

## **PROBLEMATYKA WYZNACZANIA STREF OCHRONNYCH WOKÓŁ MAGAZYNÓW ORAZ SKŁADÓW MATERIAŁÓW I PRZEDMIOTÓW WYBUCHOWYCH**

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono wnioski z analizy obowiązujących państwowych i resortowych dokumentów normatywnych, dotyczących ustalania stref ochronnych. Poddano analizie treść ustaw, rozporządzeń właściwych ministrów, wytycznych Szefa Inspektoratu Wsparcia SZ w sprawie przechowywania środków bojowych w resorcie obrony narodowej, a także dokumentów standaryzacyjnych NATO. Szczegółowo zostały omówione zagadnienia, dotyczące metodologii określania stref ochronnych w odniesieniu do wszystkich możliwych zagrożeń powstających podczas wybuchu amunicji i materiałów wybuchowych, tj.: podmuchu nadciśnienia fali uderzeniowej, rozrzutu odłamków, drgań parasejsmicznych, promieniowania cieplnego, ognia, radioaktywności. Zainteresowanie autora artykułu tym tematem podyktowane jest działalnością zawodową Pracowni Inżynierii Bezpieczeństwa, wchodzącej w skład struktury organizacyjnej Zakładu Badań Środków Bojowych WITU oraz troską o zapewnienie bezpieczeństwa przechowywania środków bojowych w Siłach Zbrojnych, a także w zakładach gospodarki narodowej.

Słowa kluczowe: strefa ochronna terenu zamkniętego, strefa zagrożenia wybuchem materiału wybuchowego, fala uderzeniowa, drgania gruntu, rozrzut odłamków.

## **THE PROBLEMS OF PROTECTIVE ZONES FOR MILITARY AMMUNITION AND EXPLOSIVES STORAGE**

**Abstarct:** The article shows conclusions from the analysis of applicable state documents and ministerial normative papers concerning the establishment of protective zones. Content of laws, regulations of relevant ministers, guidelines of Chief of the Inspectorate for Armed Forces Support and NATO standardization documents on storage of munitions were analyzed. Methods of determining protection zones for all possible dangers during explosion of ammunition and explosive materials such, as blast, ground shock, flame, high velocity projections, thermal radiation, and radioactivity were discussed in detail. Interest of the authors in this subject is dictated by professional activities in the Safety Engineering Laboratory in the Department of Munitions at MIAT as well as concern for the safety of munitions storage in the armed forces and national facilities.

Keywords: the safety zone area closed, the zone explosion of military ammunition and explosives, blast, ground shock, high velocity projections.

### **1. Wstęp**

Pojęcie stref ochronnych obecne jest w wielu aktach prawnych, choć nie ma żadnego, który koncentrowałby się na takich strefach. W zasadzie nie ma definicji, która wyczerpująco przedstawiałaby, czym w ogóle jest strefa ochronna, z wyjątkiem definicji strefy ochronnej uzdrowiska. Strefa ochronna może zostać ustanowiona wokół bardzo różnych obiektów i

obszarów, o ile możliwość ustanowienia takiej strefy została przewidziana w jakichkolwiek dokumentach normatywnych. Strefy te służą ograniczeniu form i sposobów korzystania z obszarów przyległych do jakiegoś ważnego obiektu lub obszaru z takiego powodu, że jest to konieczne lub potrzebne dla prawidłowego funkcjonowania tego obiektu. Powstanie części stref ochronnych związane jest z ochroną środowiska lub ochroną przyrody, Niektóre strefy związane są z uciążliwymi obiektami takimi, jak lotniska. Niektóre związane są z wojskowymi „terenami zamkniętymi”, które same w sobie także są różnorodne, bo służą różnym celom i towarzyszą obiektom o różnych funkcjach. Różnorodność stref odpowiada różnorodności przepisów, które je wprowadzają, a przy tym nie widać tendencji do unifikacji tych przepisów, ani do poddania stref ochronnych jednolitym standardom.

Tylko część stref ochronnych znajduje odzwierciedlenie w studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gmin, w planach miejscowych lub w planach zagospodarowania przestrzennego województw.

W artykule omówiona została problematyka wyznaczania stref ochronnych miejsc składowania środków bojowych (składow ŚB) o istniejącej infrastrukturze. Magazyny i inne obiekty budowlane wewnątrz składow ŚB, jak i obiekty użyteczności publicznej poza składem mają swoją określoną konstrukcję i ustalone usytuowanie. Odpowiednie przepisy i normy dopuszczają konkretne wartości parametrów zjawisk powstających podczas wybuchu ŚB, które ich ewentualne wystąpienie nie spowoduje szkodliwego oddziaływania na środowisko. W takiej sytuacji, ogólnym parametrem, który należy określić przy wyznaczaniu strefy ochronnej jest ilość ŚB w miejscu składowania. Ilość ta jest uzależniona od rodzaju przechowywanych ŚB, konstrukcji magazynów i ich otoczenia (ukształtowania terenu, a także rodzaju podłoża gruntowego).

Przyjmuje się, że miejscem potencjalnego wybuchu może być magazyn lub miejsce tymczasowego składowania ŚB. Znajdująca się w zasięgu wybuchu infrastruktura posiada różną odporność na oddziaływanie poszczególnych zagrożeń powstających podczas wybuchu. Wewnątrz składu – terenu zamkniętego rozważa się oddziaływanie szkodliwych czynników potencjalnego wybuchu na inne miejsca składowania ŚB oraz inne budowle i obiekty znajdujące się na tym terenie i w jego bezpośredniej bliskości.

Dla każdego miejsca składowania określa się ilość i rodzaj ŚB, jakie mogą być składowane, aby skutki ich ewentualnego, niekontrolowanego wybuchu nie stwarzały zagrożenia dla bezpieczeństwa osób i mienia wewnątrz terenu zamkniętego jak i na zewnątrz.

## **2. Uwarunkowania formalno prawne**

Stan prawny dotyczący stref ochronnych ulegał na przestrzeni lat wielu zmianom. Dla przykładu obecnie obowiązujące prawo ochrony środowiska poświęca tym strefom niewiele uwagi. Są one natomiast wymieniane w wielu innych ustawach.

Istnieje zatem dużo różnych stref ochronnych i powstają coraz to nowe.

Do dokumentów normatywnych, regulujących kwestie związane z tworzeniem i funkcjonowaniem różnych stref ochronnych należą nw. ustawy:

- o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym,
- prawo budowlane,
- o ochronie terenów byłych hitlerowskich obozów zagłady,
- o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami,
- prawo wodne,
- prawo ochrony środowiska,
- o ochronie gruntów rolnych i leśnych,
- o ochronie przyrody,

- o lasach,
- o lecznictwie uzdrowiskowym, uzdrowiskach i obszarach ochrony uzdrowiskowej oraz o gminach uzdrowiskowych.

W kilku innych ustawach użyty jest termin „strefy ochronne”, jednak brak jest szczegółowego wyjaśnienia tego pojęcia.

Obowiązują też różne rozporządzenia bezpośrednio lub pośrednio odnoszące się do stref ochronnych, np.:

- rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie,
- rozporządzenie w sprawie sposobu wyznaczania obszaru granic aglomeracji,
- rozporządzenie w sprawie klasyfikacji lotnisk i rejestru lotnisk cywilnych.

Konieczność ustalenia stref ochronnych dla terenów zamkniętych<sup>1</sup> wynika z przepisów ustawy z 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz. U. Nr 80, poz. 717 ze zm.), która przewiduje między innymi:

- ustalanie w miejscowych planach przestrzennego zagospodarowania granic stref ochronnych dla terenów zamkniętych, oraz ustalanie ograniczenia w zagospodarowaniu i korzystaniu z terenów, w tym zakazów zabudowy w tych strefach (art. 4 ust. 3),
- określanie w studium uwarunkowań i kierunków rozwoju przestrzennego gminy granic terenów zamkniętych i ich stref ochronnych (art. 10 ust. 2 pkt 15),
- określanie w planie zagospodarowania przestrzennego województwa granic terenów zamkniętych i ich stref ochronnych (art. 39 ust. 3 pkt 7).

Ustawa nie zawiera jednak żadnej definicji strefy ochronnej i wynika z niej jedynie to, że w ww. planach i w studium uwarunkowań i kierunków rozwoju przestrzennego gminy określa się granice stref ochronnych. W przypadku stref wokół terenów zamkniętych należy sprecyzować obowiązujące w strefie ograniczenia w zagospodarowaniu i korzystaniu z terenów, w tym zakazów zabudowy.

Natomiast w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie sposobu uwzględniana w zagospodarowaniu przestrzennym potrzeb obronności i bezpieczeństwa państwa [8] zostały określone obowiązki dla właściwych organów wojskowych w obszarze:

- składania wniosków dotyczących studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy,
- opiniowania projektów studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy,
- uzgadniania projektu miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego i projektu planu zagospodarowania przestrzennego województwa, w zakresie dostosowania ustaleń tych projektów do wymagań wynikających z potrzeb obronności i bezpieczeństwa państwa.

Organa wojskowe, zgodnie ze swoimi właściwościami opiniują projekt studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy, w szczególności w zakresie:

---

<sup>1</sup> „tereny zamknięte” - należy przez to rozumieć tereny o charakterze zastrzeżonym ze względu na obronność i bezpieczeństwo państwa, określone przez właściwych ministrów i kierowników urzędów centralnych - Art. 2 pkt 9 ustawy z dnia 17 maja 1989 r. - Prawo geodezyjne i kartograficzne (Dz. U. z 2000 r. Nr 100, poz. 1086 i Nr 120, poz. 1268 oraz z 2001 r. Nr 110, poz. 1189, Nr 115, poz. 1229 i Nr 125, poz. 1363).

- granic terenów zamkniętych i ich stref ochronnych,
- ograniczeń w zabudowie i przebywaniu ludzi, wynikających z funkcjonowania obecnego jak i planowanego przeznaczenia terenu oraz istniejących i planowanych obiektów i urządzeń niezbędnych na potrzeby obronności i bezpieczeństwa państwa;
- kierunków rozwoju systemów komunikacji i infrastruktury technicznej;
- warunków ochrony obiektów ważnych i szczególnie ważnych dla obronności i bezpieczeństwa państwa, określonych odrębnymi przepisami.

Szczegółowa procedura ustalania stref ochronnych dla terenów zamkniętych została przedstawiona w „Instrukcji w sprawie udziału organów wojskowych w planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym kraju oraz ustalaniu stref ochronnych” [10]. W tym samym dokumencie po raz pierwszy występuje objaśnienie pojęcia strefy ochronnej. Zatem, wobec braku innych definicji przyjmuje się, że strefą ochronną dla terenów zamkniętych, będących w dyspozycji urzędu Ministra Obrony Narodowej jest *obszar leżący poza granicami terenu zamkniętego, na którym z uwagi na potrzeby obronności państwa wprowadza się stałe lub czasowe ograniczenia w zagospodarowaniu lub korzystaniu z terenów*. Jednocześnie, niezależnie od ustalenia strefy ochronnej dla terenu zamkniętego, określa się „strefy ochronne obiektu wojskowego” zdefiniowane, jako *obszar wyznaczony w granicach terenu zamkniętego, na którym z uwagi na wymagania techniczno-budowlane lub inne, związane z zapewnieniem możliwości bezpiecznego i niezakłóconego funkcjonowania obiektu wojskowego lub urzędu, wprowadza się stałe lub czasowe ograniczenia w jego zagospodarowaniu lub korzystaniu*.

Należy wspomnieć, że w połączeniu z terminem „strefa ochronna” funkcjonuje w bardzo szerokim zakresie określenie „strefa zagrożenia”. Dotyczy ona bowiem wszystkich obiektów, w których przechowywane są jakiegokolwiek materiały wybuchowe o przeznaczeniu wojskowym lub policyjnym, w tym także wyroby pirotechniczne o przeznaczeniu widowiskowym. Kwestie wymagań, dotyczących sytuowania obiektów, w których przechowywane są materiały wybuchowe zaklasyfikowane do poszczególnych podklas wg ustawy ADR [2] reguluje rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 9 lipca 2003 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy produkcji, transporcie wewnątrzzakładowym oraz obrocie materiałów wybuchowych, w tym wyrobów pirotechnicznych[6]. W załączniku nr 2 do ww. rozporządzenia zostały podane wzory, które pozwalają na określenie minimalnych dopuszczalnych odległości od zagrażającego wybuchem obiektu, zawierającego ładunek materiałów wybuchowych, do obiektów zagrożonych wybuchem i innych obiektów znajdujących się w otoczeniu narażonych na destrukcję. Ustalone na podstawie tych wzorów minimalne dopuszczalne odległości wyznaczają jednocześnie granice *stref zagrożenia* wybuchem MW.

### 3. Parametry strefy zagrożenia

Szkodliwe skutki wybuchu ŚB, w zależności od ich rodzaju, są spowodowane w szczególności przez nadciśnienie fali uderzeniowej, drgania parasejsmiczne gruntu, oddziaływanie impulsu termicznego, rozrzut ŚB, odłamków amunicji, fragmentów konstrukcji budynków magazynowych a także podłoża gruntu. Określone rodzaje ŚB mogą powodować zagrożenia toksyczne lub radioaktywne.

Wpływ tych zagrożeń na otoczenie określa się poprzez ustalenie stref zagrożenia, tj. obszar, w którym stanowią one zagrożenie dla zdrowia lub życia ludzi oraz obiektów znajdujących się w tym obszarze.

Dla klasycznej amunicji określa się strefy zagrożenia:

- nadciśnieniem czoła fali uderzeniowej,
- drganiami podłoża gruntowego,
- rozrzutem odłamków.

Minimalną dopuszczalną odległość  $L$  od zagrażającego wybuchem magazynu do innych obiektów znajdujących się w jego otoczeniu określa się uwzględniając m.in.:

- masy netto przechowywanych środków bojowych;
- konstrukcji obiektu magazynowego;
- wrażliwości środków bojowych znajdujących się w zagrożonym (sąsiednim) obiekcie;
- dodatkowe zabezpieczenia obiektu magazynowego oraz obiektów sąsiednich (np.: obwałowania, przegrody, sztolnie).

### 3.1 Metodyka wyznaczania stref zagrożenia nadciśnieniem fali uderzeniowej

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Gospodarki Pracy i Polityki Społecznej z dnia 9 lipca 2003 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy produkcji, transporcie wewnątrzzakładowym oraz obrocie materiałami wybuchowymi, w tym wyrobów pirotechnicznych wyznaczanie dopuszczalnych minimalnych odległości od magazynów ŚB odbywa się na podstawie zamieszczonych tam wzorów.

Nadciśnienie fali uderzeniowej ( $P_f$ ) w kilopaskalach ( $kPa$ ) jako funkcję odległości czoła powietrznej fali uderzeniowej ( $L$ ) od miejsca ewentualnego wybuchu oraz równoważnika heksogenowego ładunku MW ( $G$ ) określa się według wzoru:

$$P_f = 980 \times \left( L \times G^{\frac{1}{3}} \right)^{-1,89} \quad (1)$$

Odległość w metrach ( $L_d$ ) określa się na podstawie niżej przedstawionych wzorów:

a) dla magazynu nieobwałowanego

$$L_d = 38,25 \times P_f^{-0,529} \times G^{\frac{1}{3}} \quad (2)$$

b) dla magazynu obwałowanego minimalną dopuszczalną odległość w metrach ( $L_d$ ) od obwałowanego magazynu do innych zagrożonych obiektów określa się według wzorów:

– przy odległości powyżej 10 m do 80 m:

$$L_d = 14,96 \times P_f^{-0,629} \times G^{0,396} \quad (3)$$

– przy odległości powyżej 80 m do 500 m:

$$L_d = 3,693 \times P_f^{-1} \times G^{0,63} + 27,1$$

– dla magazynu obwałowanego, jeżeli odległość ( $L_d$ ) wyznaczona wg w. (4) jest większa niż 500 metrów:

$$L_d = 38,25 \times P_f^{-0,529} \times G^{\frac{1}{3}} \quad (5)$$

Jeśli obiekt zagrożony znajdujący się w sąsiedztwie magazynu obwałowanego, wyznaczoną w odniesieniu do niego odległość ( $L_d$ ) można zmniejszyć c. Zestawienie jednostkowych wartości masy netto MW oraz równoważnika heksogenowego ( $G$ ) dla poszczególnych ŚB wyróżnionych oddzielnym Jednolitym Indekssem Materiałowym przedstawia załącznik 7 do wytycznych Szefa IWsp SZ [1].

### 3.2 Metodyka wyznaczania stref zagrożenia rozrzutem odłamków

Strefa zagrożenia rozrzutem odłamków jest to obszar wyznaczany maksymalnym zasięgiem rozrzutu odłamków.

Wyznaczanie dopuszczalnych minimalnych odległości od magazynów ŚB zaklasyfikowanych do podklasy 1.2, 1.3, 1.4 i 1.6 do innych obiektów znajdujących się w pobliżu odbywa się wg kryteriów wykazanych w tabelicy 1, z uwzględnieniem masy netto materiału wybuchowego (G). Dla obwałowanych obiektów minimalne odległości wyznaczone zgodnie z zasadami określonymi w tabelicy 1 można zmniejszyć o 30%. Gdy obiekt zagrożony jest obwałowany, osłonięty dodatkowymi murami lub innymi osłonami np. terenowymi, obliczoną odległość można zmniejszyć o 50%.

Tablica 1. Kryteria ustalania bezpiecznych odległości dla nieobwałowanych magazynów środków bojowych od innych zagrożonych obiektów

Podklasa materiału wybuchowego	Dodatkowe warunki	Magazyny i obiekty produkcyjne zawierające materiał wybuchowy	Obiekty produkcyjne niezawierające materiału wybuchowego	Drogi dojazdowe i drogi lokalne	Autostrady i drogi o dużym natężeniu ruchu	Obszary zamieszkałe
1.2	przy wybuchu nie tworzą się ciężkie odłamki	min. 90 m	min. 90 m	$L_d = 39 \times G^{\frac{1}{6}}$	$L_d = 58 \times G^{\frac{1}{6}}$	
1.2	przy wybuchu mogą tworzyć się ciężkie odłamki	min. 135 m	min. 135 m	$L_d = 51 \times G^{\frac{1}{6}}$ min. 90 m	$L_d = 76 \times G^{\frac{1}{6}}$ min. 135 m	
1.3	ładunki do 1000 kg	nie jest wymagane wyznaczanie minimalnych bezpiecznych odległości, muszą być jednak zachowane środki bezpieczeństwa, aby nie zachodziło oddziaływanie na zewnątrz obiektu lub zachodziło tylko w wybranym kierunku				
1.3	ładunki ponad 1000 kg	$L_d = 3,2 \times G^{\frac{1}{3}}$ min. 40 m	$L_d = 6,4 \times G^{\frac{1}{3}}$ min. 60 m	$L_d = 4,3 \times G^{\frac{1}{3}}$ min. 40 m	$L_d = 6,4 \times G^{\frac{1}{3}}$ min. 60 m	
1.4 i 1.6	ładunki do 1000 kg	nie jest wymagane wyznaczanie minimalnych bezpiecznych odległości				
1.4 i 1.6	ładunki ponad 1000 kg	min. 10 m	min. 10 m	min. 15 m	min. 15 m	min. 15 m

### 3.3 Zjawisko drgań parasejsmicznych (ang. Ground Shock)

Wybuch ładunku MW w gruncie lub na powierzchni ziemi, generuje fale odkształceń zwane drganiami parasejsmicznymi<sup>2</sup>. Wyróżnia się drgania podłużne, poprzeczne oraz powierzchniowe. Drgania (fale) powierzchniowe rozchodzą się wzdłuż powierzchni ziemi i ich energia maleje wolniej od pozostałych fal, dlatego, szczególnie one mogą stanowić zagrożenie dla otoczenia. Wywołane przez wybuch ładunku MW drgania, przy określonej intensywności mogą wywoływać szkodliwy wpływ na obiekty budowlane oraz osoby. Kryteria i skale stosowane do oceny wpływów drgań parasejsmicznych uwzględniają czynniki związane bezpośrednio z intensywnością ich oddziaływania, ale również między innymi rodzaj i konstrukcję budynku, rodzaj podłoża, a nawet charakterystykę drgań. Efekty oddziaływania drgań parasejsmicznych są bardzo zależne od konfiguracji położenia względem siebie obiektów PES i ES (drzwi i ściana frontowa, boki, tył). Do najważniejszych czynników mających wpływ na intensywność drgań parasejsmicznych należy zaliczyć:

- ilość  $Q$  i właściwości ładunku MW,
- odległość od miejsca wybuchu PES do ES,
- parametry techniczne obiektu – miejsca potencjalnego wybuchu (PES) i parametry techniczne obiektu - miejsca zagrożonego oddziaływaniem wybuchu (ES),
- parametry sprężystości gruntu na odległości PES do ES,
- umiejscowienie ładunków MW w odniesieniu do powierzchni ziem,
- swobodę propagacji energii drgań.

Największą grupę obiektów budowlanych stanowią budynki mieszkalne murowane lub z betonu, jedno lub dwukondygnacyjne oraz wyższe do pięciu kondygnacji. Dla takich obiektów opracowano skale wpływów dynamicznych drgań *SWD-I* i *SWD-II*, które zawarte są w normie PN/B-02170 – Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłoże na budynki [13].

Normę stosuje się przy diagnostyce szkodliwości wpływów drgań na istniejący budynek, oraz przy projektowaniu budynków jeśli przewiduje się, że będzie on poddawany drganiom przekazywanym przez podłoże.

Ze względu na czas trwania drgań norma dzieli je na krótkotrwałe, długotrwałe oraz na występujące stale. Drgania budynku można scharakteryzować przez przemieszczenia (prędkość, przyspieszenie) i odpowiadającą im częstotliwość drgań, lub przez siły bezwładności w charakterystycznych punktach budynku.

Skala *SWD I* odnosi się do budynków zwartych, o małych wymiarach rzutu poziomego (do 15 m), o jednej lub dwóch kondygnacjach i wysokości takiej, aby nie przekraczała żadnego z wymiarów rzutu poziomego. Druga skala dotyczy budynków kilkukondygnacyjnych (do pięciu), o konstrukcji murowej lub mieszanej spełniającej warunek

---

<sup>2</sup> - Z. Onderka, J. Sieradzki – Efekt sejsmiczny strzelania w kopalniach odkrywkowych – aktualny stan i zalecane kierunki badań. *Górnictwo i Geoinżynieria*. Zeszyt 3/1, 2004.

– J. Lewicki. Prognozowanie wielkości zagrożeń powstałych przy prowadzeniu robót strzałowych w budownictwie. *Górnictwo i Geoinżynieria*. Zeszyt 3/1, 2004.

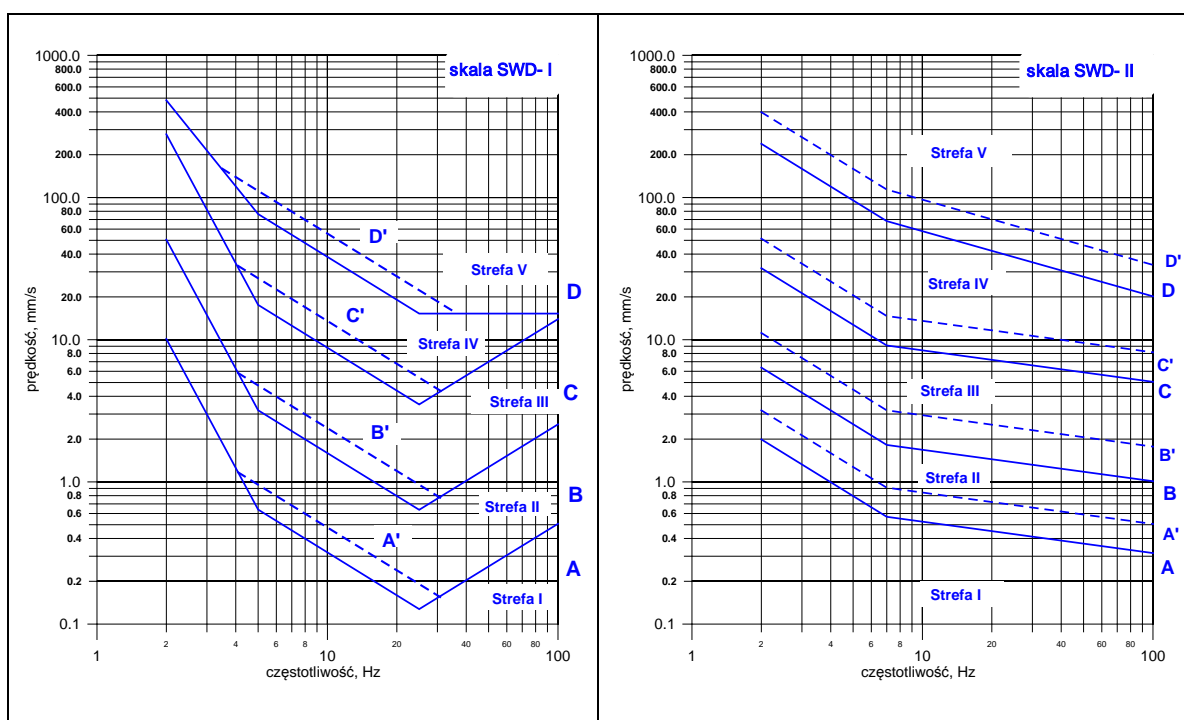
– P. Batko. Wpływ wybranych elementów techniki strzelniczej na intensywności drgań gruntów. *Górnictwo i Geoinżynieria*. Zeszyt 3/1, 2004.

– R. Krzewiński, R. Rekrucki – Roboty budowlane przy użyciu materiałów wybuchowych. POLCEN. Warszawa 2005.

$h/b < 2$  ( $h$  – wysokość budynku,  $b$  – najmniejsza jego szerokość), a także budynków niskich, mających do dwóch kondygnacji, lecz nie spełniających warunków podanych dla *SWD-I*. Skale *SWD* przedstawione są w postaci wykresów logarytmicznych, w których częstotliwościom drgań na osi poziomej odpowiadają poziome maksymalne amplitudy przemieszczenia lub prędkości lub przyspieszenia na osi pionowej. Mają one pięć stref oddzielonych granicami, określającymi stopień szkodliwości drgań dla budynku.

W normie ujęte są skale *SWD* w wersji przemieszczeniowej i przyspieszeniowej. W wielu publikacjach, szczególnie zagranicznych, ich autorzy odwołują się również do wersji prędkościowej. Na rysunku poniżej przedstawiono skale *SWD-I* i *SWD-II* dla wersji prędkościowej.

Drgania parasejsmiczne mogą być wywoływane nie tylko przez wybuch MW, ale także wpływ na ich parametry mogą mieć i inne zjawiska wybuchu, takie jak: fala nadciśnienia oraz upadki dużych mas odłamków z kruszonych konstrukcji, np. obiektów budowlanych.



**Rys. 1. Skala *SWD-I* i *SWD-II* – wersja prędkościowa**

Praktycznie brak jest uniwersalnego wzoru opisującego zjawisko drgań wywołanych wybuchem materiału wybuchowego w każdych warunkach, a rozpatrywane wzory mają pewien zakres stosowalności. Prognozy podstawowych parametrów parasejsmicznego oddziaływania wybuchu w konkretnych warunkach geotechnicznych dokonuje się na podstawie porównania ustalonej dla danej sytuacji technicznej, bezpośredniego otoczenia, rodzaju konstrukcji obiektów budowlanych ich stanu technicznego, prędkości dopuszczalnej drgań gruntu z prędkością, jaka będzie wywołana w ośrodku gruntowym, przy wybuchu o masie  $Q$  ładunku MW w odległości  $r$  od obiektów zagrożonych. W miejscu potencjalnego wybuchu przewidywaną intensywność prędkości wypadkowej drgań parasejsmicznych wywołanych wybuchem ładunku o masie  $Q$ , w funkcji odległości od miejsca wybuchu  $r$  można oszacować z wzorów empiryczno-doświadczalnych wyrażonych w postaci:



$$V = K \left( \frac{\sqrt[3]{Q}}{r} \right)^n \quad (6)$$

gdzie:  $V$  – prędkość wypadkowa drgań gruntu [cm/s]

$Q$  – masa ładunku MW [kg]

$r$  – odległość od miejsca wybuchu [m]

$n$  – współczynnik stopnia tłumienia drgań sejsmicznych.

$K$  – współczynnik uwzględniający właściwości gruntu i intensywność wybuchu,

Wielu praktyków (U. Langefros, N. Kutuzow, Z. Onderka i inni) zaleca w zależności od miejsca wybuchu i rodzaju gruntu różne wartości współczynników  $K$  i  $n$  we wzorze (6).

Z. Onderka zaleca, aby współczynnik „ $n$ ” przyjmować równy:

$$n = 1,1 \pm 0,1, \text{ gdy } r = 150 \div 1500 Q^{1/3}$$

$$n = 1,5, \text{ gdy } r = 50 \div 150 Q^{1/3}$$

$$n = 3,0, \text{ gdy } r = 2 \div 5 Q^{1/3}$$

N. Kutuzow przyjmuje, że współczynnik  $K$  w powyższym wzorze jest iloczynem szeregu współczynników

$$K = k_1 * k_2 * k_3 * k_4 * k_5 * \dots * k_i,$$

Najczęściej przyjmowane współczynniki  $k_i$  to:

$k_1$  - współczynnik charakteryzujący grunt przenoszący drgania,

$k_2$  - współczynnik charakteryzujący ustawienie frontu wybuchu w stosunku do innego obiektu zagrożonego. Wartość współczynnika jest uśredniona i wynosi 1;

$k_3$  - współczynnik określający sposób przekazywania energii podłożu i tak:

$k_3 = 2$  - przy wybuchu ładunku poniżej powierzchni gruntu,

$k_3 = 1$  - przy wybuchu ładunku na powierzchni gruntu,

$k_3 = 0,5$  - przy wybuchu nad powierzchnią gruntu,

$k_4$  - współczynnik czasu przekazywania energii:

$k_4 = 1$  - przy wybuchu natychmiastowym,

$k_5$  – współczynnik uwzględniający sposób rozmieszczenia ładunku przy wybuchu, wypełnienie komory.  $k_5 = 0,7 \div 1$ .

Przekształcając wzór (6) do postaci:

$$Q = \left( \frac{V}{K} \right)^{3/n} r^3 \quad (7)$$

otrzymuje się masę materiału wybuchowego  $Q$ , jako funkcję odległości  $r$  dla zadanej prędkości drgań  $V$ .

W AASTP-1 opisano zjawisko powstawania drgań parasejsmicznych wywołanych wybuchami naziemnymi ładunków MW o masie:

$$0.5 \text{ kg} \leq \text{NEQ}_{\text{TNT}} \leq 500 \text{ 000 kg}$$

W rezultacie tego otrzymano dane współczynnika skali odległości mieszczącego się w granicach:

$$0.2 \leq z \text{ (m/kg}^{1/3}) \leq 24$$

Drgania parasejsmiczne są rezultatem wprowadzenia i rozchodzenia się w gruncie energii. Źródłem tej energii może być wstrząs wywołany wybuchem lub wstrząs wywołany mechanicznie. W przypadku wybuchu, wstrząs wywołany w epicentrum rozprzestrzenia się bezpośrednio w gruncie oraz poprzez falę uderzeniową (pośrednio). Zgodnie z powyższym rozróżnia się dwa typy drgań parasejsmicznych:

- drgania parasejsmiczne wzbudzone bezpośrednio (ang. DI - Ground Shock/ Direct-Induced Ground Shock),
- drgania parasejsmiczne wzbudzone nadciśnieniem fali uderzeniowej (ang. AI - Ground Shock/ Airblast-Induced Ground Shock).

Oba typy drgań parasejsmicznych oddziałują na środowisko niezależnie od siebie. Dla drgań parasejsmicznych wzbudzanych bezpośrednio doświadczalnie określono zależności, uwzględniające poszczególne parametry charakteryzujące to zjawisko. Zależności opracowano dla trzech rodzajów gruntu: suchego, nasączonego i skał – tablica 3. Drgania parasejsmiczne wzbudzone przez falę uderzeniową można określić za pomocą jednowymiarowej teorii rozchodzenia się fal. W tablicy 2 podano zależności, które pozwalają oszacować parametry drgań parasejsmicznych powierzchni gruntu przy założeniu jego jednorodności na odległości odpowiadającej zasięgowi fali uderzeniowej.

Tablica 2. Zależności parametrów drgań parasejsmicznych wywołanych falą uderzeniową

Kierunek drgań	Przemieszczenie max. $D$ (m)	Prędkość max. $V$ (m/s)	Przyspieszenie max. $A$ (g)
pionowy	$D_v = \frac{I_s}{C_p * rho}$	$V_v = \frac{P_{so}}{C_p * rho}$	$A_v^{1)} = \frac{122 * P_{so}}{C_p * rho}$
poziomy	$D_h = D_v * F_1$	$V_h = V_v * F_1$	$A_h = A_v * F_1$
$F_1^{2)} = \tan [ \sin^{-1} (C_p/U) ]$			

<sup>1)</sup> Równanie ma zastosowanie dla suchego gruntu, w celu określenia maksymalnego pionowego przyspieszenia drgań. Dla gruntu nasączonego i skał zaleca się przyjmować podwójną wartość przyspieszenia.

<sup>2)</sup> Dla wszystkich przypadków, gdy:  $1 > F_1 = \tan [ \sin^{-1} (C_p/U) ] \geq 1$  poziome i pionowe wartości drgań będą jednakowe.

W przypadku wybuchu dużych ilości MW, wartości przyspieszenia drgań są stosunkowo niskie, ale wysokie prędkości ruchu gruntu, które mogą stanowić istotne zagrożenie dla trwałości infrastruktury budynków magazynowych. Zazwyczaj odpowiednio trwała konstrukcja przeciwdziała tego typu zagrożeniu.

Dla blisko położonych magazynów drgania parasejsmiczne wywołane falą są znikome.

Tablica 3. Zależności parametrów bezpośrednich drgań parasejsmicznych wywołanych wybuchem ładunku MW

Ośrodek drgań	Przemieszczenie max. D (m)	Prędkość max. V (m/s)	Przyspieszenie max. A (g)
<b>Parametry drgań w kierunku pionowym D<sub>v</sub> (m), V<sub>v</sub> (m/s), A<sub>v</sub> (g)</b>			
Skala	$D_v = \frac{(R_G * Q)^{\frac{1}{3}}}{37000 * Z_G^{\frac{1}{3}}}$	–	–
Grunt suchy	$D_v = \frac{(R_G * Q)^{\frac{1}{3}}}{1000 * Z_G^{2,3}}$	$V_v = \frac{1,5}{Z_G^{1,5}}$	–
Wszystkie pozostałe	–	$V_v = \frac{0,95}{Z_G^{1,5}}$	$A_v = \frac{1200}{Z_G * R_G}$
<b>Parametry drgań w kierunku poziomym D<sub>h</sub> (m), V<sub>h</sub> (m/s), A<sub>h</sub> (g)</b>			
Skala	<b>0.5 * D<sub>v</sub></b>	<b>V<sub>v</sub></b>	<b>A<sub>v</sub></b>
Grunt	<b>D<sub>v</sub></b>	<b>V<sub>v</sub></b>	–
Grunt suchy	–	<b>V<sub>v</sub></b>	<b>0.5 * A<sub>v</sub></b>
Grunt suchy i skała	–	<b>V<sub>v</sub></b>	<b>A<sub>v</sub></b>

Objaśnienia skrótów użytych w tablicach 2 i 3:

D – przemieszczenie ośrodka [m],

U – prędkość drgań [m/s],

A – przyspieszenie drgań [g],

Q – masa netto ładunku MW [kg],

R<sub>G</sub> – odległość [m],

Z<sub>G</sub> – współczynnik skali odległości [m/kg<sup>1/3</sup>],

I<sub>S</sub> – impuls ciśnienia w gruncie [Pa],

P<sub>so</sub> – impuls nadciśnienia fali uderzeniowej [Pa],

rho – gęstość gruntu [kg/m<sup>3</sup>],

C<sub>p</sub> – prędkość rozchodzenia się drgań w gruncie [m/s].

W omawianym dokumencie zostały przedstawione wartości prędkości drgań oraz współczynnika skali odległości dla przewidywanych uszkodzeń w odniesieniu do **bezpośrednich drgań** wywołanych wybuchem ładunku materiału wybuchowego oraz w odniesieniu do **pośrednich drgań** wywołanych falą uderzeniową. Ponadto, przedstawione zostały graniczne prędkości drgań dla wybranych obiektów budowlanych oraz rozmiaru uszkodzeń oraz dla wybranych obiektów magazynowych środków bojowych, a także graniczne prędkości drgań dla wybranych urazów ciała ludzkiego. Znamiennej rzeczą jest fakt, że rankingowe dokumenty normatywne, stosowane przez Departament Obrony Stanów Zjednoczonych [5] nie ustalają żadnych ograniczeń ze względu na ewentualne wystąpienie drgań parasejsmicznych podczas wybuchu ŚB zaklasyfikowanych do podklasy 1.1 przechowywanych w magazynach naziemnych nieobsypanych ziemią bądź obsypanych ziemią.

#### **4. Analiza dokumentów resortowych, dotyczących składowania przedmiotów i materiałów wybuchowych w świetle dokumentów ogólnokrajowych, a także obowiązujących w NATO**

Główne resortowe regulacje prawne, dotyczące bezpiecznego składowania ŚB zawarte są w wytycznych Szefa IWsp SZ w sprawie zasad przechowywania ŚB [1]. Przepisy ww. wytycznych stosuje się między innymi do:

- składów środków bojowych, wchodzących w skład Regionalnych Baz Logistycznych,
- bomboskładów użytkowanych przez jednostki podległe dowódcom Rodzajów Sił Zbrojnych,
- magazynów oddziałów gospodarczych,
- pododdziałowych magazynów broni.

Ponadto, przepisy przedmiotowych wytycznych stosuje się do organizacji przechowywania doraźnego i czasowego ŚB na placach składowych oraz w kontenerach transportowych.

W załączniku nr 1 do ww. wytycznych zostały podane **dopuszczalne wartości nadciśnienia fali uderzeniowej** dla różnych zagrożonych obiektów od obiektów magazynowych, w których przechowywane są środki bojowe podklasy 1.1 oraz 1.5. Natomiast w załączniku nr 2 **metodykę określania dopuszczalnych minimalnych odległości od obiektów magazynowych do obiektów zagrożonych wybuchem** dla dwóch przypadków:

- dla środków bojowych zakwalifikowanych do klasy 1, podklasy 1.1 i 1.5 – stwarzających zagrożenie wybuchem masowym, przy którym powstaje nadciśnienie fali uderzeniowej,
- dla środków bojowych zakwalifikowanych do klasy 1, podklasy 1.2, 1.3, 1.4 i 1.6 – stwarzających zagrożenie rozrzutem odłamków i pożarem.

Ponadto, załącznik nr 2 zawiera zestawienia obliczonych wartości równoważnika heksogenowego i odległości PES do ES w odniesieniu do dopuszczalnych wartości nadciśnienia fali uderzeniowej, a także rozrzutu odłamków, uwzględniające:

- 6 typów obiektów, w celu ustalenia odległości magazynu do obiektu zagrożonego (dla podklas 1.1, 1.5),
- 5 klas obiektów (dla podklas 1.2, 1.3, 1.4, 1.6).

Należy stwierdzić, że omawiane wytyczne zostały opracowane na podstawie obowiązujących dokumentów prawnych, które dotyczą przedsiębiorców podejmujących i wykonujących działalność gospodarczą w zakresie wytwarzania i obrotu materiałami

wybuchowymi, bronią i amunicją oraz wyrobami i technologią o przeznaczeniu wojskowym lub policyjnym (art.1 ustawy z dnia 22 czerwca 2001 r. [5]).

Obowiązujące w NATO przepisy dotyczące zasad bezpiecznego przechowywania wojskowej amunicji i materiałów wybuchowych (ŚB) w składach (AASTP-1 [3]) dotyczą organizacji ich przechowywania, jeżeli masa netto NEQ w jednym miejscu przechowywania jest nie mniejsza niż 500 kg. Ww. przepisy obejmują między innymi zagadnienia klasyfikacji przedmiotów i materiałów wybuchowych pod względem bezpieczeństwa, zgodnie z umową ADR i zostały zamieszczone w AASTP-3 [14]. Identycznie jak w naszych narodowych dokumentach normatywnych ustala się 13 grup zgodności oraz 9 klas materiałów niebezpiecznych. Klasę 1 materiałów niebezpiecznych stanowi wojskowa amunicja i materiały wybuchowe (ang. Military Ammunition and Explosives). Amunicja i materiały wybuchowe zostały zakwalifikowane do podklas 1.1. do 1.6. Podręcznik NATO AASTP-1 uwzględnia zasady składowania amunicji i materiałów wybuchowych, w odniesieniu do wszystkich możliwych zagrożeń powstających podczas wybuchu. Są to:

- podmuch fali uderzeniowej (ang. blast),
- rozrzut: amunicji (ang. lobbed amunition), odłamków powstających z amunicji (ang. primary fragments, ammunition fragments) oraz konstrukcji budynków magazynowych (ang. secondary debris hazard - structural debris), podłoża gruntu (ang. debris from earth cover),
- drgania parasejsmiczne podłoża gruntu (ang. ground shock),
- promieniowanie cieplne (ang. radiant heat),
- ogień (ang. flame),
- radioaktywność (ang. radioactivity).

W podręczniku NATO AASTP-1, odmiennie od resortowych wytycznych [1] i rozporządzenia Ministra Gospodarki [6] ujmuje się problem rozrzutu podczas wybuchu amunicji i materiałów wybuchowych. Wyróżnia się rozrzut:

- amunicji,
- odłamków amunicji,
- odłamków konstrukcji budynków magazynowych.

Na podstawie wytycznych Szefa IWsp SZ w sprawie przechowywania ŚB nie jest możliwe zakwalifikowania poszczególnych rodzajów amunicji podklasy 1.2. do kategorii obejmującej amunicję podczas wybuchu której, mogą tworzyć się ciężkie odłamki lub nie tworzą się ciężkie odłamki. Natomiast ten sam problem jednoznacznie zdefiniowany jest w AASTP-1, w którym za podstawę kwalifikowania poszczególnych rodzajów amunicji podklasy 1.2. przyjęto wielkość jednostkowej masy netto ładunku materiału wybuchowego NEQ. Jeżeli  $NEQ < 0,73$  kg to amunicję kwalifikuje się do podklasy 1.2.1. Jeżeli  $NEQ > 0,73$  kg to amunicję kwalifikuje się do podklasy 1.2.2.

Reasumując, analiza normatywnych dokumentów resortowych, ogólnokrajowych oraz obowiązujących w NATO wykazała, że poza zastosowaniem jednakowej klasyfikacji materiałów i wyrobów niebezpiecznych istnieją między nimi rozbieżności. Zasadnicze różnice dotyczą:

- wybiórczego lub całościowego przedstawienia obszarów tematycznych, dotyczących bezpiecznego składowania ŚB,
- rozrzutu (amunicji, odłamków amunicji, konstrukcji budynków magazynowych),
- wykorzystywania równoważnika heksogenowego lub masy netto materiału wybuchowego do obliczania odległości PES do ES,
- wielkości zasadniczych kryteriów ocenowych i norm, dotyczących ochrony życia lub zdrowia ludzkiego, mienia oraz środowiska naturalnego.

Na podstawie analizy porównawczej uzyskanych wyników odległości PES do ES dla wybranych parametrów wybuchu należy stwierdzić, że przepisy krajowe, dotyczące bezpieczeństwa składowania wyrobów i materiałów wybuchowych, w tym resortowe są bardziej restrykcyjne od przepisów obowiązujących w NATO. Dla przykładu minimalna odległość dla magazynu obwałowanego PES o masie netto MW  $Q=10000$  kg do obwałowanego obiektu zagrożonego ES wynosi:

- 37 m – wg wytycznych Szefa IWsp SZ oraz rozporządzenia Ministra Gospodarki,
- 22 m – wg AASTP-1.

W dokumentach resortowych i ogólnokrajowych do wyrażania masy MW w składowanych i przechowywanych ŚB powszechnie stosowany jest równoważnik heksogenowy G. Natomiast dokumenty normatywne NATO posługują się wskaźnikiem masy netto MW - NEQ.

## 5. Główne zasady dotyczące przechowywania środków bojowych w składach – wg AASTP-1




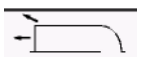




Klasyfikacja ŚB pod względem bezpieczeństwa, grup zgodności oraz kryteriów dotyczących ich wspólnego przechowywania w przedmiotowym dokumencie jest identyczna, jak w narodowych dokumentach normatywnych. Potencjalne miejsca wybuchu (ang. Potential Explosive Site - PES), takie jak: budynki magazynowe ŚB, stopy amunicji, pojazdy wypełnione amunicją i MW (samochody, naczepy, kontenery, wagony) stwarzają oczywiste zagrożenie dla osób i mienia (w tym amunicji). Na podstawie uzyskanych wyników przeprowadzonych prób i eksperymentów badawczych wykonywanych ze środkami bojowymi zostały określone empiryczne zależności w odniesieniu do każdej podklasy środków bojowych, dotyczące wyliczania odległości PES do ES, uwzględniające typ i rodzaj obiektów i sposób ich usytuowania względem siebie. Wyliczone na podstawie tych wzorów zalecane minimalnych odległości obiektów magazynowych (PES) do innych obiektów zagrożonych wybuchem (ang. Expose Site - ES) znajdujących się wewnątrz, jak i na zewnątrz Składu zestawiono w tablicach. Dla zobrazowania powyższego w tablicy 4 zamieszczono odległości QD dla obiektów magazynowych obsypanych ziemią naziemnych (ang. Aboveground Storage) do innych obiektów i podklasy 1.1. Odległości QD pomiędzy magazynami ŚB zaklasyfikowanych do podklasy 1.1 nie są brane pod uwagę przy rozpatrywaniu składowania inicjujących MW i innych bardzo wrażliwych substancji wybuchowych, takich jak: żelatyna wybuchowa, które wymagają indywidualnej oceny odległości do ES. Poniższa formuła została przyjęta do wyliczenia odległości QD, ze względu na niszczące oddziaływanie parametrów wybuchu ŚB przechowywanych w magazynach naziemnych (uszkodzenia w konstrukcji budowli - ściany z cegły o grubości 23 cm są tak poważne, że konieczne jest wyburzenie obiektu ES):

$$R_{ES} = \frac{5,6Q^{1/3}}{\sqrt[6]{1 + \left(\frac{3175}{Q}\right)^2}} \quad (8)$$

gdzie:


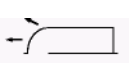

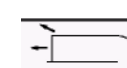







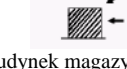

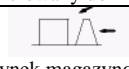

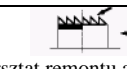

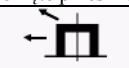
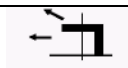
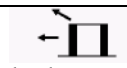
- $R_{ES}$  – promień [m] strefy zagrożenia uszkodzeniem dla obiektu ES,
- $Q$  – masa netto MW (NEQ).

Tablica 4. Zestawienie odległości QD dla obiektów magazynowych naziemnych obsypanych ziemią - podklasa 1.1.

Lp.		 <p>Ukierunkowane oddziaływanie wybuchu przez ścianę tylną na ES</p>	 <p>Ukierunkowane oddziaływanie wybuchu przez ściany boczne na ES</p> <p>(b)</p>	 <p>Ukierunkowane oddziaływanie wybuchu przez drzwi i ścianę przednią na ES.</p> <p>(c)</p>
1.	 <p>Budynek magazynowy o odporności 7 MPa. Usytuowanie budynku tylną ścianą do PES.</p>	<p>D3</p> <p>Ochrona pełna bez materiałów inicjujących.</p>	<p>D3</p> <p>Ochrona pełna bez materiałów inicjujących.</p>	<p>D4</p> <p>Ochrona pełna bez materiałów inicjujących.</p>
2.	 <p>Budynek magazynowy o odporności 7 MPa. Usytuowanie budynku ścianami bocznymi do PES.</p>	<p>D3</p> <p>Ochrona pełna bez materiałów inicjujących.</p>	<p>D3</p> <p>Ochrona pełna bez materiałów inicjujących.</p>	<p>D5</p> <p>Ochrona pełna bez materiałów inicjujących.</p>
3.	 <p>Droga o natężeniu ruchu mniejszym niż 1000 pojazdów/ dzień.</p>	<p>0.5 x D12 lub 0.5 x D14</p> <p>Zmniejszenie odległości QD w odniesieniu do magazynów naziemnych obsypanych ziemią o odporności nie mniejszej niż 3 Mpa. Nie ustala się QD dla dróg o bardzo małym natężeniu ruchu i lokalnych.</p>	<p>0.5 x D12 lub 0.5 x D15</p> <p>Zmniejszenie odległości QD w odniesieniu do magazynów naziemnych obsypanych ziemią o odporności nie mniejszej niż 3 Mpa. Nie ustala się QD dla dróg o bardzo małym natężeniu ruchu i lokalnych.</p>	<p>0.5 x D12</p> <p>Nie ustala się QD dla dróg o małym natężeniu ruchu i lokalnych.</p>
4.	 <p>Budynek zamieszkały. Miejsce zgromadzeń ludzi.</p>	<p>D13(≥400m) lub D14</p> <p>Zmniejszenie odległości QD w odniesieniu do magazynów naziemnych obsypanych ziemią o odporności nie mniejszej niż 3 Mpa.</p>	<p>D13(≥400m) lub D15</p> <p>Zmniejszenie odległości QD w odniesieniu do magazynów naziemnych obsypanych ziemią o odporności nie mniejszej niż 3 Mpa.</p>	<p>D13(≥400m)</p>

Pod uwagę zostało wziętych kilkanaście typów obiektów i sposób ich usytuowania względem siebie. Ich typy i ich usytuowanie względem siebie przedstawiono w tablicy 5.

Tablica 5. Rysunki różnych typów magazynów ŚB i innych obiektów wykorzystywanych do obliczenia odległości QD

Lp.	 Budynek magazynowy o odporności 7 Mpa. Usytuowanie budynku tylną ścianą do PES.	 Ukierunkowane oddziaływanie wybuchu przez ścianę tylną na ES	 Ukierunkowane oddziaływanie wybuchu przez ściany boczne na ES	 Ukierunkowane oddziaływanie wybuchu przez drzwi i ścianę przednią na ES.
1.	 Budynek magazynowy o odporności 7 Mpa. Usytuowanie budynku ścianami bocznymi do PES.	 Budynek magazynowy o odporności 3 Mpa. Usytuowanie budynku tylną ścianą do PES.	 Budynek magazynowy o odporności 3 Mpa. Usytuowanie budynku ścianami bocznymi do PES.	 Budynek magazynowy o odporności 3 Mpa. Usytuowanie budynku drzwiami i ścianą frontową do PES.
2.	 Budynek magazynowy o odporności 7 Mpa. Usytuowanie budynku drzwiami i ścianą frontową do PES.	 Budynek magazynowy o niepalnej konstrukcji ze ścianami z cegły (680 mm) i zabezpieczonym dachem (227 mm) z odpowiednimi podporami. Drzwi są osłonięte przeszkodą jeżeli ich front jest skierowany do PES.	 Budynek magazynowy o niepalnej konstrukcji ze ścianami z cegły (680 mm) i niezabezpieczonym dachem. Drzwi są osłonięte przeszkodą jeżeli ich front jest skierowany do PES.	 Budynek magazynowy o niepalnej konstrukcji z cegły (215 mm) i zabezpieczonym dachem (150 mm) z odpowiednimi podporami, nie osłonięty przeszkodą.
3.	 Droga o natężeniu ruchu mniejszym niż 1000 pojazdów/ dzień.	 Budynek magazynowy o lekkiej, niepalnej konstrukcji lub placie składowe na wolnym powietrzu. Samochód ciężarowy, naczepa transportowa, kontener ze środkami bojowymi. Obiekty osłonięte przeszkodą.	 Budynek magazynowy o lekkiej, niepalnej konstrukcji lub placie składowe na wolnym powietrzu. Samochód ciężarowy, naczepa transportowa, kontener ze środkami bojowymi. Obiekty nieosłonięte przeszkodą.	 Warsztat remontu amunicji z niezabezpieczonym dachem oraz bez przeszkody ochronnej.
4.	 Budynek zamieszkały. Miejsce zgromadzeń ludzi.	 Budynek magazynowy o niepalnej konstrukcji z cegły (680 mm) i zabezpieczonym dachem (227 mm) z odpowiednimi podporami.	 Budynek magazynowy o niepalnej konstrukcji z cegły (680 mm) i zabezpieczonym dachem (227 mm) z odpowiednimi podporami. Usytuowanie budynku drzwiami i ścianą frontową do ES.	 Budynek magazynowy o niepalnej konstrukcji z cegły (680 mm) i niezabezpieczonym dachem.

Uwaga: Powyższa tabela stanowi tłumaczenie własne Instytutu opracowane na podstawie AASTP-1.



Tablica 7. Funkcje stosowane do określania odległości QD dla środków bojowych zaklasyfikowanych do podklasy 1.1 i 1.5

$D1 = 0.35 Q^{1/3}$ dla $Q \leq 30\ 000$ kg	$D2 = 0.44 Q^{1/3}$ dla $30\ 001 \leq Q \leq 120\ 000$ kg
$D3 = 0.5 Q^{1/3}$	$D4 = 0.8 Q^{1/3}$
$D5 = 1.1 Q^{1/3}$	$D6 = 1.8 Q^{1/3}$
$D7 = 2.4 Q^{1/3}$	$D8 = 3.6 Q^{1/3}$
$D9 = 4.8 Q^{1/3}$	$D10 = 8.0 Q^{1/3}$
$D11 = 1.0 Q^{2/3}$ dla $Q = 2500$	$D11 = 3.6 Q^{1/2}$ dla $Q \leq 4\ 500$ kg
$D11 = 14.8 Q^{1/3}$ dla $Q > 4\ 500$ kg	$D12 = 22.2 Q^{1/3}$
$D13 = 1.5 Q^{2/3}$ dla $Q < 2500$	$D13 = 5.5 Q^{1/2}$ dla $Q > 2500$ do $< 4500$
$D13 = 22.2 Q^{1/3}$ dla $Q > 4500$	$D14 = 14.0 Q^{1/3}$
$D15 = 18.0 Q^{1/3}$	$D16 = 9.3 Q^{1/3}$
$D17 = 12.0 Q^{1/3}$	

### 5.1 Ustalanie minimalnych dopuszczalnych odległości QD dla ŚB zaklasyfikowanych do podklasy 1.2.

Podczas ustalania minimalnych dopuszczalnych odległości QD od magazynów PES do innych obiektów ES zagrożonych wybuchem należy brać pod uwagę i uwzględnić trzy czynniki. Pierwszym czynnikiem jest wybór środków bojowych, które podczas wybuchu powodują rozrzut odłamków i amunicji (ang. Primary elements).

Drugim czynnikiem jest całkowita liczba prognozowanych prawdopodobnych zagrożeń obiektów ES, jeśli są dostępne pełne dane, dotyczące poszczególnych elementów amunicji. Uwzględnia się przy tym wyniki z badań i testów poszczególnych rodzajów amunicji – reprezentatywnej dla wybranej grupy ŚB. Ważna jest wrażliwość amunicji i materiałów wybuchowych oraz odporność obiektów ES. Trzecim czynnikiem jest zachowywanie się niektórych rodzajów amunicji podklasy 1.2. Duże ładunki NEQ podklasy 1.2.1, w niektórych konfiguracjach, mogą wywoływać skutki w sposób typowy dla ŚB zaklasyfikowanych do podklasy 1.1. W takich sytuacjach, kiedy ŚB przechowywane są w magazynach, które zatrzymują odłamki amunicji i jej elementy, ale które generują wtórne zagrożenia w postaci rozrutu odłamków konstrukcji (□p. magazynów obsypanych ziemią i innych elementów konstrukcji) oraz powstawanie innych niebezpiecznych produktów wybuchu charakterystycznych dla podklasy 1.1, a nie stopniowy charakter wybuchu podklasy 1.2.1 – należy stosować bardziej restrykcyjne wartości odległości QD.

## **5.2 Rozrzut amunicji i jej elementów o jednostkowej masie netto ładunku MW NEQ większej niż 0.73 kg**

Większa część ŚB zaklasyfikowanych do podklasy 1.2 obejmuje amunicję, która zawiera ładunki miotające (proch) i materiały wybuchowe o całkowitej masie netto większej niż 0.73 kg. Typowym dla tej części amunicji podczas niekontrolowanego wybuchu jest rozrzut łusek, pocisków i ładunków miotających. Rzadko detonuje w sposób, do jakiego została zaprojektowana. W przypadku oddziaływania wysokiej temperatury topią się skorupy pocisków i łuski, amunicja rozrywa się powodując wybuchy. Oddziaływanie wybuchu jest rozległe, nie mniej jednak powstaje mało odłamków o prędkości 100÷500 m/s. Mogą one zostać rozrzucone na dalsze odległości niż mniejsze fragmenty □p. od wybuchu masowego ŚB zaklasyfikowanych do podklasy 1.1.

Ilość niewybuchów amunicji i jej elementów oraz ich zasięg może być znaczny. Rozrzucona amunicja i jej elementy będą posiadały uszkodzenia termiczne (nadpalenie, stopienie) oraz mechaniczne (pęknięcie, wgniecenie, rozerwanie) przez co będą bardziej niebezpieczne niż w dawnym stanie. Amunicję o ww. cechach zaklasyfikowano do podklasy 1.2.1.

## **5.3 Rozrzut amunicji i jej elementów o jednostkowej masie netto ładunku MW NEQ mniejszej niż 0.73 kg**

Jest to mniej niebezpieczna amunicja od zaklasyfikowanej do podklasy 1.2.1, która zawiera ładunki prochowe oraz materiały pirotechniczne – nie zawiera MW.

Łączna ich masa jednostkowa netto nie przekracza 0,73 kg.

Przeprowadzone testy udowodniły, że rozrzut amunicji i jej elementów jest o wiele mniejszy niż dla amunicji opisanej w pkt. a. ale oczywiście większy niż amunicji zaklasyfikowanej do podklasy 1.4. Takie wyroby i materiały wybuchowe zostały zaklasyfikowane do podklasy 1.2.2.

## **5.4 Ustalanie minimalnych dopuszczalnych odległości QD dla ŚB zaklasyfikowanych do podklasy 1.3**

Środki bojowe podklasy 1.3 zostały podzielone na dwie podklasy: ładunki prochowe podklasy 1.3.1 – odpowiadające grupie zgodności 1.3.C oraz inne wyroby podklasy 1.3.2 – odpowiadające grupie zgodności 1.3.G. Chociaż efekty wybuchu są podobne, jednak brano pod uwagę dominujące zagrożenie powstania ognia.

- ładunki prochowe wywołujące masowy efekt ognia mogą tworzyć ładunki (paliwa raketowe), które dają efekt ognistej kuli oraz intensywny impuls cieplny, a także rozrzut płonących fragmentów amunicji przy nieznacznej ilości ciężkich i lekkich odłamków. Niekontrolowany wybuch wywołuje ukierunkowane działanie poprzez otwory okienne i drzwi oraz najsłabszej konstrukcji ściany lub dach. Takie materiały wybuchowe lub substancje zostały zaklasyfikowane do podklasy 1.3.1.
- ładunki prochowe niewywołujące masowego efektu ognia – inne ładunki niż materiały wybuchowe, które podczas wybuchu tworzą umiarkowany efekt ognia oraz niewielki rozrzut odłamków i płonących fragmentów. Są one mniej niebezpieczne niż te, które charakteryzuje podklasa 1.2. Takie materiały wybuchowe zostały zaklasyfikowane do podklasy 1.3.2.

## 5.5 Dopuszczalne odległości QD dla ŚB zaklasyfikowanych do podklasy 1.4

Odległości QD magazynów ŚB PES zaklasyfikowanych do podklasy 1.4 do innych obiektów ES nie są funkcją masy netto MW NEQ. Dopuszczalne odległości dla takich obiektów są ustalane na podstawie obowiązujących przepisów przeciwpożarowych.

## 5.6 Dopuszczalne odległości QD dla ŚB zaklasyfikowanych do podklasy 1.6

Jest bardzo mało danych, dotyczących niekontrolowanego wybuchu ŚB zaklasyfikowanych do podklasy 1.6. Znane są tylko pojedyncze przypadki zadziałania egzemplarzy tego rodzaju ŚB. Zanotowano przy tym przeniesienie detonacji na inne ŚB tej samej podklasy i umiarkowane spalenie całej ilości amunicji.

Reasumując, dla poszczególnych typów magazynów i ich wzajemnego usytuowania względem siebie oraz wszystkich rodzajów środków bojowych zaklasyfikowanych do poszczególnych podklas określono kryteria ustalania odległości QD dla:

- obiektów magazynowych naziemnych obsypanych ziemią,
- obiektów magazynowych naziemnych nieobsypanych ziemią – ciężkiej konstrukcji,
- obiektów magazynowych naziemnych nieobsypanych ziemią – lekkiej konstrukcji.

## 6. Podsumowanie

Pomimo ustawowej delegacji dla Ministra Obrony Narodowej nie zostało do tej pory nie zostało wydane rozporządzenie, dotyczące szczegółowych wymagań dla pomieszczeń magazynowych ŚB eksploatowanych w resorcie obrony narodowej, uwzględniające zróżnicowanie zagrożeń dla życia lub zdrowia ludzkiego, mienia oraz środowiska naturalnego.

W związku z brakiem jednego dokumentu normatywnego, na podstawie którego można byłoby dokonywać całościowej oceny bezpieczeństwa funkcjonowania składów środków bojowych, wydaje się konieczne podjęcie prac legislacyjnych w kierunku implementacji podręcznika NATO – AASTP-1 i na tej podstawie – w oparciu o delegację ustawową (art. 24 ww. ustawy z dnia 22 czerwca 2001 r. [6]) - wydanie rozporządzenia Ministra Obrony Narodowej, dotyczącego szczegółowych wymagań dla pomieszczeń magazynowych ŚB eksploatowanych w resorcie obrony narodowej, uwzględniającego zróżnicowanie zagrożeń dla życia lub zdrowia ludzkiego, mienia oraz środowiska naturalnego.

Ustalanie w odniesieniu do wojskowych składów środków bojowych strefy ochronnej o zasięgu oddziaływania nadciśnienia fali uderzeniowej o wartości 1 kPa jest zbyt restrykcyjne, biorąc pod uwagę szkodliwość nadciśnienia na organizmy żywe dopiero powyżej 10 kPa. W AASTP-1 przyjmuje się górną granicę bezpiecznego nadciśnienia dla zdrowia ludzkiego i ochrony środowiska 5 kPa.

### Objaśnienia skrótów i pojęć

**NEQ** – Net Explosives Quantity – masa netto materiałów wybuchowych zawartych środkach bojowych;

**PES** – Potential Explosion Site – miejsce potencjalnego wybuchu,

**ES** – Exposed Site – miejsce zagrożone oddziaływaniem wybuchu,

**IBD** – Inhabited Building Distances – odległość do zamieszkałych budynków,

**PTRD** – Public Traffic Route Distance – odległość do dróg publicznych,

**QD** – Quantity Distance – obliczona odległość do zagrożonych wybuchem obiektów, uwzględniająca wielkość materiału wybuchowego

## Dokumenty odniesienia

- [1] Wytyczne Szefa Inspektoratu Wsparcia SZ z dnia 9 czerwca 2010 r. w sprawie przechowywania środków bojowych (z późn. zm.).
- [2] Ustawa z dnia 28 października 2002 r. o przewozie drogowym towarów niebezpiecznych (Dz. U. Nr 199, poz. 1671)<sup>3</sup>.
- [3] Allied Ammunition Storage and Transport Publication – AASTP-1 Edition-3 – "Manual of NATO Safety Principles for the Storage of Military Ammunition and Explosives".
- [4] DoD Ammunition and Explosives Safety Standards - DoD 6055.09-STD.
- [5] Ustawa z dnia 22 czerwca 2001 r. o wykonywaniu działalności gospodarczej w zakresie wytwarzania i obrotu materiałami wybuchowymi, bronią, amunicją oraz wyborami i technologią o przeznaczeniu wojskowym lub policyjnym (Dz. U. Nr 67, poz. 679 oraz z 2002 r. Nr 74, poz. 676 i Nr 117, poz. 1007).
- [6] Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 9 lipca 2003 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy produkcji, transporcie wewnątrzzakładowym oraz obrocie materiałami wybuchowymi, w tym wyrobów pirotechnicznych (Dz. U. Nr 163, poz. 1577).
- [7] Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz. U. z 2003 r. Nr 80, poz. 717 z późn. zm.).
- [8] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 7 maja 2004 r. w sprawie sposobu uwzględniana w zagospodarowaniu przestrzennym potrzeb obronności i bezpieczeństwa państwa (Dz. U. Nr 125, poz. 1309).
- [9] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – prawo budowlane (Dz. U. Nr 89, poz. 414 z późn. zm.).
- [10] Decyzja Nr 368/MOM Ministra Obrony Narodowej z dnia 30 września 2011 r. w sprawie wprowadzenia do użytku „Instrukcji w sprawie udziału organów wojskowych w planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym kraju oraz ustalaniu stref ochronnych”.
- [11] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 75, poz. 690).
- [12] Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska (tekst jednolity Dz. U. Nr 25, poz. 150 z 2008 r.).
- [13] Polska norma Nr PN-85/B-02170: Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłoże na budynki.
- [14] Allied Ammunition Storage and Transport Publication – AASTP-3 Edition-1 "Manual of NATO Safety Principles for the Hazard Classification of Military Ammunition and Explosives".

---

<sup>3</sup> Ustawa określa zasady przewozu drogowego towarów niebezpiecznych. Użyte w ustawie określenia oznaczają: Umowa ADR (fr. *L' Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route*) – Umowa europejska dotycząca międzynarodowego przewozu drogowego towarów niebezpiecznych (ADR) z 30 września 1957 r. (Dz. U. z 2002 r. Nr 199, poz. 1629 z późn. zm.).