają na ziemię. Obłok w pierwszym etapie ma wyraźne granice oraz dużą gęstość optyczną i dopiero po 2-3 minutach staje się przezroczysty. Temperatura w obłoku jest niższa niż w otoczeniu. Wskutek dużej gęstości zasadniczym czynnikiem warunkującym przemieszczanie się obłoku w rejonie awarii jest siła ciężkości. W tym etapie formowanie i przemieszczanie się obłoku ma charakter skrajnie nieokreślony. Promień strefy jego rozprzestrzeniania może osiągnąć 0,5-1 km. Jest on jednocześnie promieniem rejonu zniszczenia (awarii).

Poza rejon zniszczenia (awarii) rozprzestrzeniają się obłoki pierwotny i wtórny skażonego powietrza. Prognozowane zasięgi rozprzestrzeniania się tych obłoków przedstawiono odpowiednio w tabelach 14 i 15.

Z porównania informacji zamieszczonych w obydwu tabelach wynika, że zasięgi obłoków pierwotnych są dużo większe od zasięgów obłoków wtórnych skażonego powietrza. Te pierwsze mogą rozprzestrzeniać się na odległości od kilku do kilkunastu kilometrów, drugie - na odległości od kilkuset metrów do kilku kilometrów. Zasięgi obłoków pierwotnych i wtórnych TSP zależą w znacznym stopniu od stanu pionowej stateczności powietrza. Najmniejsze są w warunkach konwekcji; zwiększają się w warunkach izotermii a szczególnie inwersji. W tym ostatnim przypadku obłoki pierwotne TSP mogą rozprzestrzeniać się nawet na odległości kilkudziesięciu kilometrów, a obłoki wtórne kilkunastu kilometrów. W miarę oddalania się od rejonu zniszczenia (awarii) stężenie TSP w powietrzu systematycznie maleje i w końcu jest mniejsze od stężeń wywołujących porażenia progowe. Oznacza to, że toksyczne środki przemysłowe rozprzestrzeniają się w atmosferze dzięki poziomym i pionowym ruchom powietrza. Jeżeli nie zostaną zneutralizowane to czas ich działania (odparowania z powierzchni rozlania) może wynosić, w zależności od ilości skroplonego gazu, od kilku godzin do kilku dni. Problem ilustrują informacje zawarte w tabeli 16.

Zasięgi rozprzestrzeniania się obłoku pierwotnego wybranych TŚP (w km)

Nazwa TŚP	Masa środka (tony)	Prędkość wiatru na wysokości 2m (m/s)								
		Konwekcja			Izotermia			Inwersja		
		1	2	3	2	4	6	1	2	3
Amoniak	30	0,5	<0,5	<0,5	1,2	0,8	0,6	3,6	2,4	1,5
	50	0,7	<0,5	<0,5	1,6	1,1	0,8	5,0	3,2	2,1
	100	0,9	0,7	0,6	2,4	1,6	1,3	6,7	4,4	3,4
	500	2,0	1,4	1,2	6,0	4,0	3,2	18,3	11,9	9,2
	1000	2,8	2,0	1,6	8,8	6,0	4,7	28,0	18,3	14,2
	10000	3,1	2,3	1,9	10,4	7,0	5,5	33,7	22,0	17,0
Chlor	1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	2,1	1,4	0,9
	10	0,9	0,6	0,5	2,7	1,8	1,3	8,7	5,7	3,7
	50	1,8	1,3	0,9	6,8	4,6	3,6	24,0	15,4	10,0
	100	2,9	2,0	1,7	9,5	6,4	5,1	30,0	20,0	15,4
	300	5,0	3,5	2,9	17,8	12,0	9,5	60,0	39,0	30,0
	1000	3,4	2,5	2,0	11,4	7,7	6,1	37,0	24,0	18,7
	2000	4,8	3,5	2,9	17,0	12,0	9,3	59,0	38,0	30,0
Cyjanowodór	30	<0,5	<0,5	<0,5	0,9	0,6	0,5	2,7	1,7	1,1
	50	0,5	<0,5	<0,5	1,2	0,8	1,6	3,7	2,4	1,5
	100	0,7	0,5	0,5	1,8	1,2	1,0	5,6	3,7	2,4
	150	0,8	0,6	0,5	2,4	1,5	1,2	7,6	4,9	3,1
Ditlenek siarki	25	0,5	<0,5	<0,5	0,6	<0,5	<0,5	1,4	0,9	0,7
	50	0,8	<0,5	<0,5	1,0	0,7	0,6	2,3	1,5	1,2
	100	1,1	0,8	0,7	2,9	2,0	1,6	8,5	5,5	4,3
	200	1,5	1,1	1,0	4,4	3,0	2,4	12,8	8,3	6,5
Fluorowodór	20	0,5	<0,5	<0,5	0,5	>0,5	<0,5	1,2	0,8	0,6
	50	0,7	<0,5	<0,5	0,8	0,6	0,5	1,8	1,2	0,9
	100	0,9	0,7	0,7	2,4	1,6	1,3	6,7	4,4	3,4
	150	1,0	0,8	0,8	2,8	2,0	1,6	7,8	5,0	3,9
	250	1,2	1,0	1,0	3,9	2,8	2,2	11,7	7,5	5,9
Fosgen	5	0,9	<0,5	<0,5	1,2	0,8	0,6	2,7	1,7	1,3
	10	1,2	0,5	0,5	1,7	1,2	0,9	4,1	2,7	2,1
	50	2,6	1,0	0,8	4,3	2,9	2,3	11,1	7,2	5,6
	100	3,6	2,6	2,2	6,5	4,4	3,5	16,7	11,0	8,4
	250	5,0	3,6	3,0	12,0	8,1	6,5	32,0	20,5	15,5
Tlenek etylenu	<50	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	100	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,9	0,6	0,5
	300	<0,5	<0,5	<0,5	0,7	0,5	<0,5	1,8	1,2	0,9
	600	0,5	<0,5	<0,5	1,0	0,7	0,5	2,5	1,7	1,3
Tlenek węgla	5	<0,5	<0,5	<0,5	0,5	<0,5	<0,5	1,5	1,0	0,7
	10	<0,5	<0,5	<0,5	0,8	0,6	0,5	2,3	1,5	1,0
	50	0,8	0,6	0,5	2,0	1,4	1,1	6,6	4,3	2,7
	100	1,4	0,8	0,7	3,2	2,2	1,6	10,1	6,6	4,3
Tlenki azotu	10	0,8	0,6	0,5	2,4	1,6	1,3	7,5	4,9	3,2
	50	1,7	1,2	1,2	5,9	4,0	3,2	20,0	13,3	8,6
	100	2,3	1,7	1,6	8,8	5,9	4,7	31,0	20,0	13,3

Źródło: *Metodyka oceny sytuacji chemicznej po skażeniach toksycznymi środkami przemysłowymi*, MON, Warszawa 1993, s. 40-42.

Uwaga: Nie uwzględniono wpływu warunków terenowych.

Zasięgi rozprzestrzeniania się obłoku wtórnego wybranych TŚP (w km)

Nazwa TŚP	Masa środka (tony)	Pionowa stateczność powietrza		
		Konwekcja	Izotermia	Inwersja
Amoniak	30	<0,5	0,5	0,7
	50	<0,5	0,6	0,9
	100-150	<0,5	<0,5	0,5
	500	<0,5	0,6	0,9
	1000	0,7	2,7	3,5
	10000	0,8	4,0	5,4
Chlor	1	<0,5	<0,5	<0,5
	30	<0,5	1,4	2,7
	100	<0,5	1,2	2,0
	300	0,6	2,2	3,8
	1000	1,2	4,6	8,7
	2000	1,5	6,7	13,0
Ditlenek siarki	25	<0,5	<0,5	0,6
	50	<0,5	0,6	0,7
	100	<0,5	0,5	0,6
	150	<0,5	0,5	0,7
	250	<0,5	0,6	0,8
Fluorowodór	1	<0,5	<0,5	<0,5
	5	<0,5	<0,5	0,6
	10	<0,5	0,6	0,8
	50	<0,5	1,3	1,9
	100	<0,5	1,1	1,3
	250	<0,5	1,4	2,5
Fosgen	1	<0,5	0,5	0,6
	5	<0,5	1,0	1,4
	10	<0,5	1,4	2,1
	50	0,9	3,3	5,2
	100	0,6	2,1	3,8
	150	0,8	2,6	4,8
Tlenki azotu	250	1,0	3,8	7,1
	10	<0,5	1,4	2,0
	30	0,6	2,5	3,9
	50	0,8	3,2	5,2
Tlenek etylenu	100	0,6	2,2	4,0
	do 50	<0,5	<0,5	<0,5
	100	<0,5	0,5	1,3
	150	<0,5	0,6	1,7
	300	<0,5	0,8	2,5
	600	<0,5	1,0	3,0

Źródło: *Metodyka oceny sytuacji chemicznej po skażeniach toksycznymi środkami przemysłowymi*, MON, Warszawa 1993.

Uwaga: Nie uwzględniono wpływu warunków topograficznych.

Tabela 16

Czas parowania TSP z powierzchni rozlania przy prędkości wiatru na wysokości 2 m równej 1m/s
(g-godziny, d-doby, m-miesiące)

Nazwa środka	Masa środka w t.	Temperatura powietrza w K							
		243	253	263	273	283	293	303	313
TSP stwarzające bezpośrednie zagrożenie									
Amoniak	30 ^l	1d	20g	17g	15g	13g	11g	9g	7.8g
	100	15,4d	12,6d	11,4d	9,3d	7,6d	6,3d	5,5d	4,7d
	500	23,2d	18,6d	15,9d	13,1d	11,3d	9,4d	8,3d	7d
	1000	26,4d	21,5d	18,3d	15,2d	13,1d	11d	9,5d	8d
Chlor	10 ^l	11,9g	9,9g	7,9g	6,9g	5,9g	5,4g	4,4g	3,8g
	50 ^l	13,3g	11,1g	8,9g	7,8g	6,7g	6,1g	5g	4,4g
	100	7,3d	6,3d	5,3d	4,7d	4,1d	3,4d	3,1d	2,6d
	1000	12,5d	10,9d	9,2d	8,1d	7d	6d	5,3d	4,5d
Cyjanowodór	30 ^l	2,3d	1,8d	1,4d	1,1d	21g	16,5g	13,5g	12g
	50 ^l	2,8d	2,2d	1,7d	1,3d	1,1d	21g	17,2g	15,3g
	100	>1m	>1m	26,1d	20,3d	16,7d	13,2d	10,9d	9d
	250	>1m	>1m	28,6d	22,1d	18,4d	14,4d	11,8d	9,8d
Ditlenek siarki	25	1d	20,4g	15,9g	13,5g	11,3g	9g	7,9g	6,8g
	50	1,1d	21,3g	16,6g	14,2g	11,8g	9,4g	8,2g	7g
	100	14,4d	11,3d	9,6d	7,8d	6,5d	5,3d	4,5d	3,7d
	200	17,8d	13,9d	11,9d	9,7d	8d	6,5d	5,6d	4,5d
Fluorowodór	20 ^l	6,1d	4,6d	3,5d	2,7d	2,2d	1,7d	1,4d	1,1d
	50 ^l	6,9d	5,1d	3,9d	3d	2,5d	2d	1,6d	1,3d
	100	>1m	>1m	>1m	>1m	>1m	>1m	24,2d	19,4d
	250	>1m	>1m	>1m	>1m	>1m	>1m	>1m	25,6d
Fosgen	10 ^l	14,9g	10,8g	9g	7,2g	6,3g	5,4g	4,3g	3,2g
	50 ^l	16g	12,7g	10,6g	8,5g	7,4g	6,3g	5g	3,8g
	100	11d	8,1d	6,6d	5,2d	4,4d	3,4d	2,9d	2,3d
	250	13,4d	10d	8,3d	6,3d	5,2d	4,1d	3,5d	2,9d
Tlenek etylenu	30 ^l	1,5d	1d	19,8g	15,4g	13,2g	11g	9g	7,2g
	100	20d	15,1d	12,2d	9,4d	7,6d	6d	4,9d	4,1d
	300	26,3d	19,5d	15,8d	12,1d	10,2d	7,9d	6,5d	5,4d
	600	>1m	26d	21d	16,1d	13,5d	10,5d	9,7d	8d
Tlenki azotu	10 ^l	4,4d	3,1d	2,5d	1,8d	1,4d	25g	21g	16g
	30 ^l	4,7d	3,3d	2,6d	1,9d	1,5d	1,1d	22g	17g
	50 ^l	4,8d	3,4d	2,7d	2d	1,6d	1,2d	1d	18,5g
	100	>1m	>1m	>1m	26d	21d	15,7d	14,4d	11d
TSP stwarzające pośrednie zagrożenie									
Akrylonitryl	30 ^l	>1m	23d	13,6d	8d	4,7d	2,7d	1,6d	1d
	50 ^l	>1m	>1m	22,6d	13,3d	7,8d	4,6d	2,7d	1,6d
	100	>1m	>1m	>1m	>1m	>1m	>1m	19d	11d
	250	>1m	>1m	>1m	>1m	>1m	>1m	25d	15d
Chloropikryna	30 i więcej	>1m							
Dichloroetan	50 i więcej	>1m							
Dimetylo- hydrazyna	30 ^l	>1m	>1m	>1m	20d	14d	8d	6d	3,7d
	50 ^l	>1m	>1m	>1m	23,5d	16,5d	10d	7d	4,5d
	100 i więcej	>1m	>1m	>1m	>1m	>1m	>1m	>1m	>1m
Disiarczek węgla	10 ^l	4,2d	3d	2,3d	1,6d	1,3d	23,3g	18,6g	14,9g
	30 ^l	4,3d	3,1d	2,4d	1,7d	1,4d	1d	19,2g	14,4g
	50 ^l	4,4d	3,2d	2,5d	1,8d	1,5d	1,1d	21,1g	15,8g
	100	>1m	>1m	>1m	22,4d	17,8d	14,6d	10,5d	8,2d
Hydrazyna	30	>1m					20d	14d	8,4d
	50						21d	15d	9d
	100 i więcej						>1m	>1m	>1m
Kwas azotowy	50 i więcej	>1m							
Tetraetylenk ołowiu	5 i więcej	>1m							

Źródło: *Metodyka oceny sytuacji chemicznej po skażeniach TSP*, MON, Warszawa 1993.

Uwaga: Obliczenia są wykonane dla przypadku, kiedy wyciek TSP następuje na powierzchnię nieobwałowaną. Czas wyparowania z powierzchni obwałowanej jest 5-7 razy dłuższy.

Rozprzestrzenianie się toksycznych środków przemysłowych występujących w postaci ciekłej

Wszystkie ciekłe toksyczne środki przemysłowe, w przypadku zniszczenia (awarii) zbiornika, w którym się znajdują, przedostają się do gruntu lub zbiornika wodnego (jezioro, staw, rzeka lub morze) powodując jego zanieczyszczenie.

W przypadku wycieku TSP do gruntu ma miejsce proces ich przesiąkania do głębszych warstw ziemi. Zanieczyszczenia mogą sięgać do głębokości 30 metrów poniżej poziomu terenu. W szczególnych przypadkach mogą one przeniknąć przez szkielet gruntowy do wód podziemnych, lub na warstwie nieprzepuszczalnej utworzyć wyraźną oddzielną warstwę. Dotyczy to w szczególności różnego rodzaju paliw, które po przesiąknięciu mogą tworzyć warstwę o grubości dochodzącej do kilku metrów²¹. Zanieczyszczenia wód podziemnych mogą się rozprzestrzeniać w wyniku przepływów. Stanowią w związku z tym bardzo poważne zagrożenie dla zbiorników wód powierzchniowych, które z reguły działają drenująco, tzn. wymuszają przepływ wód podziemnych w ich kierunku.

Skażenie gruntu ciekłymi toksycznymi środkami przemysłowymi jest z reguły długotrwałe i liczy się w latach lub nawet dziesiątkach lat.

W przypadku wycieku TSP do wód powierzchniowych wypełniających jeziora, stawy, oczka wodne, rzeki, rzeczki, strugi, cieki wodne, kanały, rowy odwadniające, wody morskie, może nastąpić:

- rozpuszczenie się TSP w wodzie;
- utworzenie oddzielnej warstwy TSP na powierzchni wody (jeżeli jego ciężar właściwy jest mniejszy od ciężaru właściwego wody) lub pod powierzchnią wody (jeżeli ciężar właściwy TSP jest większy od ciężaru właściwego wody).

Zarówno w jednym jak i w drugim przypadku ma miejsce łatwe i szybkie rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń w środowisku wodnym. Wody płynące mają znacznie większe, w porównaniu z wodami stojącymi, właściwości rozcieńczania, absorbowania i neutralizowania toksycznych środków przemysłowych. Znajdujące się w wodzie drobnoustroje posiadają zdolność rozkładania związków organicznych. W wyniku ich działania związki te rozkładają się do dwutlenku węgla, azotanów, związków nieorganicznych lub jonów amonowych. Proces rozkładu jest procesem długotrwałym, trwającym tygodnie, miesiące, a niekiedy lata. Koniecznym warunkiem oczyszczania biologicznego jest tlen. Im lepiej natlenione są wody tym łatwiej przebiegają procesy biologicznego ich samooczyszczania.

W procesie biologicznego oczyszczania wód istotną rolę odgrywają też takie procesy fizyczne jak rozcieńczanie, koagulacja, wytrącanie, i osadzanie, absorpcja i wymiana jonowa oraz procesy chemiczne: utleniania i redukcji, neutralizacji, hydrolizy, hydratacji itp.

²¹ W raporcie końcowym komisji nt. *Identyfikacja i wycena szkód ekologicznych spowodowanych przez stacjonujące w Polsce wojska Federacji Rosyjskiej* (wyd. GIOS, Warszawa 1994) stwierdzono, że w niektórych rejonach warstwa ta ma grubość 5 m.

Toksyczne środki przemysłowe nierozpuszczalne w wodzie opadają na dno zbiorników wodnych. Niszczą organizmy żywe, dla których dno i jego okolice są siedliskiem. Z reguły pozostają na dnie przez okres tygodni, miesięcy, a nawet lat stwarzając zagrożenie dla populacji biocenozy wodnej oraz ludzi korzystających z wody lub jej zasobów.

Wszelkiego rodzaju prace rekultywacyjne są zawsze trudne i kosztowne. Wymagają usunięcia substancji toksycznych z wody albo zastosowania fizycznych lub chemicznych, a najczęściej jednych i drugich, sposobów oddziaływania na TŚP w celu jego zniszczenia.

Rozprzestrzenianie się toksycznych środków przemysłowych występujących w postaci stałej

Uwolnienie TŚP występujących w stanie stałym może nastąpić przez wysypanie się ich na grunt lub do zbiorników wodnych.

W pierwszym przypadku ujemne skutki uwolnienia TŚP będą ograniczone do rejonu, w którym te środki się znajdują i rejonu przyległego. Z reguły środki takie mogą być stosunkowo łatwo zebrane wraz z niezbyt grubą warstwą ziemi, do której przenikną. Sytuacja może się skomplikować, jeżeli uwolnione TŚP są rozpuszczalne w wodzie i występują opady atmosferyczne. Obszar skażony może się wtedy wydatnie zwiększyć, przy czym możliwe jest skażenie warstwy ziemi o grubości do kilku metrów.

Groźniejsze sytuacje mogą mieć miejsce w przypadku „ucieczki” TŚP z instalacji przemysłowych. Przypadek taki zdarzył się w 1976 r we Włoszech w miejscowości Seveso. Z komina fabryki chemicznej wydostało się około 2 kg dioksyny, która skażyła teren o powierzchni 18 km². W innych przypadkach zasięgi rozprzestrzeniania się dioksyny mogą być większe. Przedstawiono je w tabeli 17.

Tabela 17

Przybliżone wartości zasięgu skażeń terenu podczas wycieku dioksyny

Masa wycieku (kg)	Konwekcja			Izotermia			Inwersja			
	Prędkość wiatru na wysokości 2 m (m/s)									
	1	2	3	1	2	4	6	1	2	3
2	0,5	<0,5	<0,5	2,0	1,3	0,7	0,5	3,2	2,1	1,6
4	0,7	<0,5	<0,5	2,8	1,9	1,0	0,8	5,6	3,7	2,3
10	1,0	0,6	0,5	4,8	3,2	1,7	1,3	8,0	5,3	4,0
50	2,1	1,4	1,2	12,0	8,0	4,3	3,3	19,0	12,7	9,8
100	3,0	2,0	1,7	18,0	18,0	6,4	5,0	30,0	20,0	16,0

Źródło: *Metodyka oceny sytuacji chemicznej po skażeniach toksycznymi środkami przemysłowymi*, Warszawa 1993, s. 39.

Uwaga: Wysokość obłoku wymienionego środka toksycznego jest zawarta w granicach od 10 do 30 m przy masie wycieku do 10 kg i od 50 do 100 m przy masie wycieku od 50 do 100 kg.

W przypadku uwolnienia TSP występującego w stanie stałym do środowiska wodnego ważne są właściwości fizykochemiczne środka, a szczególnie jego rozpuszczalność. Jeżeli TSP nie rozpuszcza się w wodzie (np. siarka), to większego zagrożenia poza miejscem zalegania nie powoduje.

Środek rozpuszczalny w wodzie zatrzymuje się często na bardzo długi czas. Szczególnie szkodliwe są związki odporne na rozkład biologiczny, gdyż trwale utrzymują się w wodzie. Do takich zanieczyszczeń należą detergenty, poliwęglowodorowe pestycydy, policykliczne węglowodory aromatyczne, metale ciężkie. Tak samo niebezpieczne są azotany, prekursorzy mutagennych nitrozoamin oraz związki zawierające fosfor, prowadzące do eutrofizacji wód. Detergenty i fosforany - składniki proszków do prania również długo utrzymują się w wodzie. Pierwsze upośledzają metabolizm wielu organizmów wodnych, drugie przyspieszają niepożądany rozwój glonów.

Pestycydy, zwłaszcza polichlorowęglowodorowe, trudno ulegające biodegradacji, są bardzo niepożądane w zbiornikach wodnych, bowiem niezależnie od właściwości toksycznych dodatkowo hamują biochemiczne oczyszczanie ścieków, a fosforoorganiczne (po rozłożeniu) powodują eutrofizację wód. Szczególnie groźne są polichloropochodne bifenyłu (PCB), które są związkami trudno rozpuszczalnymi w wodzie, bardzo trwałymi i nie ulegającymi biodegradacji. Stanowią one dodatki do farb i lakierów, plastyfikatory do tworzyw sztucznych oraz środki konserwujące i impregnujące drewno.

Wśród zanieczyszczeń nieorganicznych najbardziej szkodliwe są skażenia wód metalami ciężkimi oraz nawozami syntetycznymi.

3.2. Prognozowane skutki oddziaływania uwolnionych toksycznych środków przemysłowych na wojska

Bezpośrednim skutkiem oddziaływania toksycznych środków przemysłowych są straty w ludziach, wyrażone liczbą osób, które utraciły zdolność bojową, w wyniku oddziaływania na nich TSP.

Rzeczywiste straty żołnierzy ze składu oddziałów i pododdziałów, które znalazły się w rejonie zniszczenia (awarii) lub w strefach rozprzestrzeniania się obłoków skażonego powietrza określa się przez zsumowanie porażonych. Ustalenie rzeczywistych strat w wielu przypadkach wymagać będzie czasu liczonego w godzinach a nawet dobach. Stąd też dla celów planowania działań bojowych istnieje potrzeba prognozowania strat. Umożliwiają to materiały zawarte w metodyce²². Straty prognozuje się oddzielnie dla oddziałów (pododdziałów), które znalazły się w rejonie zniszczenia (awarii) i oddzielnie dla wojsk znajdujących się w strefach rozprzestrzeniania się TSP.

Wielkość strat w rejonie zniszczenia (awarii) zależy od stanu posiadania masek izolacyjnych. Przyjmuje się, że filtracyjne maski przeciwigazowe nie chronią żołnierzy; wysokie stężenia TSP powodują prawie natychmiastowe „przebicie” wkładek filtrosorbcyjnych, co po-

²² *Metodyka oceny sytuacji chemicznej po skażeniach toksycznymi środkami przemysłowymi*, MON, Warszawa 1993.

woduje, że TSP swobodnie przenikają do dróg oddechowych żołnierzy. Straty w wysokości do 10% mogą również mieć miejsce także w przypadku jeżeli stan osobowy jest wyposażony w 100% w maski izolacyjne. Będą one w tym przypadku wynikać z niesprawności technicznych środków ochrony przed skażeniami oraz opóźnień w przekazywaniu sygnałów alarmowych.

Straty żołnierzy w strefie rozprzestrzeniania się toksycznych środków przemysłowych prognozuje się na podstawie stanu posiadania środków ochrony i miejsca przebywania żołnierzy w strefie. Podział zasięgu strefy rozprzestrzeniania się TSP, w zależności od występujących stopni porażenia ludzi, przebywających bez środków ochrony, przedstawia tabela 18.

Tabela 18

Podział zasięgu strefy rozprzestrzeniania się TSP, w zależności od występujących stopni porażenia ludzi przebywających bez środków ochrony

Nazwa TSP	Stopień porażenia ludzi przebywających bez środków ochrony			
	SMIERTELNY	SREDNI	LEKKI	PROGOWY
Akrylonitryl	0,3	0,5	0,7	1,0
Amoniak	0,4	0,5	0,7	1,0
Chlor	0,3	0,5	0,7	1,0
Cyjanowodór	0,3	0,5	0,7	1,0
Dimetylohydrazyna	0,2	0,3	0,4	1,0
Ditlenek siarki	0,5	0,6	0,7	1,0
Fluorowodór	0,3	0,4	0,6	1,0
Fosgen	0,2	0,4	0,6	1,0
Kwas azotowy	0,4	0,6	0,8	1,0
Tlenki azotu	0,3	0,5	0,7	1,0
Tlenek etylenu	0,4	0,6	0,7	1,0
Tlenek węgla	0,1	0,3	0,5	1,0

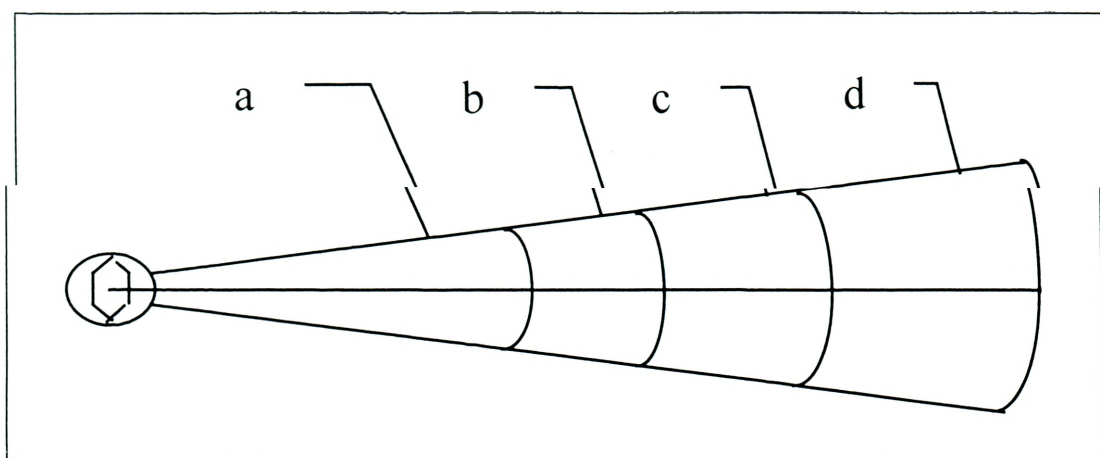
Uwagi: W przypadku wycieku dichloroetanu, hydrazyny, tetraetylu ołowiu, disiarczku węgla i chloropikryny porażenie ludzi następuje jedynie w obrębie rejonu zniszczenia, zaś w przypadku wycieku dioksyny porażenie ludzi następuje w granicach całej strefy skażenia terenu.

Źródło: *Metodyka oceny sytuacji chemicznej po skażeniach toksycznymi środkami przemysłowymi*, MON, Warszawa 1993, s. 50-51.

Z informacji zawartych w tabeli wynika, że strefy porażen dzieli się na cztery obszary:

- porażenia śmiertelnego - śmierć porażonych następuje w różnym okresie od początku działania TSP;
- porażenia średniego - porażeni wymagają hospitalizacji (ponad 2-3 doby);
- porażenia lekkiego - wymagana jest krótkotrwała hospitalizacja bądź leczenie ambulatoryjne;
- porażenia progowego - porażeni odczuwają jedynie słabe objawy zatrucia.

Schemat rozmieszczenia obszarów z różnym stopniem porażenia żołnierzy przedstawiono na rysunku 11.



Rysunek 11. Schemat rozmieszczenia obszarów z różnym stopniem porażenia ludności (a – śmiertelny, b – średni, c - lekki, d – progowy)

Podczas oceny możliwych strat żołnierzy w strefach rozprzestrzeniania się TSP określa się jaką część oddziału (pododdziału) znalazła się w strefie o danym stopniu porażenia. Następnie uwzględnia się wyposażenie w środki ochrony przed skażeniami. Obliczenia wykonuje się korzystając ze wzoru:

$$M_{SP} = \alpha_{SP} \times K_{BS}$$

gdzie:

M_{SP} - straty w ludziach o danym stopniu porażenia;

α_{SP} - część żołnierzy znajdująca się w strefie o danym stopniu porażenia;

K_{BS} - część żołnierzy bez środków ochrony przed skażeniami lub posiadająca takie środki, które nie zatrzymują toksycznego środka przemysłowego.

W przypadku pełnego wyposażenia żołnierzy w środki ochrony przed skażeniami możliwe straty żołnierzy w strefach rozprzestrzeniania się TSP, wynikłe z niesprawności sprzętu, w zasadzie nie powinny przekroczyć 1-3%. Prognozowane straty należy traktować jako orientacyjne. Powinny one być weryfikowane w miarę otrzymywania meldunków od podwładnych o stratach rzeczywistych. Wojska mogą uniknąć strat lub maksymalnie zmniejszyć ich rozmiary w przypadku zastosowania posiadanych środków ochrony i szybkiego wyjścia z zagrożonych rejonów. Środki ochrony przed skażeniami, zarówno indywidualne (maski przeciwgazowe i odzież ochronna) jak i zbiorowe (wozy bojowe i pojazdy z UFW) chronią w mniejszym lub większym stopniu przed rażącym działaniem toksycznych środków przemysłowych. Powinny w każdym razie umożliwić wyjście z zagrożonego rejonu. Może to oczywiście kolidować z postawionym wojskom zadaniem. W takim przypadku należałoby jednak zrezygnować z jego wykonania. Pozostawienie wojsk w rejonie rozprzestrzeniania się obłoków skażonego powietrza prowadzi bowiem do strat w ludziach, które będą narastać wraz z upływem czasu. Woj-

ska wykonujące marsz, w przypadku napotkania stref rozprzestrzeniania się obłoków skażonego powietrza, powinny je obejść po uprzednio wyznaczonych drogach. Wyjątkowo, i to w przypadku niektórych tylko TSP, możliwe jest pokonanie takiej strefy w wozach bojowych i na pojazdach w indywidualnych i zbiorowych środkach ochrony. Wskazane jest przy tym zwiększenie prędkości pojazdów do maksymalnie możliwej w danych warunkach.

3.3. Skutki oddziaływania uwolnionych toksycznych środków przemysłowych na środowisko

Toksyczne środki przemysłowe po uwolnieniu ze zbiorników lub instalacji produkcyjnych skażają środowisko naturalne. Skażenia środowiska, nieraz o bardzo znacznych rozmiarach, zależą od rodzaju TSP, postaci w jakiej występuje oraz jego właściwości fizykochemicznych i toksycznych.

TSP będące gazami skażają głównie powietrze atmosferyczne i wraz z nim rozprzestrzeniają się na duże odległości, w postaci obłoków pierwotnych i wtórnych. Zasięgi ich rozprzestrzeniania się oraz charakterystyki zamieszczono w podrozdziale 3.1. Stężenia TSP w obłokach stopniowo maleją, w miarę oddalania się od miejsca awarii (zniszczenia) i w końcu osiągają wartości mniejsze od progowych. Skażenie powietrza jest równe czasowi odparowania TSP z powierzchni rozlania. Skażenia gleby i wód toksycznymi środkami przemysłowymi będącymi gazami zależą w znacznym stopniu od właściwości fizykochemicznych i toksycznych tych ostatnich. Ilustrują to podane niżej przykłady.

Amoniak - w postaci żrącej, trującej mgły rozprzestrzenia się z wiatrem, ścieląc się nad powierzchnią ziemi. Rozpuszcza się intensywnie w wodzie. Nad jej powierzchnią utrzymuje się żrąca i trująca warstwa tego gazu. Jest trujący dla ryb i planktonu.

Chlor - gazowy, rozprzestrzeniając się nad powierzchnią ziemi, powoduje całkowite zniszczenie życia biologicznego. Obłok w postaci żrącej, trującej mgły rozprzestrzenia się z wiatrem, przy czym w zależności od ilości uwolnionego chloru i prędkości wiatru, strefa śmiertelna dla życia biologicznego może rozprzestrzenić się na dużym obszarze w odległości kilkudziesięciu kilometrów od miejsca awarii, w pasie szerokości kilku kilometrów. W wodzie chlor rozpuszcza się nieznacznie z wytworzeniem kwasu solnego; nad powierzchnią wody utrzymuje się żrąca i trująca warstwa gazowego chloru. Chlor niszczy życie organiczne w wodzie i działa bakteriobójczo.

Tlenek etylenu - w postaci obłoku gazowego rozprzestrzeniając się nad powierzchnią ziemi niszczy życie biologiczne. Ma szczególnie dużą siłę owadobójczą, działając nie tylko na owady, ale również na jaja i poczwarki. Niszczy też bakterie i pleśń. W wodzie rozpuszcza się w każdym stosunku. Nad powierzchnią wody utrzymuje się warstwa gazowego tlenu etylenu, niszczącego życie organiczne w wodzie (działa trująco na ryby i plankton).

Cyjanowodór - jest silną trucizną. Miesza się z wodą w każdym stosunku. Nad powierzchnią wody może się tworzyć trująca i palna mieszanina par z powietrzem o bardzo ni-

skiej temperaturze zapłonu. Po dostaniu się do wód gruntowych powoduje ich nieprzydatność do picia. Wodny roztwór gazu działa trująco na ryby i plankton.

Fluorowodór - jako skroplony gaz łatwo odparowuje tworząc z parą wodną zawartą w powietrzu, białą mgłę o silnie żrącym działaniu, cięższą od powietrza, ścielącą się nisko nad powierzchnią ziemi. Miesza się z wodą w każdym stosunku, dając żrące i trujące roztwory. Po dostaniu się do wód gruntowych zagraża skażeniem wody pitnej. Jest trujący dla ryb i planktonu.

Siarkowodór - działa trująco na ryby i plankton. Stwierdzono również szkodliwe działanie na większość wodorostów. Siarkowodór wpływa na przemianę chlorofilu w feafitynę, która po pewnym czasie zanika i następuje zbielenie rośliny.

Fosgen - jest trwały w środowisku bezwodnym. Przy zetknięciu się z wodą ulega hydrolizie z wydzieleniem dwutlenku węgla i kwasu solnego. Nie miesza się z wodą; nad powierzchnią wody tworzy się trująca i żrąca mieszanina.

Ditlenek siarki - działa trująco na grzyby i bakterie. Stosowany jest jako środek grzybobójczy. Jest szkodliwy dla roślin. W pobliżu zakładów przemysłowych produkujących bądź przetwarzających ditlenek siarki obserwuje się zamieranie roślinności. Zarówno ditlenek jak i tworzący się kwas siarkowy (w wodzie) działają trująco na ryby i wodorosty.

Wymienione wyżej substancje gazowe mogą spowodować, jak wynika to z opisu, znaczne szkody w środowisku. Odtworzenie zniszczonego życia biologicznego może trwać miesiące, a nawet lata. Dla wojsk najbardziej istotne jest skażenie wody. Należy liczyć się z tym, że przez długi okres nie będzie się ona nadawać nie tylko do celów spożywczych, ale i technicznych.

Substancje niebezpieczne będące cieczami będą skażać przede wszystkim grunt i wody, w mniejszym stopniu powietrze. Skażenie gruntu może doprowadzić do zniszczenia życia biologicznego, zaś parowanie substancji z nasyconej nimi powierzchni ziemi może uniemożliwić działanie wojsk w skażonym rejonie i w jego pobliżu przez okres rzędu dni, a nawet tygodni. Powrót do stanu wyjściowego może trwać lata, a niekiedy dziesięciolecia. Skutki ekologiczne skażenia wód zależą od masy substancji i wytworzonego stężenia, czasu oddziaływania środka na środowisko oraz jego właściwości toksykodynamicznych. W rejonie bezpośrednio przyległym do miejsca wniknięcia substancji niebezpiecznej do wód powierzchniowych, stężenie może być tak duże, że nastąpi całkowita zagłada wszelkiego rodzaju życia biologicznego. W rejonach bardziej odległych mogą zginąć poszczególne zwierzęta lub rośliny.

Substancje przemysłowe lżejsze od wody (np. ropa naftowa i produkty ropopochodne) mogą utrzymywać się na powierzchni przez bardzo długi czas. Tworzą cienką warstwę izolującą wodę od dopływu tlenu, przez co przyczyniają się do degradacji życia biologicznego w wodzie. Kontakt z ropą naftową i produktami ropopochodnymi jest także zabójczy dla ryb, ssaków i ptaków. Potwierdzają to skutki katastrof tankowców na różnych morzach świata oraz przypadki skażenia rzek produktami ropopochodnymi.

Uwolnienie TSP do środowiska wodnego może więc być powodem dużych strat gospodarczych. W przypadku skażenia wód zarówno wojska jak i ludność cywilna nie będą mogły korzystać z jej zasobów.

Substancje niebezpieczne będące ciałami stałymi mogą skażyć niewielkie powierzchniowo rejony (od hektarów do kilometrów kwadratowych). Niektóre z nich, takie jak np. dioksyna skażają teren na lata. Działanie wojsk w takich rejonach i korzystanie z zasobów miejscowych może prowadzić do zatrucia żołnierzy. Podobnie będzie przedstawiać się sytuacja, jeżeli substancje będące ciałami stałymi dostaną się do środowiska wodnego. Korzystanie z zatrutej wody oraz żyjących w niej organizmów roślinnych i zwierzęcych może być przyczyną utraty zdrowia, a nawet życia żołnierzy.

Z powyższych ustaleń wynika, że skażenie środowiska, z wojskowego punktu widzenia, utrudnia a czasem wręcz uniemożliwia prowadzenie w nim działań bojowych oraz korzystanie z jego zasobów. Może również wpływać na funkcjonowanie obiektów cywilnych, w tym również wykonujących zadania na rzecz wojska. Pośrednio może to wywierać wpływ na wojska prowadzące działania bojowe.

3.4. Skutki użycia toksycznych środków przemysłowych jako broni chemicznej

Toksyczne związki chemiczne zostały w przeszłości wykorzystane jako środek rażenia żołnierzy. W okresie pierwszej wojny światowej stanowiły one broń chemiczną pierwszej generacji. Chlor, fosgen, difosgen, cyjanowodór, chlorocyjan oraz chloropikryna to toksyczne związki przemysłowe, które zajmowały szczególnie ważne znaczenie jako składniki broni chemicznej pierwszej generacji. Chlor był pierwszym środkiem toksycznym, który został zastosowany na wielką skalę 22 kwietnia 1915 r. pod Ypres. Tego dnia około godz. 18.00 w ciągu 5-8 minut Niemcy wypuścili z butli 180 ton chloru. Wytworzony obłok gazowy rozprzestrzeniał się z prędkością 2-3 m/s w kierunku pozycji francuskich i angielskich. Zaskoczenie przeciwnika, nie posiadającego zresztą żadnych środków ochrony, było całkowite, o czym świadczą rozmiary strat: 15 tysięcy zatruc, w tym 5 tysięcy zatruc śmiertelnych oraz ucieczka żołnierzy z całej linii kilkunastokilometrowego odcinka frontu²³. Skutki pierwszego napadu falowego, a przede wszystkim reakcje żołnierzy w momencie zatrucia chlorem, niezwykle plastycznie opisał Arthur Conan Doyle, będący obserwatorem zdarzeń jako korespondent wojenny: *żołnierze... chwyтали się za gardła, padali kaszląc i miotając się w konwulsjach. Wielu nie podniosło się już nigdy. Silniejsi i bardziej odporni sprawiali wrażenie obłąkanych. Gnani panicznym strachem, dusząc się i zataczając uciekali na tyły, aby w polowych lazare-*

²³ S. Franke, *Lehrbuch der militärchemie*, Berlin 1977, s. 22.

*tach doczekać chwili, gdy śmierć ulży ich męce*²⁴. Po tym pierwszym ataku gazowym z użyciem chloru nastąpiły następne. Już 27 kwietnia 1915 roku pod Langemark nastąpił drugi niemiecki atak falowy przy użyciu chloru. Nie przyniósł jednak zakładanych efektów, ponieważ Anglicy zdolali wyposażyć swoich żołnierzy w prymitywne, ale dość skuteczne maseczki ochronne składające się z kilku płatów gazy impregnowanej węglanem i podsiarczynem sodu. W związku z tym w czasie ataku pod Langemark zginęło „zaledwie” 1200 żołnierzy. Ataki falowe z zastosowaniem sprężonego w butlach ciekłego chloru podlegały, wraz z upływem czasu, pewnym modyfikacjom. Jedną z nich polegała na zastosowaniu mieszaniny chloru i fosgenu - środka, który dzisiaj jest zaliczany do TSP. Początkowo mieszanina zawierała tylko 25% fosgenu, później jego zawartość w mieszaninie wzrosła do 75%. Po raz pierwszy mieszanina ta znalazła zastosowanie w czasie ataku falowego przeprowadzonego na froncie wschodnim nad Bzurą pod Bolimowem. Na odcinku 12 km ustawiono 12 tysięcy butli z gazem. 31 maja o 2.45 opróżniono je uwalniając 210 ton gazu. Atak spowodował śmierć 6000 żołnierzy oraz zdezorientował obronę wojsk rosyjskich. 3100 żołnierzy zostało ciężko zatrutych, zaś 15000 znalazło się w niewoli²⁵.

Niemcy w stosowaniu toksycznych związków chemicznych nie byli osamotnieni, inne armie zaczęły robić to samo. Anglicy po raz pierwszy wykonali atak gazowy 25 września 1915 r. pod Loos, Francuzi w lutym 1916 r., natomiast pierwsze uderzenie odwetowe ze strony rosyjskiej miało miejsce 24 lipca 1916 r. pod Smorgoniami. Niemcy wykonali w czasie pierwszej wojny światowej ponad 50 ataków falowych na dużą skalę. Jesienią 1916 r. miesięcznie zużywali 400-500 ton chloru, fosgenu i chloropikryny. Ataki falowe z użyciem chloru i fosgenu zakończyły się na początku 1917 roku, po tym jak skonstruowano pociski chemiczne wystrzeliwane przez artylerię. Napełniano je fosgenem, difosgenem, chloropikryną, iperytem i wieloma innymi znanymi dzisiaj TSP. Na uwagę zasługuje użycie przez Francuzów, z miernym zresztą skutkiem, cyjanowodoru. Użyto 4000 ton tego środka. Jako lżejszy od powietrza, unosił się on do górnych jego warstw, co było przyczyną mniejszej od spodziewanej liczby zatruć. Walczące strony używały również inny znany dzisiaj TSP - chloropikrynę. Jako „Klop” w nomenklaturze niemieckiej i „Aqunit” w nomenklaturze francuskiej była używana samodzielnie i w mieszaninach, przy użyciu różnorodnych środków przenoszenia.

O masowym użyciu TSP w charakterze broni chemicznej, w okresie pierwszej wojny światowej, świadczy to, że państwa biorące udział w wojnie wyprodukowały aż 180 000 ton tych środków. Ponad 113 000 ton zostało użyte na polu walki. Masa użytych środków zwiększała się z każdym nowym rokiem wojny. Ilustrują to dane zamieszczone w tabeli 19.

²⁴ J. Tycner, *Broń chemiczna wczoraj i dziś*, Przegląd Obrony Cywilnej nr 3, Warszawa 1980.

²⁵ J. Meyer, *Der Gaskampf und die chemischen Kampfstoffen*, S. Hirzel, Lipsk 1925, s. 262.

Tabela 19

Masa środków toksycznych (w tysiącach ton) użyta w czasie pierwszej wojny światowej

Państwo	Masa środków toksycznych użytych w latach				
	1915	1916	1917	1918	Ogółem
Niemcy	2,9	7,0	15,0	28,0	52,9
Francja	0,3	3,5	7,5	15,0	26,3
Wielka Brytania	0,2	1,6	4,9	7,7	14,4
Austro-Węgry	-	0,8	2,7	4,4	7,9
Włochy	-	0,4	2,5	3,4	6,3
Rosja	0,2	1,8	2,7	-	4,7
USA	-	-	-	1,0	1,0
Ogółem	3,6	15,1	35,3	59,5	113,5

Źródło: A.M. Prentiss, *Chemicals in War*, Nowy Jork 1937.

Dane zawarte w tabeli 19 jednoznacznie świadczą o eskalacji wojny chemicznej w kolejnych latach jej trwania. Zwiększonemu zużyciu odpowiadały rosnące straty, co z kolei pokazano w tabeli 20.

Tabela 20

Straty wojsk powstałe w wyniku użycia środków trujących w toku pierwszej wojny światowej

Państwo	Ogółem zatruć	Zatruć śmiertelnych	Procent śmiertelności
Niemcy	200 000	9 000	4,5
Francja	190 000	8 000	4,2
Wielka Brytania	189 000	8 100	4,2
Austro-Węgry	100 000	3 000	3,0
Włochy	60 000	4 600	7,5
Rosja	475 000	56 000	11,7
USA	73 000	1 500	2,0
Inne	10 000	1 000	10,0
Ogółem	1279 000	91 200	7,3

Źródło: A.M. Prentiss, *Chemicals in War*, Nowy Jork 1937.

Cyfry przedstawione w tabeli 20 jednoznacznie wskazują na to, że TSP, przy braku ochrony lub miernym jej poziomie, powodowały masowe porażenia żołnierzy. Można przypuszczać, że również obecnie, mimo środków ochrony, w które są wyposażone wojska, straty mogą być znaczne.

3.5. Skutki uwolnienia toksycznych środków przemysłowych w wyniku awarii (zniszczeń) zbiorników i instalacji w okresie pokoju

Katastrofy i awarie z uwolnieniem TSP do środowiska zdarzają się zresztą również w okresie pokoju. Ważniejsze z nich zebrano i przedstawiono w tabeli 21. Analiza danych zawartych w tabeli 21 i literaturze dostarcza interesujących wniosków. W oparciu o istniejącą ewidencję poważniejszych awarii ocenia się, że częstotliwość ich występowania w świecie

jest stosunkowo mała i nie przekracza 20 w ciągu roku. Zdecydowaną większość - około 17 przypadków stanowią awarie objawiające się tylko pożarem lub eksplozją. Pozostałe tj. 3 wypadki w ciągu roku na całym świecie to katastrofy chemiczne połączone z uwolnieniem TSP. Wynika stąd, że uwolnienie materiałów toksycznych nie jest głównym problemem, chociaż zagrożenie toksyczne wzbudza szczególnie dużo emocji w społeczeństwie. Wniosek ten jest zgodny z innymi ustaleniami zawartymi w pracy Z. Maklesa i Z. Wartejuka²⁶. Podają oni, że na przestrzeni lat 1955-80 zanotowano w świecie 1307 przypadków śmierci wywołanych awariami chemicznymi, z tego tylko 104 wypadki spowodowane zostały przez uwolnienie substancji toksycznych. Śmierć pozostałych 1203 osób to efekt pożarów i wybuchów.

Tabela 21

Charakterystyki wybranych katastrof i awarii z uwolnieniem TSP

Rok	Miejsce	Charakterystyka zdarzenia	Skutki zdarzenia
1921	Niemcy	W badeńskich zakładach aniliny i sody (BASF) w fabryce w Oppau zapalił się silos z 400 t. mieszaniny saletry amonowej z siarczanem amonowym.	Wieś Oppau uległa niemal całkowitemu zniszczeniu. Nawet w Ludwigshafen i Mannheimie zostały uszkodzone budynki. Zginęło 585 osób.
1928	Niemcy	Na terenie fabryki chemicznej Hugo Stoltzenberga w hamburskim porcie ułotniło się z kotła 10t. trującego gazu - fosgenu dostarczonego przez Reichswehrę	Toksyczny obłok opadł na dzielnicę Georgswerder. Zmarło 11 osób a 210 wymagało hospitalizacji
1948	Niemcy	W fabryce lakieru BASF w Ludwigshafen zapalił się zbiornik z alkoholem. Szybko rozprzestrzeniający się ogień i powstały pożar doprowadził do eksplozji.	200 zabitych, ponad 3000 rannych
1953	RFN	Na terenie BASF w Ludwigshafen doszło do wypadku, w czasie którego z pojemnika znajdującego się pod ciśnieniem wyciekł ditlenek węgla.	Trzech pracujących w pobliżu ślusarzy zachorowało; jeden z nich zmarł po trzech miesiącach.
1956 1961	Japonia	Jedna z firm w rybackim miasteczku Minamata odprowadzała odpady zawierające rtęć do morza.	W wyniku konsumpcji ryb złowionych w zatoce Minamata w ciągu 5 lat zachorowało ponad 1000 osób, a 138 zmarło. Wielu mieszkańców doznało paraliżu nerwów i kończyn oraz zakłóceniu mowy, wzroku i słuchu.
1974	Wielka Brytania	W wyniku pęknięcia rury w zakładach chemicznych w pobliżu miasteczka Flixbrough zapalił się 18 tys. ton łatwopalnych chemikaliów.	28 zabitych i 105 rannych
1976	Włochy	W należącym do koncernu Hoffman La - Roche zakładzie chemicznym Icmesa z nieszczelnego zbiornika wydostał się obłok toksyczny i osiadł na terenie sąsiedniej gminy Seveso. W 10 dni po wypadku ogłoszono, że doszło do wycieku dioksyny.	Po 4 dniach drzewa utraciły liście; zaczęły ginąć mniejsze zwierzęta
1976	Polska	Wybuch chemiczny cysterny kolejowej z tlenkiem etylenu w Brzegu Dolnym. Eksplozja o sile równoważnej 144 ton trotylu nastąpiła na boczniczy kolejowej	Bez ofiar w ludziach
1979	RFN	Z zakładów Deutsche Morathan Petroleum GmbH w Burghausen wyciekł obłok gazu o intensywnym zgniłym zapachu	Obłok skażonego powietrza rozprzestrzenił się na powierzchni 250km ² . Ofiar w ludziach nie było.

²⁶ Z. Makles, Z. Wartejuka, *Katastrofy chemiczne* (praca niepublikowana).

Rok	Miejsce	Charakterystyka zdarzenia	Skutki zdarzenia
1979	RFN	W hamburskiej dzielnicy mieszkaniowej Eidelstadt na terenie fabryki chemicznej Hugo Stoltzenberga rozpoczęto wywózkę toksycznego szlamu i granatów zawierających tabun - gaz porażający system nerwowy.	Ewakuacja ludności z całej dzielnicy. Zginął bawiący się chłopiec a jego koledzy zostali ciężko ranni.
1979	Kanada	W mieście Mississauga w prowincji Toronto eksplodowała cysterna z propanem - butanem. Rozszczelnieniu uległy cysterny z chlorem.	Ewakuacja 250 tys. mieszkańców w celu ochrony ich przed zatruciem.
1981	Meksyk	Wyciek chloru z cysterny znajdującej się w składzie pociągu towarowego	29 osób zmarło w wyniku zatrucia.
1983	USA	Wysoka koncentracja ditlenku węgla w atmosferze. Gaz wydzieliał się w wyniku reakcji chemicznej rozkładu pestycydu, którego użyto do spryskiwania ulic (aby zapobiec unoszeniu się kurzu) z nieasfaltowanych ulic.	2400 mieszkańców miejscowości Times Beach (płd. zach. od St. Louis) musiało opuścić swoje domy i osiedlić się gdzieś indziej.
1984	Indie	W Bhopalu w stanie Pradesz w fabryce chemicznej należącej do amerykańskiego koncernu Union Carbide Corporation doszło do uwolnienia z instalacji izocyjanku metylu - preparatu służącego do produkcji środków owadobójczych.	Skażenie na powierzchni 60 km ² . Dziesiątki tysięcy osób szukało ratunku w ucieczce. Zmarło prawie 3 tys. osób. 200 000 doznało ciężkich obrażeń. Około 20 tys. osób może w przyszłości utracić wzrok.
1985	USA	W wyniku awarii systemu uszczelniającego ze zbiornika w zakładzie chemicznym w miejscowości Institute w stanie Virginia doszło do wycieku kilku substancji chemicznych, stosowanych do walki ze szkodnikami.	Skażone powietrze zawisło nad czterema miejscowościami (20 000 osób), hospitalizacja setek osób.
1986	Szwajcaria	Pożar w zakładach firmy Sandoz pod Bazyleą. Woda użyta do gaszenia pożaru zmyła około 60 ton trujących substancji chemicznych, które przedostały się do Renu.	Życie biologiczne w rzece zniszczono na długości 200 mil. Wyginęły ryby, plankton, ptaki wodne itp.
1986	Meksyk	Wyciek gazu toksycznego z zakładu chemicznego	Zatrucie 175 osób
1986	USA	W Miamisburgu wykoleiła się cysterna i uwolnione zostały związki fosforoorganiczne	80 osób zostało porażonych. Ewakuowano około 15 tys. osób.
1987	Polska	W Zgierzu nastąpiło rozszczelnienie zbiornika z nitrozą	Ofiar śmiertelnych nie było
1987	Austria	W Linzu w wyniku uszkodzenia systemu filtracyjnego do środowiska wydostał się ditlenek siarki.	Nastąpił czterokrotny wzrost stężenia w stosunku do obowiązujących norm.
1987	USA	W Nanticoke w wyniku pożaru w fabryce wyrobów metalowych wydostały się pochodne kwasu siarkowego.	Ewakuowano 18 tys. mieszkańców miasta.
1988	ZSRR	W Jarosławiu wykoleiła się cysterna z toksyczną cieczą	Ewakuacja mieszkańców z rejonu katastrofy. Liczba ofiar nieznana.
1988	ZSRR	W Jarosławiu nastąpił wyciek amoniaku z systemu chłodzącego	Dwie ofiary śmiertelne
1988	Francja	W Nantes pożar magazynu z saletrą amonową	Kilkadziesiąt osób porażonych. Ewakuacja 25 000 osób.
1988	USA	W Texas City wypadek w rafinerii	Zatrucie piroksynianem 250 ludzi. Ewakuacja 3000 osób.
1988	Polska	W Łodzi w zakładzie włókienniczym nastąpił wyciek siarkowodoru	3 ofiary śmiertelne, około 60 porażonych
1988	Polska	W Skwierzynie pożar podsiarczynu sodu z wydzielaniem się ditlenku siarki	Ewakuacja ludności z rejonu otaczającego zakład
1988	USA	W Springfield uszkodzenie kilkuset beczek z chlorem	Ewakuacja około 25 000 mieszkańców
1988	Włochy	W miejscowości Mossa eksplozja zbiorników z chemicznochemikaliami do produkcji środków owadobójczych	20 osób hospitalizowanych

Uwaga tabelę zestawiono na podstawie informacji zamieszczonych w :

1. J. Konieczny, *Bezpieczeństwo publiczne w nagłych i nadzwyczajnych zagrożeniach środowiska*, Wydawnictwo Panoptikos, Poznań 1995.

2. Z. Makles, Z. Wertekuk, *Katastrofy chemiczne* (praca niepublikowana).

W 1989 r. eksperci OECD przeanalizowali 99 awarii z lat 1974-88 związanych z produkcją lub transportem niebezpiecznych substancji w krajach członkowskich tej organizacji. Analizowano tylko te katastrofy, które spowodowały przynajmniej 50 ofiar śmiertelnych.

Konkluzje wynikające z tej analizy były następujące:

- od 1974 r. nie zwiększa się liczba wielkich awarii na obszarze OECD, a liczba wypadków śmiertelnych maleje;
- transport niebezpiecznych substancji jest tą dziedziną działalności człowieka, która związana jest z największą wypadkowością. Do 45% wypadków doszło w czasie transportu;
- katastrofy w czasie transportu powodują średnio 65 ofiar śmiertelnych rocznie;
- produkcja i magazynowanie materiałów wybuchowych lub toksycznych nie stwarza największego zagrożenia wybuchowego. Najczęściej katastrofy towarzyszą przetwarzaniu i transportowi węglowodorów i zbóż;
- 80% katastrof w transporcie wiąże się z przewozem węglowodorów;
- szczególnie niebezpieczny jest transport drogowy i wodny, względnie bezpieczny jest kolejowy.

Opis skutków związanych z uwolnieniem poszczególnych TSP, z powołaniem się na źródła, przedstawili Makles i Wertejuk. Z zamieszczonych w ich opracowaniu zapisów wynika, że:

1. W latach 1917-76 było 18 katastrof związanych z uwolnieniem chloru w ilościach przekraczających 1 tonę. Ogółem uwolnione zostały 364 tony chloru. Śmierć poniosło 113 osób. Najwięcej chloru (60 ton) uwolniło się w wyniku rozszczelnienia zbiornika magazynowego w Baton Rouge, Luizjana w USA w 1976r. Z zagrożonego rejonu ewakuowano 11 000 mieszkańców, ofiar w ludziach nie było. Najtragiczniejsza katastrofa z uwolnieniem chloru miała miejsce 24 grudnia 1939 r. w Żarnesti w Rumunii. Śmierć poniosło 60 osób.

2. W latach 1968-76 miało miejsce 11 przypadków uwolnienia amoniaku w ilościach większych niż 15 ton. Ogółem uwolniło się w nich 2008 ton amoniaku, a śmierć poniosło 41 osób. Największa ilość uwolnionego amoniaku wynosiła 600 ton. Wyciekał on z uszkodzonego rurociągu w zakładach chemicznych w m. Floral, Arkansas w USA 5 czerwca 1971 r. Ofiar w ludziach nie było. Zaobserwowano śnięcie ryb w pobliskich akwenach. Najtragiczniejszy wypadek z uwolnieniem amoniaku (18 ton) miał miejsce 13 lipca 1973 r. w Potchfstroom w RPA. Śmierć poniosło 18 osób.

3. 28 maja 1928 r. w Hamburgu nastąpiła katastrofa z uwolnieniem fosgenu. W wyniku uwolnienia 12 ton fosgenu śmierć poniosło 11 osób, 71 hospitalizowano, a 350 osób ewakuowano z zagrożonego terenu.

4. 10 lipca 1976 r. w Seveso we Włoszech uwolnione zostało 1750 gramów dioksyny skażając obszar 18 km². U 134 osób stwierdzono trądzik chlorowy, 500 osób było poszkodowanych, a 3700 skażonych. Przebadano ponad 220tyś. osób. Wszystkie zwierzęta znajdujące się w strefie skażenia (łącznie ponad 78 tys.) uśmiercono. Skażony teren, mimo rekultywacji, wyłączony jest z eksploatacji do chwili obecnej.

5. Największą znaną katastrofą chemiczną, pod względem liczby ofiar była tragedia w Bhopalu w Indiach. Wydarzyła się ona w nocy z 2 na 3 grudnia 1984 r. Przyczyną było wprowadzenie 500-1000 kg wody do zbiornika magazynowego z izocyjankiem metylu. W wyniku reakcji chemicznej utworzyła się monometanoloamina i ditlenek węgla, co doprowadziło do wzrostu ciśnienia wewnątrz zbiornika, a następnie do jego rozszczelnienia. Ocenia się, że uwolnieniu z szybkością 15 ton/godz. uległo 30-35 ton izocyjanku metylu, powodując śmierć około 3000 osób. Porażenia trwale stwierdzono u ponad 10tyś. osób, a lekkie u ponad 200 000.

6. Największą w historii, pod względem wprowadzenia do środowiska masy substancji toksycznych, katastrofą chemiczną była awaria w kombinacie nawozów sztucznych „Azot” w Jonawie na Litwie. Miała ona miejsce 28 czerwca 1989 r. W wyniku awarii zbiornika magazynowego o pojemności 10 000 ton do otoczenia przedostało się 7000 ton skroplonego amoniaku. Eksplozja zbiornika spowodowała dodatkowo uszkodzenie rurociągu z gazem ziemnym i pożar oraz objęcie nim magazynu zawierającego 24000 ton nitrofoski. W wyniku pożaru do atmosfery oprócz amoniaku wprowadzone zostały tlenki azotu i chlor, powstające z rozkładającej się nitrofoski. Lotne, toksyczne składniki rozprzestrzeniały się na odległość do 40 km. W akcji ratunkowej uczestniczyło 966 osób i 136 specjalistycznych instalacji i jednostek techniki ratunkowej. W wyniku eksplozji zginęło 7 osób, a 57 odniosło różnego rodzaju obrażenia. Likwidacja awarii trwała 3 doby.

Uwolnienia TSP ze zbiorników, jak wykazują przytoczone dane były przyczyną wielu porażeń, w tym licznych ofiar śmiertelnych. Ofiarami uwolnionych TSP w warunkach działań bojowych mogą być nie tylko osoby cywilne, ale również żołnierze. Stąd powinni znać właściwości TSP i sposoby ochrony przed nimi.

4. PRZECIWDZIAŁANIE ZAGROŻENIOM TOKSYCZNYMI ŚRODKAMI PRZEMYSŁOWYMI W TOKU DZIAŁAŃ WOJENNYCH

4.1. Ogólne zasady działania wojsk w warunkach zagrożenia i po uwolnieniu toksycznych środków przemysłowych

Przeciwdziałanie zagrożeniom toksycznymi środkami przemysłowymi w toku działań wojennych realizuje się poprzez kontynuację przedsięwzięć wykonywanych w okresie pokoju oraz wykonanie szeregu nowych zadań. Kontynuacja dotyczy głównie:

- identyfikacji źródeł toksycznych środków przemysłowych;
- prognozowania potencjalnych skutków uwolnienia TSP.

W okresie pokoju ośrodki analizy skażeń (centralny, okręgowe i rodzajów wojsk) oraz stacje obliczeniowo analityczne skażeń związków taktycznych dokonują, każdy w obszarze swego zainteresowania, identyfikacji stacjonarnych źródeł TSP. W oparciu o zebrane dane prognozują potencjalne skutki uwolnienia TSP ze zniszczonych (uszkodzonych) instalacji i zbiorników. Po rozpoczęciu działań wojennych proces identyfikacji źródeł TSP będzie kontynuowany, przy czym szczególnym obiektem zainteresowania ośrodków i stacji będą nowe obiekty, które znalazły się w zmienionym obszarowo rejonie ich zainteresowania, zmiany ilościowe i jakościowe w obiektach uprzednio zidentyfikowanych oraz obiekty mobilne znajdujące się na liniach kolejowych, drogach i szlakach wodnych, stwarzające zagrożenie dla wojsk. W oparciu o zebrane dane ośrodki analizy skażeń i stacje obliczeniowo - analityczne skażeń będą uaktualniały prognozy, dostosowując je do nowego położenia wojsk, zidentyfikowanych źródeł zagrożeń oraz aktualnych warunków meteorologicznych. Prognozy znajdują się na opracowanych przez ośrodki i stacje mapach (oleatach) z przewidywaną sytuacją skażeń. Rezultaty prognozy szefowie obrony przeciwchemicznej powinni przedstawiać dowódcom odpowiednich szczebli. Powinny one być także uwzględniane przy planowaniu działań bojowych. Obowiązywać musi zasada, zgodnie z którą nie planuje się działań wojsk w rejonach rozmieszczenia zbiorników z TSP, obiekty mobilne nie rozmieszcza się w odległości 5 km od zbiorników i instalacji z TSP, a obiekty stacjonarne w odległości 10 km od tych zbiorników.

Nowe zadania dotyczyć będą poddania obiektów lub instalacji z TSP szczególnej ochronie, wykonania czynności związanych z ograniczaniem lub rozśrodkowaniem TSP oraz, już po uwolnieniu TSP, realizowania poszczególnych przedsięwzięć obrony przeciwchemicznej mających m.in. na celu maksymalne osłabienie skutków rażącego działania toksycznych środków przemysłowych.

Nie ulega wątpliwości, że obiekty z TSP w czasie wojny wymagać będą szczególnej ochrony i to zarówno przed działalnością dywersyjną jak i przed uderzeniami z powietrza.

Zadania te powinny być wykonywane przez siły zmilitaryzowane oraz wojska obrony powietrznej rozmieszczone na obszarze kraju.

Wykonywanie czynności związanych z ograniczaniem ilości i rozśrodkowaniem TSP powinno być przewidziane w scenariuszach działania zakładu w okresie wojny. W zbiornikach i instalacjach produkcyjnych powinna pozostać tylko taka ilość TSP, która jest niezbędna do zapewnienia bieżącej produkcji. Zapasy TSP należy rozśrodkować, a zbędne poddać neutralizacji lub uwolnić, w sposób kontrolowany, w ilościach, które nie stwarzają zagrożenia dla ludzi i środowiska naturalnego. Czynności związane z rozśrodkowaniem i ograniczaniem ilości TSP powinien organizować i częściowo realizować zakład produkujący lub przetwarzający TSP. Wszelkiego rodzaju przewozy kolejowe i drogowe TSP w okresie działań wojennych powinny się odbywać za zgodą i pod nadzorem właściwych władz wojskowych. Te ostatnie zawsze powinny dbać o to, aby zagrożenia ze strony TSP były możliwie najmniejsze. Działając w porozumieniu z organem administracji państwowej i samorządowej powinny dążyć do usunięcia (lub ograniczenia) TSP z rejonów, w których zagrażają one ludności i wojskom.

Wojska w ramach obrony przeciwchemicznej powinny:

- wykrywać zniszczenia (awarie) obiektów z TSP;
- prognozować sytuację skażeń po awarii (zniszczeniu) obiektów z TSP;
- ostrzegać o zagrożeniu i alarmować wojska o skażeniach;
- rozpoznawać skażenia powstałe po uwolnieniu TSP;
- realizować przedsięwzięcia z zakresu indywidualnej i zbiorowej ochrony;
- likwidować skutki zniszczenia (awarii) obiektów z TSP.

4.2. Wykrywanie zniszczeń (awarii) obiektów z toksycznymi środkami przemysłowymi

Wykrywanie zniszczeń (awarii) obiektów z TSP organizuje się w celu uzyskania danych o współrzędnych zniszczonych (uszkodzonych) obiektów, rodzajach zniszczeń (uszkodzeń), ilości i rodzajach uwolnionych środków oraz warunkach meteorologicznych w rejonie awarii. Dane te wykorzystują ośrodki analizy skażeń i stacje obliczeniowo - analityczne skażeń do sporządzania prognozy awaryjnej sytuacji chemicznej. Informacje o awariach, (zniszczeniach) obiektów z TSP ośrodki (stacje) mogą otrzymać z własnej sieci wykrywania skażeń lub z ośrodków analizy skażeń szczebla okręgowego. Te zaś, przy istniejących obecnie ustaleniach normatywnych, otrzymują te informacje od wojewódzkich ośrodków wykrywania i alarmowania (WOWiA) obrony cywilnej, które z kolei są informowane o awarii przez rejonowe (dzielnicowe) ośrodki wykrywania i alarmowania bądź bezpośrednio przez służby dyspozytorskie zainteresowanych zakładów przemysłowych. W warunkach działania związku taktycznego na obszarze województwa (lub kilku województw) istnieje możliwość nawiązania przez SOAS bezpośredniej łączności z WOWiA obrony cywilnej i otrzymania bezpośrednich informacji o awariach (zniszczeniach) zbiorników z TSP na interesującym obydwie stro-

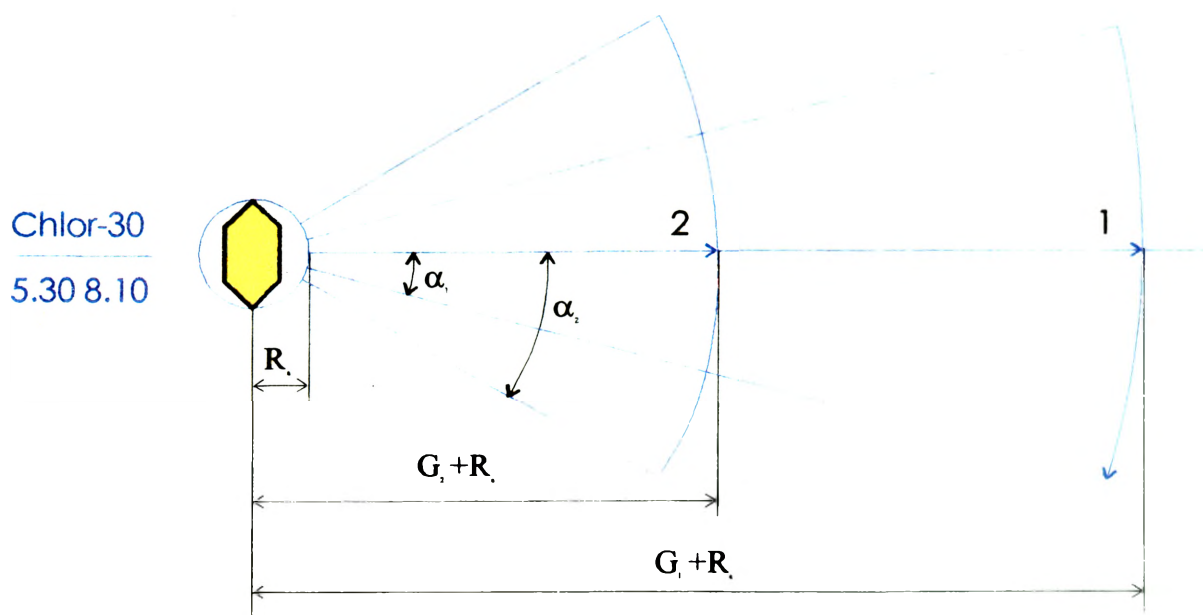
ny terytorium. Istnieje też możliwość wydzielenia przez wojsko pododdziałów rozpoznania skażeń z zadaniem zorganizowania posterunków obserwacji skażeń w rejonie obiektów z TSP. W razie awarii lub zniszczenia obserwowanego obiektu posterunki informują o tym fakcie swoich przełożonych, a ci z kolei przekazują informacje do szefa obrony przeciwchemicznej lub stacji obliczeniowo - analitycznej skażeń. Drużyna rozpoznania skażeń bezpośrednio po uwolnieniu TSP przystępuje do rozpoznawania skażeń terenu i atmosfery. Posterunki obserwacji skażeń mogą być wystawione nie tyle w zakładach przemysłowych, w których produkuje się i przerabia TSP, ale również w rejonach stacji kolejowych, jeśli w składach pociągów znajdują się cysterny z TSP. Sieci wykrywania skażeń oddziałów, związków taktycznych i związków operacyjnych powinny być zawsze gotowe do wykrycia faktu zniszczenia (awarii) pojemników i instalacji z TSP. Elementy nieetatowe sieci (obserwatorzy w kompaniach i bateriach oraz posterunki obserwacyjne w batalionach i dywizjonach) mogą przekazywać jedynie orientacyjne informacje o fakcie zniszczenia (awarii) obiektu z TSP na podstawie oznak zewnętrznych (charakterystyczny zapach, rozprzestrzenianie się powietrza zawierającego cząstki aerozolu, pożary w rejonach zbiorników z TSP itp.). Elementy etatowe sieci wykrywania skażeń (posterunki obserwacji skażeń i patrole rozpoznania skażeń wojsk obrony przeciwchemicznej i rozpoznania wojskowego), profesjonalnie przygotowane do identyfikacji TSP oraz odpowiednio ukierunkowane przez przełożonych, powinny dostarczać pełnych informacji o uszkodzeniach pojemników (instalacji) z TSP, rodzajach uwolnionych środków i kierunkach ich rozprzestrzeniania.

4.3. Prognozowanie skutków uwolnienia toksycznych środków przemysłowych do środowiska

Prognozowanie skutków uwolnienia toksycznych środków przemysłowych ze zbiorników i instalacji jest uzasadnione, ponieważ z reguły zdobycie rzeczywistych danych jest trudne i czasochłonne. Ma ono na celu określenie prawdopodobnych strat wojsk, które znalazły się w zasięgu oddziaływania TSP oraz skażeń atmosfery i ewentualnie sprzętu i terenu. Prognoza sporządzona po uwolnieniu TSP tym różni się od prognozy wykonanej jeszcze w okresie pokoju, że uwzględnia, w miarę możliwości, stan faktyczny TSP i położenie wojsk oraz realnie istniejące warunki meteorologiczne. Rezultaty prognozy są wykorzystywane w pierwszej kolejności do ostrzegania wojsk o zagrożeniu skażeniami. Następnie, opierając się na wynikach prognozowania, dowódca podejmuje decyzję o dalszych działaniach (z uwzględnieniem nowych warunków realizacji zadań bojowych) oraz o likwidacji skutków uwolnienia toksycznych środków przemysłowych.

Prognozowanie skutków uwolnienia TSP jest realizowane przez szefów obrony przeciwchemicznej oddziałów, stacje obliczeniowo-analityczne związków taktycznych oraz ośrodki analizy skażeń okręgów wojskowych i rodzajów wojsk. W ramach prognozy dokonuje się jej zobrazowania i oceny. Zobrazowanie awaryjnej sytuacji chemicznej polega na określeniu i

przedstawieniu skali i skutków zniszczenia (awarii) obiektów i instalacji z TSP na mapie lub oleacie. W ramach zobrazowania sytuacji chemicznej na mapie (schemacie) rysowuje się miejsce zniszczenia (awarii) obiektu i zasięg rozprzestrzeniania się obłoku pierwotnego i wtórnego TSP, z uwzględnieniem warunków meteorologicznych i terenowych. Schemat prognozowanych stref skażeń po awarii zbiornika z TSP przedstawiono na rysunku 12.



G_1, G_2 - głębokość rozprzestrzeniania się obłoku pierwotnego i wtórnego;
 R_a - promień rejonu zniszczenia (awarii);
 α_1, α_2 - kąt rozwarcia bocznych granic stref skażeń.

Rysunek 12. Prognozowane strefy skażeń po awarii zbiornika z TSP

Długotrwałość skażenia chemicznego przyziemnej warstwy powietrza określa się oddzielnie dla rejonu awarii i rejonów rozprzestrzeniania się obłoków skażonego powietrza. Czasokres skażenia w rejonie awarii mierzy się czasem odparowania TSP z powierzchni rozlania, w ciągu którego występuje niebezpieczeństwo porażenia ludzi. Trwałość skażenia chemicznego powietrza w strefach rozprzestrzeniania się TSP określa się dla różnych odległości od rejonu awarii. Straty żołnierzy wyrażane ilością osób, które mogą utracić zdolność bojową w wyniku działania TSP, określa się oddzielnie dla oddziałów (pododdziałów) znajdujących się w rejonie awarii i oddzielnie dla wojsk, które znalazły się w granicach rozprzestrzeniania się pierwotnego i wtórnego obłoku skażonego powietrza. Przyjmuje się przy tym, że wielkość strat w rejonie zniszczenia (awarii) zależy od stanu wyposażenia żołnierzy w izolacyjne maski przeciwgazowe. Straty obejmują wszystkich żołnierzy, którzy nie mają ich w swoim wyposażeniu. Straty w ludziach w strefach rozprzestrzeniania się TSP ocenia się biorąc pod uwagę wy-

posażenie żołnierzy w środki ochrony i odległość rejonu rozmieszczenia poszczególnych pododdziałów od miejsca awarii.

Prognoza skutków uwolnienia TSP, wyrażona skalą, czasem trwania i rodzajem porażenia, podlega obowiązkowemu skorygowaniu, w miarę otrzymywania informacji od podwładnych, którzy stali się ofiarami skażeń.

Prognoza stanowi podstawę do oceny sytuacji chemicznej przez szefów (wojsk) obrony przeciwchemicznej. Ocena obejmuje:

- analizę skali i skutków zniszczenia (awarii) obiektu z TSP oraz wpływu uwolnionych środków na zdolność bojową i działanie wojsk, w tym funkcjonowanie obiektów i urządzeń logistycznych;
- wybór optymalnego wariantu działania wojsk;
- określenie sposobu likwidacji skutków uwolnienia TSP.

Po dokonaniu oceny awaryjnej sytuacji chemicznej są precyzowane wnioski i planuje się konkretne przedsięwzięcia, a ponadto wykonuje się stosowne dokumenty planistyczne, dotyczące realizacji przedsięwzięć związanych z likwidacją skutków uwolnienia TSP.

4.4. Ostrzeganie o zagrożeniu i alarmowanie wojsk o skażeniach

Ostrzeganie o zagrożeniu i alarmowanie o skażeniach ma umożliwić wojskom wykonanie przedsięwzięć, które ograniczą skutki oddziaływania na nie uwolnionych toksycznych środków przemysłowych. Powinno odbywać się zgodnie z obowiązującymi obecnie zasadami ostrzegania i powiadamiania w sytuacji zagrożenia i występowania skażeń. Ostrzeganie o zagrożeniu skażeniami podległych wojsk należy do obowiązku sztabu. Sygnały ostrzegania są przekazywane na podstawie prognozowania rozwoju sytuacji po uwolnieniu TSP oraz meldunków od elementów zajmujących się monitoringiem (rozpoznaniem) skażeń. Informacje o skażeniach TSP mogą również przekazywać sztaby sąsiednich oddziałów lub związków taktycznych. Sygnały ostrzegania są przekazywane poza wszelką kolejnością wszystkimi dostępnymi środkami łączności. Przewodowymi środkami łączności przekazuje się je otwartym tekstem. Sygnały ostrzegania przekazuje się do tych oddziałów (pododdziałów), którym grozi realne niebezpieczeństwo. Po podaniu sygnału ostrzegania wojska wykonują czynności nakazane przez dowódców takie np. jak: wyjście z zagrożonego rejonu, nałożenie środków ochrony indywidualnej do położenia pogotowia, ukrycie się w środkach ochrony zbiorowej itp.

Sygnał alarmu o skażeniach ogłasza się w warunkach bezpośredniego zagrożenia wojsk toksycznymi środkami przemysłowymi. Sygnał powinien być podany przez obserwatora lub posterunek obserwacyjny bezpośrednio po wykryciu skażenia. W pododdziale sygnał podaje się głosem oraz ustalonymi sygnałami dźwiękowymi i świetlnymi. Po ogłoszeniu alarmu żołnierze nakładają indywidualne środki ochrony przed skażeniami do położenia bojowego lub zajmują miejsce w wozach bojowych wyposażonych w urządzenia filtrowentylacyjne. Urządzenia te włącza się, zamykając przy tym włazy, drzwi, okna i inne otwory. Dowódca pododdziału (oddziału), który znalazł się w rejonie rozprzestrzeniania się obłoków skażonego powietrza decyduje o wyprowadzeniu ludzi i sprzętu z zagrożonych rejonów.

4.5. Rozpoznanie skażeń powstałych po uwolnieniu toksycznych środków przemysłowych

Rozpoznanie skażeń powstałych w rezultacie uwolnienia TSP z uszkodzonych (zniszczonych) zbiorników i instalacji ma na celu dostarczenie dowódcy i sztabowi danych o rzeczywistej sytuacji skażeń w rejonie awarii (zniszczenia) oraz na kierunku rozprzestrzeniania się pierwotnego i wtórnego obłoku skażonego powietrza. W ramach rozpoznania istnieje konieczność określenia rodzaju uwolnionego TSP oraz jego stężenia. Przy obecnym wyposażeniu wojsk istnieją ograniczone możliwości indykacji niektórych TSP, co jest konsekwencją marginalnego traktowania tego problemu w przeszłości. Problem ilustrują informacje zawarte w tabeli 22.

Tabela 22

Możliwości detekcji TSP przez przyrządy rozpoznania skażeń WP

Rodzaj TSP	Nazwa przyrządu rozpoznania skażeń					
	PChR PPChR	WZI TSP	GSP-11 AVJ	GSA-12	PChL-54	AIM-2000
Akrylonitryl	-	-	-	-	E	
Amoniak	A , B	X	P	-	E	S
Chlor	B	X	P	F	E	
Chloropikryna	S	A , B	-	-	E	
Cyjanowodór	X	X	-	-	X	
Ditlenek siarki	-	X	P	P	E	S
Disiarczek węgla	A	A	P	-	E	
Fluorowodór	-	A	P	-	X	
Formaldehyd	-	-	-	P	-	
Fosgen	X	X	-	-	X	
Kwas azotowy	A , B	X	P	-	E	
Kwas solny	B	X	P	-	E	
Siarkowodór	-	X	P	-	E	S
Objaśnienia: X - indykacja właściwa; A - TSP indykuje się na rurce wskaźnikowej w sposób analogiczny jak BST ale z mniejszą czułością; B - TSP indykuje się na rurce wskaźnikowej w sposób odmienny od BST; F - TSP, które mogą powodować fałszywe alarmy o obecności FoST; P - TSP przeszkadzają w oznaczeniu FoST; E - możliwości oznaczania siarki, azotu i chlorowców metodą analizy elementarnej; S - TSP, na które AIM-2000 jest wyskalowany.						

Źródło: W. Lisowski, *Wykrywanie toksycznych środków przemysłowych*, materiały z sympozjum naukowego nt. *Wybrane zagadnienia obrony przeciwchemicznej dywizji zmechanizowanej w działaniach z zagrożeniem skażeniami przemysłowymi*, Wrocław 1991, s.41.

Najbardziej rozpowszechniony przyrząd rozpoznania chemicznego PChR-54 jest wyposażony w rurki wskaźnikowe, które umożliwiają wykrycie jedynie dwu rodzajów TSP - cyjanowodoru i fosgeny. Polowe laboratorium chemiczne PChL -54 umożliwia wykrywanie tych samych TSP przy pomocy rurek wskaźnikowych oraz innych TSP metodą żmudnej analizy elementarnej.

Szersze możliwości wykrywania TSP ma opracowany przez WICHiR wojskowy zestaw indykacyjny WZI TSP. W zestawie wykorzystuje się przyrządy rozpoznania chemicznego PChR-54 lub PPChR odpowiednio przystosowane do wykrywania TSP. Zastosowane rozwiązanie nie jest pozbawione wad, takich chociażby jak stosunkowo niewielka trwałość wykrywaczy rurkowych oraz mała selektywność zastosowanych reakcji. Jego zaletą jest taniość w porównaniu z innymi rozwiązaniami.

Inne rozwiązanie może polegać na wyposażeniu wojsk w specyficzne detektory przeznaczone do identyfikacji TSP. Na Zachodzie produkuje się wiele takich specjalistycznych przyrządów, opartych na wykorzystaniu niektórych zjawisk fizykochemicznych. W 1991 roku, dla potrzeb chemicznych i radiacyjnych zespołów awaryjnych (ChiRZA) zakupiono kilka detektorów AIM-2000. Stwarzają one możliwości identyfikacji oraz określenia stężenia 33 związków chemicznych. Są wśród nich zarówno niektóre związki nieorganiczne (wodór, tlen, siarkowodór, dwutlenek siarki, amoniak) oraz organiczne (węglowodory alifatyczne nasycone i nienasycone, ich chlorowcopochodne, alkohole, aminy alifatyczne, ketony, estry i kwasy). Przyrząd AIM-2000, zdolny do identyfikacji ważniejszych TSP oraz podawania informacji o ich stężeniu w powietrzu, ma więc istotne zalety, lecz kilka egzemplarzy tego przyrządu w wojskach nie może rozwiązać problemu rozpoznawania skażeń TSP. Problem może być rozwiązany dopiero po wyposażeniu każdej drużyny rozpoznania skażeń w przyrząd AIM-2000 lub WZI TSP albo inny przyrząd o podobnych właściwościach. Nie można wykluczyć, że w przyszłości znajdą zastosowanie, w charakterze środka detekcji TSP, specyficzne papierki wskaźnikowe.

4.6. Realizacja przedsięwzięć z zakresu indywidualnej i zbiorowej ochrony przed toksycznymi środkami przemysłowymi

Konstrukcja etatowego sprzętu wykorzystywanego do indywidualnej ochrony przed skażeniami została ukierunkowana na ochronę żołnierzy przed bojowymi środkami trującymi, charakteryzującymi się wysoką toksycznością (o kilka rzędów większą od TSP) i występującymi w warunkach polowych w niewielkich stężeniach. Przy konstruowaniu nie uwzględniono wymogów wynikających z możliwości oddziaływania na wojska toksycznych środków przemysłowych. Indywidualne środki ochrony przed skażeniami nie są więc dostosowane do ochrony przed nimi. Dotyczy to zarówno masek przeciwgazowych jak i odzieży ochronnej. Maski przeciwgazowe mają znacznie ograniczoną moc ochronną, co wynika z właściwości wkładek filtrosorbcyjnych, nie dostosowanych do zatrzymywania par TSP. Wśród TSP są także substancje nie zatrzymywane przez filtropochłaniacze masek przeciwgazowych. Problem ilustrują dane zawarte w tabeli 23.

Tabela 23

Właściwości ochronne filtropochłaniaczy masek przeciwgazowych

Typ filtropochłaniacza	Rodzaj parametru	Nazwa testowanego TSP						
		Amoniak	Tlenek węgla	Ditlenek azotu	Chlor	Ditlenek siarki	Siarkowódór	Benzen
MS - 4	Czas ochronnego działania (min)	5	1	2	11	10	75	52
	Dynamiczna pojemność sorbcyjna (g)	0,6	0,18	0,58	5,3	4,4	17,1	28
	Czas ochronnego działania dla stężenia śmiertelnego (min)	0,19			2,9	1,4	15	15,3
BSS-MO-4U	Czas ochronnego działania (min)	5	8	10	129	77	240	95
	Dynamiczna pojemność sorbcyjna (g)	0,6	0,36	29	82	34	55	51
	Czas ochronnego działania dla stężenia śmiertelnego (min)	0,19			344	11	60	28

Źródło: J. Nowicki, *Ochrona osobista żołnierzy podczas działania w strefach skażonych TSP*, materiały z sympozjum nt. *Wybrane zagadnienia obrony przeciwchemicznej DZ w działaniach z zagrożeniem skażeniami przemysłowymi*, WSOIW, Wrocław 1991, s.71.

Z informacji zawartych w tabeli 23 wynika, że filtropochłaniacze MS-4 i BSS-Mo-4U pochłaniają cząsteczki takich TSP jak: chlor, ditlenek siarki, siarkowódór i benzen, chociaż ich czas ochronnego działania jest bardzo krótki. Użycie masek przeciwgazowych przez żołnierzy pozwoli im jednak bezpiecznie opuścić zagrożony rejon, nawet jeżeli stężenia wymienionych TSP będą wysokie. Wymienione filtropochłaniacze prawie nie zatrzymują natomiast cząstek takich TSP jak: amoniak, ditlenek azotu i tlenek węgla.

Badaniami nie objęto wkładek filtrosorbcyjnych masek MP-4. Na podstawie pomiarów porównawczych, wykonanych dla chloru, autor badań J. Nowicki ocenia, że wkładki te mają właściwości ochronne analogiczne jak pochłaniacze MS-4. Wynika stąd kolejny wniosek - maski przeciwgazowe filtracyjne z wkładkami filtrosorbcyjnymi nie powinny być wykorzystywane w strefie awarii oraz w graniczącej z nią strefie rozprzestrzeniania się obłoku skażonego powietrza, w której występują stężenia śmiertelne TSP. Mogą być natomiast używane w ograniczonym czasie i w przypadku niektórych tylko TSP, w strefach porażen progowych, lekkich i średnich.

Otwartym jest natomiast problem ochrony żołnierzy w strefach skażonych przez TSP nie zatrzymywane przez filtropochłaniacze wojskowe. W warunkach Polski jest to szczególnie istotne dla skażeń amoniakiem, który występuje w znacznych ilościach, w licznych zakładach przemysłowych i chłodniach, stanowiąc najbardziej rozpowszechniony TSP. Problem może być stosunkowo prosto rozwiązany w przypadku masek przeciwgazowych mających w swej konstrukcji filtropochłaniacz; można go zamienić na odpowiedni pochłaniacz przemysłowy zatrzymujący amoniak. Niezbędne byłoby jednakże wyposażenie żołnierzy w takie pochłaniacze. Możliwe jest również opracowanie i wprowadzenie do wyposażenia wojsk specjalnej

półmasksi wyposażonej w odpowiedni pochłaniacz, chroniącej drogi oddechowe i oczy przed parami amoniaku. Taka półmaska mogłaby stanowić dodatkowe wyposażenie tych żołnierzy, którzy są wyposażeni w maski przeciwgazowe MP-4, których w żaden sposób nie można przystosować do ochrony przed parami amoniaku. Podobne rozwiązania mogą znaleźć zastosowanie w stosunku do innych TSP. Możliwości zatrzymywania niektórych TSP przez krajowe pochłaniacze przedstawiono w tabeli 24.

Tabela 24

**Ocena możliwości zatrzymywania niektórych toksycznych środków przemysłowych
przez krajowe pochłaniacze przemysłowe**

Rodzaj substancji	Typ pochłaniacza	Wypełnienie	Dynamiczna pojemność sorbcyjna pochłaniacza /g/	Stężenie testowe mg/dm ³	Czas ochronnego działania przy stężeniu śmiertelnym ¹ /min/
				Czas ochronnego działania	
Amoniak	M-13 D-13	węgiel aktywny nasycony ZnSO ₄	<u>5.15</u> 1368	<u>11.4/15</u> 11.4/40	<u>48</u> 130
	M-19	warstwa aktipolu 7 i sorbentu na gazy kwaśne ²	2.3	3.8/20	22
	P-21/4-W ³	osuszacz + hopkalit + aktipol 1	2.7	1.5/60	26
Chlor	M-12 D-12	węgiel aktywny nasycony K ₂ CO ₃ i Na ₂ CO ₃	<u>7.12</u> 28.2	<u>15.83/15</u> 15.83/40	<u>2375</u> 9400
	P-22/1-W ⁴	aktipol 7	19	15.83/40	6333
	M-16 D-16	aktipol 7	<u>5.4</u> 10.8	<u>6/30</u> 6/60	<u>900</u> 1800
Cyjanowodór	M-11 D-11	węgiel aktywny	<u>23.46</u> 76.50	<u>34/23</u> 34/75	<u>78</u> 255
	P-21/4-W	osuszacz + hopkalit + aktipol 1	5.7	6.8/23	19
	P-22/4-W	aktipol 7	20.4	17/40	68
Ditlenek siarki	M-12	węgiel aktywny nasycony K ₂ CO ₃ i Na ₂ CO ₃	6.4	14.3/15	125
	P-21/4-W	osuszacz + hopkalit + aktipol 1	26.5	22.08/40	12166
	P-22/4-W	aktipol 7	12.9	14.3/30	253
Fosgen	M-12	węgiel aktywny nasycony K ₂ CO ₃ i Na ₂ CO ₃	18.5	44.16/14	6166
	P-22/4-W	aktipol 7	26.5	22.08/40	12168
Siarkowodór	M-16 D-16	aktipol 7	<u>8.0</u> 13.7	<u>7.6/35</u> 7.6/60	<u>317</u> 544
	M-19	aktipol 7 + sorbent nasycony ZnSO ₄	4.56	7.6/20	181
	P-21/4-W	osuszacz + hopkalit + aktipol 1	16.9	3.04/185	670
Tlenek etylenu	P-22/1-W	aktipol 7	5.9	9.8/20	115

1. Przyjęte wartości stężeń śmiertelnych przy ekspozycjach 5 - 60 min. są wielokrotnie niższe od stężeń testowych.
2. Błąd w materiale źródłowym. Powinno być: warstwa aktipolu 7 i węgla aktywnego nasyczonego ZnSO₄.
3. Pochłaniacz P-21/4-W w wersji „mały”.
4. Pochłaniacz P-22/1-W w wersji „duży”.

Do ochrony przed TSP mogą być również wykorzystane urządzenia filtrowentylacyjne zamontowane w wozach bojowych. Ich właściwości ochronne, ze względu na zastosowanie w ich konstrukcji analogicznych materiałów jak w filtropochłaniaczach masek przeciwgazowych, są podobne.

Odzież ochronna wykorzystywana w siłach zbrojnych wykonana jest z podobnych materiałów jak odzież używana przez ratowników chemicznych (tkanina obustronnie laminowana kauczukiem butylenowym). Zapewnia ochronę skóry żołnierza w znacznym stopniu. Nie może zapewnić ochrony całkowitej ponieważ jest nieuszczelna.

Indywidualne i zbiorowe środki ochrony, używane obecnie w siłach zbrojnych nie mogą więc zapewnić całkowitej ochrony dróg oddechowych i skóry przez okres wielu godzin. Trzeba więc je traktować jako środki stwarzające możliwość wyjścia ze strefy skażonego powietrza. Długotrwałe działanie wojsk w strefach rozprzestrzeniania się TSP nie będzie więc możliwe.

Nie należy oczekiwać opracowania pochłaniacza zapewniającego ochronę dróg oddechowych przed wszystkimi substancjami toksycznymi. Można jednak się spodziewać, że w dalszej perspektywie pojawi się pochłaniacz uniwersalny, mający w swym składzie kilka warstw sorbentu, z których każdy jest specyficzny do pochłaniania określonych środków trujących i toksycznych środków przemysłowych.

4.7. Likwidacja skutków zniszczenia (awarii) obiektów z toksycznymi środkami przemysłowymi

Likwidacja skutków zniszczenia (awarii) obiektów z TSP obejmuje:

- rozpoznanie rejonów awarii;
- wykonanie prac ratunkowych;
- gaszenie pożarów i zabezpieczenie ocalałych zbiorników;
- zahamowanie wypływu TSP poprzez zastosowanie urządzeń i materiałów uszczelniających;
- neutralizację TSP i wykonywanie przedsięwzięć ograniczających rozprzestrzenianie się go w środowisku.

Wyżej wymienione czynności powinny być wykonywane przez zakładowe grupy ratownictwa chemicznego lub zakładowe albo terenowe jednostki państwowej straży pożarnej. Są one zobowiązane, na podstawie ustaleń ustawowych, do realizacji zadań mieszczących się w pojęciu likwidacja skutków zniszczenia (awarii) obiektów z TSP zarówno w okresie pokoju jak i wojny. Mają też niezbędne wyposażenie do tego przeznaczone. Udział wojska w akcji likwidacji skutków zniszczenia (awarii) obiektów z TSP powinien być czymś wyjątkowym, wymuszonym sytuacją, w której z jednej strony występuje uwolnienie TSP i uwolnione środki oddziałują na wojska, a z drugiej strony w rejonie działań bojowych nie ma cywilnych sił i środków do tego przeznaczonych.

W ramach rozpoznania rejonu awarii należy ustalić:

- rodzaj uszkodzenia;
- miejsca, w których znajdują się porażeni żołnierze oraz osoby cywilne;
- kierunek rozprzestrzeniania się uwolnionego TSP;
- dogodne kierunki podejścia do uszkodzonego obiektu.

Prace ratunkowe polegają na ewakuacji porażonych, udzieleniu im pomocy przedlekarskiej lub lekarskiej oraz zastosowaniu odpowiednich do sytuacji przedsięwzięć leczniczo-ewakuacyjnych.

Gaszenie pożarów polega na likwidacji źródeł ognia i zapobieżeniu tym samym potęgowaniu się skutków uwolnienia TSP.

Zastosowanie urządzeń i materiałów uszczelniających może spowodować ograniczenie lub likwidację wycieku (emisji) toksycznych środków przemysłowych z uszkodzonych zbiorników i instalacji. Przy emisji gazów może znaleźć zastosowanie sprzęt mechaniczny i chemiczny oraz wszelkiego rodzaju przykrycia. Sprzęt mechaniczny to różnego rodzaju poduszki pneumatyczne, opaski zaciskowe, blachy dospawywane, kołki i kliny metalowe, zaślepki i uszczelki. W zależności od rodzaju uszkodzenia i miejsca może znaleźć zastosowanie jeden lub kilka rodzajów środków. Sprzęt chemiczny w postaci uszczelnień z żywic z opaskami siatkowymi z tworzyw sztucznych może być użyty w miejscach trudno dostępnych lub nie pozwalających na zastosowanie sprzętu mechanicznego. Przykrycia takie jak: plandeki brezentowe, płachty foliowe i pokrycia pianą są stosowane przede wszystkim do zbierania wycieku oraz odcinania ograniczonych powierzchni kałuż przed dostępem ciepła i powietrza. W przypadku wycieku chemikalii ciekłych arsenał środków mechanicznych może być rozszerzony o korki, maty, poduszki i zapory adsorbcyjne. Ochrona nimi polega bądź to na wykładaniu powierzchni podlegającym skażeniom, bądź na zatykaniu przekrojów kanalizacji i niedopuszczaniu do przemieszczania się skażeń na odległość.

Niszczenie i neutralizacja TSP odgrywa niekiedy decydującą rolę w organizowaniu akcji ratunkowej po awarii instalacji produkcyjnych lub zbiorników. Jako urządzenia niszczące stosowane są instalacje przewożne (pochodnie), które służą do kontrolowanego wypalania gazów, bądź to przez bezpośrednie podłączenie do osprzętu zbiorników bądź poprzez rękawy z tworzyw sztucznych i ujmowanie odgazów z kałuż wycieku. Używane neutralizatory muszą być specyficzne, dostosowane do właściwości fizycznych i chemicznych toksycznych środków przemysłowych. W przypadku kwasów i ługów stosuje się ich rozcieńczanie dużymi ilościami wody do parametrów nieszkodliwych. W przypadku trucizn stosuje się niszczenie poprzez stosowanie ciekłych lub stałych środków neutralizujących i adsorbujących zanieczyszczenia. Mogą znaleźć również zastosowanie materiały sorpcyjne naturalne bądź syntetyczne. Środki i sposoby neutralizowania wybranych toksycznych środków przemysłowych przedstawiono w tabeli 25.

Środki i sposoby neutralizacji wybranych TSP

Nazwa TSP	Środki i sposoby neutralizacji
Amoniak	Butle z amoniakiem rozładowuje się (z umiarkowaną szybkością) poprzez uwolnienie gazu do 10-20% wodnego roztworu kwasu siarkowego. Gazowy amoniak absorbuje się dobrze w zimnej wodzie.
Chlor	W zakładach produkujących lub stosujących chlor w specjalnych instalacjach absorbcyjnych. Niewielkie ilości chloru można neutralizować tiosiarczanem sodowym (nasycanie tamponów do ochrony dróg oddechowych, mycie i płukanie przedmiotów)
Cyjanowodór	Polega na przeprowadzeniu grup cyjanowych w połączenia kompleksowe w wyniku reakcji z siarczanem żelazawym w środowisku alkalicznym. W praktyce stosuje się mieszankę składającą się z 20% roztworu siarczanu żelazawego i 10% roztworu wodorotlenku sodowego zmieszanych przed zastosowaniem w stosunku 1:1. Niszczenie cyjanowodoru można też przeprowadzić przez spalanie małymi porcjami na placu spalań.
Disiarczek węgla	W przemyśle przez spalanie. Rozlaną ciecz zasypuje się trocinami i usuwa na plac spalań, gdzie spala się ją małymi porcjami, podpalając z bezpiecznej odległości. Naczynia po disiarczku węgla płucze się alkoholem denaturowym a następnie wodą.
Ditlenek siarki	Do neutralizacji używa się wapna gaszonego lub wodorotlenku sodowego.
Fluorowodór	Ciekły fluorowodór należy neutralizować przez pochłanianie w roztworze wodorotlenku wapniowego. Rozlany fluorowodór posypuje się piaskiem zmieszany z tlenkami wapnia i spłukuje dużą ilością wody
Fosgen	Neutralizuje się go amoniakiem gazowym lub wodą amoniakalną o stężeniu 25% (najlepiej w postaci rozpylonej). Można też używać 30% roztwór wodorotlenku sodu i sody, najlepiej też w postaci rozpylonej (neutralizator ma charakter żrący). Małe ilości fosgenu można absorbować na węglu aktywnym lub w pumeksie i neutralizować wapnem sodowym i urotropiną.
Siarkowodór	Można go neutralizować roztworami silnie alkalicznymi. Dobrym środkiem neutralizacyjnym jest chlorek żelazowy oraz mieszanina siarczanu żelazowego z wapnem.
Tlenek etylenu	W zakładach w specjalnych instalacjach absorbcyjnych. W transporcie tlenek etylenu wydobywający się z uszkodzonych zbiorników można spłukiwać obficie wodą

Uwaga: tabelę opracowano na podstawie danych zawartych w wydawnictwie: M. Miłowski, L. Piwowski, *Toksyczne środki przemysłowe. Charakterystyka i pierwsza pomoc*, MON Sztab OCK, Warszawa 1993.

W likwidacji zagrożeń, w niektórych przypadkach, istotną rolę mogą spełniać stacjonarne lub przenośne kurtyny wodne. Rozwiązanie stacjonarne polega na założeniu stałej instalacji zraszającej wokół zbiornika z gazem niebezpiecznym (amoniak, chlor) lub hydrantów pożarowych, do których są podłączone dysze mgławicowe. Przenośne urządzenia to instalacje ze zbiornikami wody wyposażone w węże strażackie (lub inne) z podłączonymi dyszami rozpylającymi. Kurtyny wodne mogą zatrzymywać tylko te substancje, które charakteryzują się dużą rozpuszczalnością w wodzie. Nie wolno stosować zraszania bezpośrednio na zbiorniki z gazami skroplonymi, gdyż powoduje to wzrost odparowania i ciśnienia gazu.

Pompy zbierające mogą być wykorzystane do odpompowania rozlanych ciekłych TSP do zbiorników zapasowych oraz opróżnienia zbiorników uszkodzonych. W przypadku, gdy ma się do czynienia z materiałami żrącymi potrzebne są pompy zbierające ługo lub kwasoodporne, a w przypadku ciekłych substancji „ropopochodnych” pompy w wykonaniu przeciwwybuchowym, dostosowane do odpompowania substancji toksycznej z kałuż i powierzchni wody.

Zapory mogą być wykorzystywane do zatrzymywania toksycznych środków przemysłowych płynących na powierzchni wód śródlądowych. Mogą przy tym znaleźć zastosowanie zapory:

- sztywne, mechaniczne nadające się na wody płynące;
- elastyczne, służące głównie jako elementy wspomagania na wodach płynących oraz jako główne na wodach stojących i morskich;
- adsorbcyjne, stosowane głównie jako urządzenia wspomagania (doczyszczania) lub jako stałe bariery ochronne dla ujść kanalizacji ze ściekami zaolejonymi.

Wojska obecnie są słabo przygotowane do wykonywania czynności związanych z likwidacją skutków awarii (zniszczenia) obiektów z TSP. Nie posiadają bowiem sprzętu i materiałów, które są niezbędne przy realizacji wymienionych wyżej zadań. W minionych latach wykonano pierwsze kroki w kierunku ich przygotowania do realizacji czynności związanych z ratownictwem chemicznym. Sprowadzają się one do wyposażenia żołnierzy, mających działać w ramach chemicznych i radiacyjnych zespołów awaryjnych (ChiRZA), w odzież ochronną i aparaty tlenowe oraz środki do rozpoznawania skażeń (AIM-2000). Takie wyposażenie stwarza możliwości działania żołnierzy bezpośrednio w rejonie zniszczenia (awarii), niezależnie od rodzaju uwolnionego środka, jego stężenia i wykonywania czynności związanych z rozpoznawaniem rejonu awarii i ratowaniem porażonych. Chodzi teraz o wykonanie kolejnych kroków polegających na wyposażeniu żołnierzy, mających działać w ramach ChiRZA, w sprzęt i materiały stwarzające możliwość realizacji typowych zadań w ramach likwidacji skutków zniszczenia (awarii) zbiorników z TSP. W szczególności chodzi o:

- środki do ograniczania emisji TSP w postaci opasek, korków pneumatycznych, kołków itp.;
- urządzenia techniczne do stawiania zasłon wodnych („kurtyń” i „parasoli” o odpowiednich do wielkości emisji parametrach geometryczno-przestrzennych;
- urządzenia techniczne do wykonywania zasłon z pary wodnej;
- zestawów odpowiednich detergentów do generowania pian o właściwościach sorbujących, izolujących i neutralizujących.

Należy podkreślić, że uregulowania normatywne dotyczące wykorzystania i działania ChiRZA obowiązują jedynie w okresie pokoju. Jeżeli oddziały takie miałyby istnieć również w okresie wojny należy podjąć odpowiednie decyzje o wprowadzeniu do struktury organizacyjnej wojsk obrony przeciwochemicznej pododdziałów ratownictwa chemicznego, wyposażonych w niezbędny sprzęt specjalistyczny.

LITERATURA

1. Auguścik J., *Prognozowanie i ocena sytuacji chemicznej powstałej w wyniku awarii (zniszczenia) obiektów z toksycznymi środkami przemysłowymi*, Myśl Wojskowa nr 1, Warszawa 1982.
2. Broń CB, *Stopień zagrożenia. Problemy zagrożeń*, MON, Warszawa 1971.
3. Chrzanowski R., Szymański D., *Organizacja i działanie terytorialnego systemu wykrywania skażeń z uwzględnieniem zagrożeń czasu pokoju*, Myśl Wojskowa nr 1, Warszawa 1991.
4. Chrzanowski R., Szymański D., *Zagrożenie terytorium kraju toksycznymi środkami przemysłowymi i substancjami promieniotwórczymi*, Myśl Wojskowa nr 5, Warszawa 1992.
5. Franke S., *Lehrbuch der Militarchemie*, Berlin 1977.
6. Frydrych R., *Obrona przed toksycznymi środkami przemysłowymi*, Myśl Wojskowa nr 4, Warszawa 1990.
7. Guz Z., Michailjuk B., *Wybrane zagadnienia obrony przeciwchemicznej dywizji zmechanizowanej w działaniach z zagrożeniem skażeniami przemysłowymi*, materiały z sympozjum naukowego, WSOIW, Wrocław 1991.
8. *Identyfikacja i wycena szkód ekologicznych spowodowanych przez stacjonujące w Polsce wojska Federacji Rosyjskiej*, GIOS, Warszawa 1994.
9. *Instrukcja o postępowaniu w wypadku zagrożeń toksycznymi środkami przemysłowymi*, IOCK, Warszawa 1979.
10. *Instrukcja organizacji i prowadzenia studiów operacyjnych teatru zainteresowania strategicznego (TZS) w siłach zbrojnych RP*, Sztab Gen. WP, Warszawa 1995.
11. Jałoszyński S. K., *Ratownictwo chemiczne*, t. III, Ekos, Gdańsk 1990.
12. Juda J., Chruściel S., *Ochrona powietrza atmosfery*, WNT, Warszawa 1974.
13. Konieczny J., *Bezpieczeństwo publiczne w nagłych i nadzwyczajnych zagrożeniach środowiska*, Wydawnictwo Ponoptikos, Poznań 1995.
14. Koradecka D., *Karty charakterystyk substancji niebezpiecznych*, Centralny Instytut Ochrony Pracy, Warszawa 1993.
15. Kozak Z., Pawłowski L., *Chemiczne zagrożenia środowiska w Polsce*, UMCS, Lublin 1987.
16. Krauze M., Nowak I., *Broń chemiczna*, MON, Warszawa 1985.
17. Lancer G. S., *The ecology of war*, Nowy Jork 1994.
18. Lewandowski W., Bądek A., *Ocena zagrożenia skażeniami przemysłowymi i promieniotwórczymi na Północnym Kierunku Strategicznym*, Myśl Wojskowa nr 2, Warszawa 1988.
19. Ludwiczak J., Wilczkowiak St., *Nadzwyczajne zagrożenia środowiska. Zadania administracji rządowej i samorządowej w zakresie profilaktyki ratownictwa i likwidacji ich skutków*, AON, MOSZiL, Warszawa 1994.
20. Maciejowski M., *Leksykon ochrony środowiska*, Baltic Foundation, Gdańsk 1995.

21. Makles Z., Wertejuk Z., *Katastrofy chemiczne*, Warszawa 1993.
22. Markowski A.S., *Identyfikacja i ocena zagrożeń chemicznych*, materiały z seminarium, COPRO, Łódź 1993.
23. Marshall V.C., *Major Chemical Hazards*, Chichester 1987.
24. *Metodyka oceny sytuacji chemicznej po skażeniach toksycznymi środkami przemysłowymi*, MON, Warszawa 1993.
25. *Metodyka oceny sytuacji chemicznej w obronie cywilnej*, MON, Warszawa 1984.
26. Meyer J., *Der Gaskampf und die chemischen Kampfstoffe*, Lipsk 1925.
27. Michailiuk B., *Ochrona związku taktycznego prowadzącego działania zaczepne na obszarze krakowskiego okręgu wojskowego przed toksycznymi środkami przemysłowymi*, rozprawa doktorska, AON, Warszawa 1998.
28. Nowak I., Solarz J., *Wpływ skażeń toksycznymi środkami przemysłowymi na działania wojsk na obszarze RP*, studium operacyjne pk „PRZEMYSŁ”, Warszawa 1997.
29. Nowak I., Łabędzki J., *Degradacja i dewastacja środowiska naturalnego jako skutek działań zbrojnych*, praca naukowo-badawcza, AON, Warszawa 1995.
30. Nowak I., *O ochronie wojsk przed toksycznymi środkami przemysłowymi*, Myśl Wojskowa nr 5, Warszawa 1993.
31. Nowak I., *O zagrożeniu wojsk toksycznymi środkami przemysłowymi*, Myśl Wojskowa nr 4, Warszawa 1993.
32. *Ocena rozwiązań prawnych i organizacyjno-technicznych w zakresie transportu materiałów niebezpiecznych*, Ministerstwo Transportu i Gospodarki Morskiej, Warszawa 1995.
33. *Ochrona wojsk przed toksycznymi środkami przemysłowymi oraz skażeniami radioaktywnymi*, Biuletyn Informacyjny nr 1 (156), Sztab Generalny WP, Warszawa 1989.
34. Pietrzyk M., *Zagrożenie toksycznymi środkami przemysłowymi obszaru Rzeczypospolitej Polskiej*, referat, praca dyplomowa, AON, Warszawa 1992.
35. Piwowarski L., Miłowski M., *System ochrony ludności przed zagrożeniami spowodowanymi awariami obiektów technicznych i siłami przyrody*, Myśl Wojskowa nr 3, Warszawa 1992.
36. Prentiss A.M., *Chemicals in war*, Nowy Jork 1937.
37. Rothschild J.R., *Tomorrows weapons, chemical and biological*, Nowy Jork, Toronto, Londyn 1964.
38. *Rozpoznanie skażeń powstałych w wyniku uderzeń BMR oraz zniszczenia (awarii) zakładów energetyki jądrowej i zakładów przemysłowych*, materiały z konferencji naukowo-metodycznej, SWOPChem, Kraków 1989.
39. Stöhr R., *Chemische Kampfstoffe und schutz vor chemischen kampfstoffen*, Berlin 1977.
40. Szymański D., *Zagrożenie obszaru RP skażeniami promieniotwórczymi i chemicznymi w wyniku awarii obiektów energetyki jądrowej i zakładów chemicznych*, materiały z kursu doskonalenia wykładowców szkolenia przeciwchemicznego WSO i OS, WSOIW, Wrocław 1992.

41. Śladkowski St., *Skażenia przemysłowe, warunki ich powstania oraz wpływ na działania bojowe na przykładzie obszaru Północnonadmorskiego i Berlińsko-Ruhrskiego kierunków operacyjnych*, rozprawa habilitacyjna, ASG WP, Warszawa 1989.
42. Śladkowski St., *Promieniotwórcze i toksyczne środki przemysłowe oraz ich wpływ na działania wojsk*, Myśl Wojskowa nr 9-10, Warszawa 1990.
43. Śladkowski St., *Toksyczne środki i zagrożenia przemysłowe*, AON, Warszawa 1994.
44. Śladkowski St., *Toksyczne środki przemysłowe (zagrożenie, metody oceny, ochrona)*, materiał do studiowania, AON, Warszawa 1993.
45. Śladkowski St., *Wojna a degradacja środowiska przyrodniczego*, Myśl Wojskowa nr 1, Warszawa 1994.
46. *Toksyczne środki przemysłowe, charakterystyka i pierwsza pomoc*, MON Sztab OCK, Warszawa 1993.
47. Tycner J., *Broń chemiczna wczoraj i dziś*, Przegląd Obrony Cywilnej nr 3, Warszawa 1980.
48. *Udział wojska w państwowym monitoringu środowiska*, cz. II, Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska, Warszawa 1995.
49. Ustawa z dnia 21 maja 1963 r. o substancjach trujących, Dziennik Ustaw nr 22 poz. 116 z 21 maja 1963.
50. Wajda S., Żurek J., *Konwencja w sprawie zapobiegania dużym awariom przemysłowym*, Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa 1996.
51. Wajda S., Żurek J., *Nadzwyczajne zagrożenia środowiska*, Dyrektywy EWG, zeszyt 1, Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa 1995.
52. Wajda S., Żurek J., *Zapobieganie nadzwyczajnym zagrożeniom środowiska*, konwencje międzynarodowe i uchwały organizacji międzynarodowych, Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa 1995.
53. *Wpływ skażeń przemysłowych środowiska oraz warunków meteorologicznych na działania wojsk OPK*, Dowództwo Wojsk OPK, Warszawa 1986.
54. *Zagrożenie Krakowskiego Okręgu Wojskowego toksycznymi środkami przemysłowymi*, materiał niepublikowany, KOW, Kraków 1995.
55. Zakrzewski S., *Podstawy toksykologii środowiska*, PWN, Warszawa 1995.
56. *Zarys toksykologii wojskowej*, podręcznik, MON, Warszawa 1988.
57. Zbiorowe, *Elementy systemu zabezpieczenia obrony przeciwochemicznej na obszarze SOW*, praca studyjna, Wrocław 1989.
58. Zbiorowe, *Niebezpieczne materiały chemiczne - charakterystyka, zagrożenie, ratownictwo*, Biuro Wydawnicze „Chemia”, Warszawa 1988.
59. *Zestawienie zakładów przemysłowych przechowujących toksyczne środki przemysłowe na terytorium KOW*, Kraków 1995.
60. *Zestawienie zakładów przemysłowych przechowujących toksyczne środki przemysłowe na terytorium POW*, Bydgoszcz 1995.

WYKAZ RYSUNKÓW

1. Związki i zależności między toksycznymi środkami przemysłowymi, skażeniami przemysłowymi i materiałami niebezpiecznymi.....
2. Zagrożenie ze strony TSP stwarzających bezpośrednie zagrożenie dla wojsk w poszczególnych województwach
3. Zagrożenie ze strony substancji niebezpiecznych w poszczególnych województwach
4. Trasy kolejowe, po których transportuje się toksyczne środki przemysłowe
5. Trasy przewozu głównych TSP po drogach kołowych
6. Podział obiektów z poszczególnymi toksycznymi środkami przemysłowymi stwarzającymi bezpośrednie zagrożenie dla wojsk.....
7. Podział obiektów z amoniakiem.....
8. Podział obiektów z chlorem
9. Podział obiektów z ditlenkiem siarki
10. Zakłady pracy z toksycznymi środkami przemysłowymi w ilościach ponadprogowych
11. Prognozowane strefy skażeń po awarii zbiornika z TSP

WYKAZ TABEL

1. Indeks nazw substancji niebezpiecznych wraz z ich numerami ONZ (UN) według numerów rejestracyjnych
2. Wykaz materiałów szczególnie niebezpiecznych.....
3. Podział materiałów niebezpiecznych według przepisów transportowych
4. Klasyfikacja wybranych materiałów niebezpiecznych według OECD.....
5. Własności fizykochemiczne wybranych toksycznych środków przemysłowych
6. Ocena zagrożenia wybuchowego i pożarowego wybranych TSP
7. Orientacyjne sposoby działania i objawy zatrucia
8. Dane o rodzajach i wielkościach stężeń toksycznych środków przemysłowych
9. Zastosowanie wybranych toksycznych środków przemysłowych w przemyśle
10. Zagrożenie wojsk toksycznymi środkami przemysłowymi stwarzającymi bezpośrednie zagrożenie w poszczególnych województwach
11. Zagrożenie wojsk i ludności cywilnej substancjami niebezpiecznymi w poszczególnych województwach
12. Liczba obiektów z toksycznymi środkami przemysłowymi stwarzającymi bezpośrednie zagrożenie dla wojsk
13. Zakłady pracy mające możliwości gromadzenia toksycznych środków przemysłowych, stwarzających bezpośrednie zagrożenie dla wojsk, w ilościach ponadprogowych
14. Zasięgi rozprzestrzeniania się obłoku pierwotnego wybranych TŚP (w km)
15. Zasięgi rozprzestrzeniania się obłoku wtórnego wybranych TŚP (w km)
16. Czas parowania TSP z powierzchni rozlania przy prędkości wiatru na wysokości 2 m równej 1m/s
17. Przybliżone wartości zasięgu skażeń terenu podczas wycieku dioksyny
18. Podział zasięgu strefy rozprzestrzeniania się TSP, w zależności od występujących stopni porażenia ludzi przebywających bez środków ochrony
19. Masa środków toksycznych (w tysiącach ton) użyta w czasie pierwszej wojny światowej
20. Straty wojsk powstałe w wyniku użycia środków trujących w toku pierwszej wojny światowej
21. Charakterystyki wybranych katastrof i awarii z uwolnieniem TSP
22. Możliwości detekcji TSP przez przyrządy rozpoznania skażeń WP
23. Właściwości ochronne filtropochłaniaczy masek przeciwgazowych
24. Ocena możliwości zatrzymywania niektórych toksycznych środków przemysłowych przez krajowe pochłaniacze przemysłowe
25. Środki i sposoby neutralizacji wybranych TSP

ZESTAWIENIE DANYCH O TOKSYCZNYCH ŚRODKACH PRZEMYSŁOWYCH, STWARZAJĄCYCH BEZPOŚREDNIE ZAGROŻENIE DLA WOJSK
NA OBSZARZE POSZCZEGÓLNYCH WOJEWÓDZTW

Lp.	Nazwa województwa	Liczba TSP/miejsce w rankingu województw	Liczba jednostek gospodarczych z TSP / ranking	Liczba miejscowości z zakładami TSP	Masa zgromadzonych TSP (w tonach) / ranking	Średnia pozycja w rankingu województw (średnia pozycja z rubryk 3-6)	Nazwy miejscowości, w których znajdują się TSP
1	Bielsko-podlaskie	0/49	0/49	0/49	0/49	49	-
2	Białostockie	15/15	15/15	10/10	108/32	15	Białystok, Bielsk Podlaski, Dąbrowa Białostocka, Jurówce, Hajnówka, Lapy, Pietrzysze, Siemiatycze, Sokółka, Wasilków
3	Bielskie	40/1	35/2	17/3	452/11	3	Bielsko-Biała, Andrychów, Białka k/Makowa, Bystra gm. Wilkowice, Chybie, Cieszyń, Golezów – Bazanowice, Istebna - Kubalonka, Kety, Kobiernice, Oświęcim, Ustroń, Strumień, Sucha Beskidzka, Tomice, Wadowice, Żywiec
4	Bydgoskie	39/2	36/1	18/2	1209/7	1	Bydgoszcz, Świecie, Chojnice, Dąbrowa Chełmińska, Gniewkowo, Inowrocław, Janikowo, Kruszwica, Nakło, Sępólno Krajeńskie, Trzeciewnica, Strzelno, Bonisław (gm. Strzelno), Trzemeszno, Tuchola, Zalesie, Żnin, Brusy
5	Chełmskie	9/29	9/26	3/40	23/46	40	Chełm, Krasnystaw, Włodawa,
6	Ciechanowskie	14/16	14/16	9/12	85/38	20	Ciechanów, Działdowo, Lubowidz, Mława, Nasielsk, Płońsk, Pokrzywnica, Raciąż, Żuromin
7	Częstochowskie	14/17	14/17	9/11	103/33	17	Częstochowa, Koniecpol, Lubliniec, Myszków, Krzepice, Pajęczno, Kłobuck, Szekociny, Olbrachcice
8	Elbląskie	9/30	8/30	5/30	339/14	28	Elbląg, Braniewo, Kwidzyn, Pasłęk, Pieńkowo
9	Gdańskie	23/8	21/8	8/14	334/15	8	Gdańsk, Starogard, Władysławowo, Kościerzyna, Kartuzy, Tczew, Hel, Gdynia
10	Gorzowskie	9/28	8/29	4/32	376/13	25	Gorzów, Kostrzyn, Międzychód, Rzepin
11	Jeleniogórskie	1/48	1/48	1/48	24/45	48	Bolesławiec

Lp.	Nazwa województwa	Liczba TSP/miejsce w rankingu województw	Liczba jednostek gospodarczych z TSP / ranking	Liczba miejscowości z zakładami TSP	Masa zgromadzonych TSP (w tonach) / ranking	Średnia pozycja w rankingu województw (średnia pozycja z rubryk 3-6)	Nazwy miejscowości, w których znajdują się TSP
12	Kaliskie	19/11	19/10	8/15	138/27	12	Kalisz, Krotoszyn, Ostrów Wielkopolski, Ostrzeszów, Kępno, Jarocin, Koźmin, Dobrzyce
13	Katowickie	36/3	33/3	23/1	824/8	2	Katowice, Bieruń, Będzin, Bobrowniki, Bytom, Chorzów, Chrzanów, Czechowice Dziedzice, Dąbrowa Górnicza, Gliwice, Goczałkowice, Jaworzno, Knurów, Leszczyn, Pyskowitz, Rybnik, Sosnowiec, Tamowskie Góry, Trzebinia, Tylichy, Zawiercie, Zbrostawice, Toszek
14	Kielecki	4/43	4/44	3/43	161/25	43	Kielce, Pińczów, Starachowice
15	Konińskie	9/31	8/31	4/36	67/40	36	Konin, Kolo, Turek, Staw
16	Koszalińskie	6/37	6/36	4/35	88/36	41	Koszalin, Kołobrzeg, Darłowo, Połczyn Zdrój
17	Krakowskie	14/18	12/20	4/34	175/22	23	Kraków, Skawina, Myślenice, Proszowice
18	Krośnińskie	16/14	16/14	4/33	60/41	27	Krosno, Jasło, Korczyn, Sanok
19	Legnickie	14/19	13/19	6/20	136/29	22	Legnica, Lubin, Żukowice, Trzebach (k/Polkowice), Złotoryja, Prochowice,
20	Leszczyńskie	6/38	6/37	5/31	89/34	38	Kościan, Rydzyna, Wschowa, Góra, Niechlów
21	Lubelskie	26/4	24/6	11/6	4433/3	4	Lublin, Puławy, Kurów, Lubartów, Milejów, Ryki, Opole Lubelskie, Poniatowa, Kraśnik, Bełżyce, Osmolice
22	Łomżyńskie	12/22	11/23	10/7	260/18	14	Łomża, Chojny Stare, Czyżew, Grajewo, Jezioro (k/Łomży), Kolno, Piatnica, Sołki, Wysokie Mazowieckie, Zambrów
23	Łódzkie	23/9	18/12	5/29	1240/6	11	Łódź, Pabianice, Głowno, Rzgów, Andrzejów, drespol,
24	Nowosądeckie	23/7	22/7	12/5	182/21	7	Nowy Sącz, Stary Sącz, Nowy Targ, Krynica, Rabka, Gorlice, Grybów, Jodłownik, Limanowa, Szczawnica, Zakopane, Muszyna,
25	Olsztyńskie	12/23	12/21	6/21	251/19	21	Olsztyn, Hawa, Karaś (gm. Hława), Mrągowo, Olsztyn, Ostróda

Lp.	Nazwa województwa	Liczba TSP/miejsce w rankingu województw	Liczba jednostek gospodarczych z TSP / ranking	Liczba miejscowości z zakładami TSP	Masa zgromadzonych TSP (w tonach) / ranking	Średnia pozycja w rankingu województw (średnia pozycja z rubryk 3-6)	Nazwy miejscowości, w których znajdują się TSP
26	Opolskie	5/40	5/41	3/41	142/26	42	Opole, Brzeg, Kędzierzyn Koźle,
27	Ostrołęckie	9/32	9/28	5/28	46/42	34	Ostrołęka, Ostrow Mazowiecka, Przysysz, Tuszcz, Wyszaków
28	Piłskie	7/35	7/34	6/22	33/44	35	Piła, Jastrowie, Złotów, Rogoźno, Chodzież, Smilowo
29	Piotrkowskie	11/24	9/27	6/19	126/30	24	Bronisławów, Gorkowice, Radomsko, Rozprza, Rzeczyca, Tomaszów Mazowiecki,
30	Płockie	10/26	6/38	3/42	3416/4	29	Płock, Sierpc, Kutno
31	Poznańskie	19/12	19/9	10/8	163/24	10	Poznań, Koziegłowy, Gniezno, Bochlewo, Luboń, Oborniki Wlkp, Środa Wlkp, Grodzisk Wlkp, Kazimierz, Nowy Tomysł
32	Przemyskie	10/27	10/24	5/27	45/43	31	Przemysł, Jarosław, Lubaczów, Przemyśl, Radymno,
33	Radomskie	7/36	7/35	7/18	112/31	30	Radom, Kozienice, Lipsko, Przysucha, Skaryszew, Sieciechów, Warka
34	Rzeszowskie	13/21	11/22	5/25	442/12	19	Rzeszów, Nowa Szarzyna, Mielec, Leżajsk, Łańcut
35	Siedleckie	14/20	14/18	10/9	138/28	16	Siedlce, Adamów, Garwolin, Łuków, Mińsk Mazowiecki, Radwanków, Sokółów Podlaski, Stoczek Łukowski, Węgrów, Żelków
36	Sieradzkie	4/44	4/43	3/39	5/48	46	Sieradz, Chociw (k/Widawy), Wieluń
37	Skiernewickie	4/45	4/42	4/38	76/39	45	Skiernewice, Elżbietów, Łowicz, Rawa Mazowiecka
38	Ślupskie	2/47	2/47	2/44	20/47	47	Ustka, Ślupsk
39	Suwańskie	25/6	25/5	14/4	170/23	6	Augustów, Suwałki, Elk, Filipów, Gizycko, Gołdap, Olecko, Orzysz, Pisz, Prostki, Sejny, Wiartel, Węgorzewo, Zalesie
40	Szczecińskie	21/10	19/11	6/23	14298/2	9	Szczecin, Police, Swinoujście, Nowogard, Łobez, Zelewo
41	Tarnobrzeskie	9/33	7/33	7/16	216/20	26	Dwikozy, Gorzyce, Machów, Nisko, Stalowa Wola, Staszów, Janów Lubelski
42	Tarnowskie	5/41	3/45	2/45	727/9	39	Tarnów, Dębica,

Lp.	Nazwa województwa	Liczba TSP/miejsce w rankingu województw	Liczba jednostek gospodarczych z TSP / ranking	Liczba miejscowości z zakładami TSP	Masa zgromadzonych TSP (w tonach) / ranking	Średnia pozycja w rankingu województw (średnia pozycja z rubryk 3-6)	Nazwy miejscowości, w których znajdują się TSP
43	Toruńskie	16/13	16/13	5/26	292/17	13	Toruń, Lubicz, Grudziądz, Brodnica, Miesiączkowo
44	Wałbrzyskie	10/25	9/25	8/13	304/16	18	Wałbrzych, Żarów, Przemno, Boguszów, Świebodzice, Redków, Ziębice, Pastuchów
45	Warszawskie	26/5	26/4	7/17	696/10	5	Warszawa, Góra Kalwaria, Grodzisk Mazowiecki, Karczew, Piaseczno, Tarczyn, Wieliszew
46	Włocławskie	4/46	3/46	2/46	19082/1	37	Włocławek, Lipno
47	Wrocławskie	6/39	5/39	2/47	1750/5	33	Wrocław, Brzeg Dolny
48	Zamojskie	8/34	8/32	6/24	89/35	32	Zamość, Bodaczów, Hrubieszów, Laszczów, Szczepieszyń, Tomaszów Lubelski,
49	Zielonogórskie	5/42	5/40	4/37	85/37	44	Zielona Góra, Przylep, Świebodzin, Zawada
50	OGÓŁEM	643	598	321	53630		

ZESTAWIENIE DANYCH O SUBSTANCJACH NIEBEZPIECZNYCH NA OBSZARZE POSZCZEGÓLNYCH WOJEWÓDZTW

Lp.	Nazwa województwa	Liczba SN / miejsce w rankingu województw	Liczba jednostek gospodarczych z SN / ranking	Liczba miejscowości z zakładami z SN	Masa zgromadzonych SN (w tonach) / ranking	Średnia pozycja w rankingu województw (średnia pozycja z rubryk 3-6)	Nazwy miejscowości, w których znajdują się SN
1	Bielsko-podlaskie	0/49	0/49	0/49	0/49	49	-
2	Białostockie	28/22	19/18	10/11	252/36	21	Białystok, Bielsk Podlaski, Dąbrowa Białostocka, Jurówce, Hajnówka, Łapy, Pietrasze, Siemiatycze, Sokółka, Wasilków
3	Bielskie	127/1	57/1	18/3	14357/9	1	Bielsko - Biała, Andrychów, Bialka k/Makowa, Bystra gm. Wilkowice, Chelmek, Chybie, Cieszyn, Goleiszów – Bazanowice, Istebna – Kubalonka, Kęty, Kobiernice,, Oświęcim, Ustroń, Strumień, Sucha Beskidzka, Tomice, Wadowice, Żywiec
4	Bydgoskie	66/7	46/3	23/2	8407/13	5	Bydgoszcz, Świecie, Chojnice, Dąbrowa Chełmińska, Dolna Grupa, Gniewkowo, Inowrocław, Janikowo, Zamarte, Kowalewo (gm. Szubin), Kruszwica, Nakło, Sepólno Krajeńskie, Trzeciewnica, Solec Kujawski, Strzelno, Bonisław (gm. Strzelno), Trzemeszno, Tuchola, Tuczo, Zalesie, Żnin, Brusy
5	Chełmskie	29/20	16/22	5/38	150/39	31	Chełm, Krasnystaw, Rejowiec, Włodawa, Siennica Nadolna
6	Ciechanowskie	26/25	21/16	10/12	1314/24	19	Ciechanów, Działdowo, Lubowidz, Miawa, Nasielsk, Płońsk, Pokrzywnica, Raciąż, Sońsk (Ostaszewo), Żuromin
7	Częstochowskie	32/17	21/15	12/9	985/26	14	Częstochowa, Koniecpol, Lubliniec, Myszków, Rudniki, Nowa Brzeźnica, Krzepice, Pajęczno, Kłobuck, Szczekociny, Olbrachcice, Wrzosowa
8	Elbląskie	10/39	9/34	6/28	399/34	37	Elbląg, Braniewo, Kwidzyn, Malbork, Pasłęk, Pieniężno

Lp.	Nazwa województwa	Liczba SN / miejsce w rankingu województw	Liczba jednostek gospodarczych z SN / ranking	Liczba miejscowości z zakładami z SN	Masa zgromadzonych SN (w tonach) / ranking	Średnia pozycja w rankingu województw (średnia pozycja z rubryk 3-6)	Nazwy miejscowości, w których znajdują się SN
9	Gdańskie	38/14	26/10	8/20	41229/3	9	Gdańsk, Starogard, Władysławowo, Kościerzyna, Kartuzy, Tczew, Hel, Gdynia
10	Gorzowskie	35/15	15/25	8/21	955/27	20	Gorzów, Barlinek, Kostrzyn, Międzybóże, Strzelce Krajeńskie, Rzepin, Recz, Stare Kurowo
11	Jeleniogórskie	6/43	3/47	3/45	4409/17	41	Jelenia Góra, Bolesławiec, Ubocze
12	Kaliskie	19/32	19/19	8/22	138/41	29	Kalisz, Krotoszyn, Ostrów Wielkopolski, Ostrzeszów, Kępno, Jarocin, Koźmin, Dobrzyce
13	Katowickie	67/6	50/2	29/1	22252/6	2	Katowice, Bieruń, Będzin, Bobrowniki, Bukowno, Bytom, Chorzów, Chrzanów, Czechowice Dziedzice, Dąbrowa Górnicza, Gliwice, Goczałkowice, Jaworzno, Knurów, Krupski Młyn, Leszczyn, Łaziska Górne, Pyskowice, Ruda Śląska, Rybnik, Siemianowice, Sosnowiec, Tarnowskie Góry, Trzebinia, Tychy, Wodzisław Śląski, Zawiercie, Zbroslawice, Toszek
14	Kielecki	7/42	6/41	5/37	4241/18	39	Kielce, Bliżyn, Dobrów-Tuczeby, Pińczów, Starachowice
15	Konińskie	10/38	9/35	4/39	69/46	43	Konin, Koło, Turek, Staw
16	Koszalińskie	9/40	7/40	5/36	211/37	42	Koszalin, Kołobrzeg, Darłowo, Szczecinek, Połczyn Zdrój
17	Krakowskie	69/5	23/14	4/40	9615/11	16	Kraków, Skawina, Mysłenice, Proszowice
18	Krośnieńskie	57/10	27/8	7/27	2080/23	15	Krosno, Jasło, Jędrzejów, Korczyn, Libusza, Rymaków, Sanok
19	Legnickie	60/9	26/9	12/8	71097/2	6	Legnica, Lubin, Głogów, Żukowice, Trzebnica (k/Polkowice), Jawor, Złotoryja, Chojnów, Chocianów, Prochowice, Scinawa, Kawice
20	Leszczyńskie	8/41	7/39	5/35	98/44	44	Kościan, Rydzyna, Wschowa, Góra, Niechłów

Lp.	Nazwa województwa	Liczba SN / miejsc w rankingu województw	Liczba jednostek gospodarczych z SN / ranking	Liczba miejscowości z zakładami z SN	Masa zgromadzonych SN (w tonach) / ranking	Srednia pozycja w rankingu województw (średnia pozycja z rubryk 3-6)	Nazwy miejscowości, w których znajdują się SN
21	Lubelskie	97/4	41/4	15/4	9275/12	4	Lublin, Puławy, Garbów, Drzewce (gm. Nałęczów), Kurów, Lubartów, Świdnik, Milejów, Ryki, Opole Lubelskie, Poniatowa, Zagłoba, Kraśnik, Bełżycze, Osmolice
22	Łomżyńskie	42/12	15/23	10/13	4904/15	12	Łomża, Chojny Stare, Czyżew, Grajewo, Jezioro (k/Łomży), Kolno, Piatnica, Sochoły, Wysokie Mazowieckie, Zambrów
23	Łódzkie	106/3	34/6	9/19	4611/16	8	Łódź, Pabianice, Aleksandrów, Konstantynów Łódzki, Ozorków, Głowno, Rzgów, Andrespol, Zgierz
24	Nowosądeckie	39/13	24/13	13/7	420/33	13	Nowy Sącz, Stary Sącz, Nowy Targ, Krywnica, Rabka, Gorlice, Grybów, Jodłownik, Jordanów, Limanowa, Szczawnica, Zakopane, Muszyna
25	Olsztyńskie	24/30	15/24	7/25	2864/21	24	Olsztyn, Gutkowo, Iława, Karaś (gm. Iława), Mragowo, Olsztynek, Ostróda
26	Opolskie	62/8	13/28	9/17	21860/7	10	Opole, Brzeg, Krapkowice, Kędzierzyn Koźle, Zawadzkie, Zdzieszowice, Ozimek, Grodków, Pródnik
27	Ostrołęckie	25/26	11/32	5/34	424/32	34	Ostrołęka, Ostrow Mazowiecka, Przasnysz, Tuszcz, Wyszaków
28	Piłskie	20/31	8/37	6/29	193/38	36	Piła, Jastrowie, Złotów, Rogoźno, Chodzież, Smiłowo
29	Piotrkowskie	29/18	17/20	10/10	804/28	18	Piotrków Trybunalski, Bronisławów, Goszkowice, Kleszczów, Radomsko, Rozprza, Rzeczyca, Tomaszów Mazowiecki, Wola Krzysztoporska, Niewiadów
30	Płockie	15/36	7/38	3/43	3502/19	38	Płock, Sierpc, Kutno
31	Poznańskie	108/2	36/5	13/6	9715/10	3	Poznań, Koźmiegłowy, Gnieszno, Bochlewo, Luboń, Oborniki Wlkp, Szamotuły, Środa Wlkp, Śrem, Grodzisk Wlkp, Września, Kazimierz, Nowy Tomyśl
32	Przemyskie	29/21	16/21	6/30	139/40	26	Przemysł, Jarosław, Lubaczów, Przemyśl, Radymno, Trynca

Lp.	Nazwa województwa	Liczba SN / miejsce w rankingu województw	Liczba jednostek gospodarczych z SN / ranking	Liczba miejscowości z zakładami z SN	Masa zgromadzonych SN (w tonach) / ranking	Średnia pozycja w rankingu województw (średnia pozycja z rubryk 3-6)	Nazwy miejscowości, w których znajdują się SN
33	Radomskie	24/29	14/27	8/23	1097/25	27	Radom, Kozienice, Lipsko, Pionki, Przy-sucha, Skaryszew, Sieciechów, Warka
34	Rzeszowskie	15/35	12/31	5/33	449/31	35	Rzeszów, Nowa Szarzyna, Mielec, Le-żajsk, Łańcut
35	Siedleckie	14/37	14/26	10/14	138/42	32	Siedlce, Adamów, Garwolin, Łuków, Mińsk Mazowiecki, Radwanków, Soko-łów Podlaski, Stoczek Łukowski, Wę-grow, Żelków
36	Sieradzkie	4/47	4/45	3/44	5/48	47	Sieradz, Chociw (k/Widawy), Wieluń
37	Skiernewickie	5/46	5/43	5/32	116/43	45	Skiernewice, Elżbietów, Łowicz, Łysz-kowice, Rawa Mazowiecka
38	Ślupskie	2/48	2/48	2/46	20/47	48	Ustka, Ślupsk
39	Suwalskie	29/19	28/7	14/5	650/30	11	Augustów, Suwałki, Elk, Filipów, Giżyc-ko, Gołdap, Olecko, Orzysz, Pisz, Prostki, Sejny, Wiartel, Węgorzewo, Zalesie
40	Szczecińskie	28/23	20/17	6/31	39218/4	17	Szczecin, Police, Świnoujście, Nowogard, Łobez, Zelewo
41	Tarnobrzeskie	25/27	11/33	10/15	2346/22	23	Dwikozy, Gorzyce, Nisko, Stalowa Wola, Machów, Jezioro, Grebów – Oleandry, Nowa Dęba, Staszów, Janów Lubelski
42	Tarnowskie	16/33	8/36	4/41	5375/14	33	Tarnów, Bochnia, Dębica, Pustków
43	Toruńskie	43/11	26/11	9/18	78446/1	7	Toruń, Lubicz, Grudziądz, Brodnica, Za-mek Bierzblowski, Chełmża, Wąbrzeźno, Unisław, Miesiączkowo
44	Wałbrzyskie	24/28	13/29	8/24	2938/20	25	Wałbrzych, Żarów, Przemno, Boguszów, Świebodzice, Rądków, Ziębice, Pastuchów
45	Warszawskie	26/24	26/12	7/26	696/29	22	Warszawa, Góra Kalwaria, Grodzisk Ma-zowiecki, Karczew, Piaseczno, Tarczyn, Wieliszew
46	Włocławskie	6/44	4/46	2/47	23662/5	40	Włocławek, Lipno
47	Wrocławskie	34/16	6/42	2/48	14474/8	28	Wrocław, Brzeg Dolny

Lp.	Nazwa województwa	Liczba SN / miejsce w rankingu województw	Liczba jednostek gospodarczych z SN / ranking	Liczba miejscowości z zakładami z SN	Masa zgromadzonych SN (w tonach) / ranking	Średnia pozycja w rankingu województw (średnia pozycja z rubryk 3-6)	Nazwy miejscowości, w których znajdują się SN
48	Zamojskie	16/34	13/30	10/16	256/35	30	Zamość, Bodaczów, Hrubieszów, Laszczów, Nieleśdew, Szczebrzeszyn, Strzyżów, Tomaszów Lubelski, Werbkowice, Woźuczyn
49	Zielonogórskie	5/45	5/44	4/42	85/45	46	Zielona Góra, Przylep, Świebodzin, Zawada
50	OGÓŁEM	1615	855	397	410940		

