OBLICZANIE SZKODLIWYCH I NIESZKODLIWYCH ODLEGŁOŚCI DLA PRZECHOWYWANIA I UŻYWANIA GAZÓW TOKSYCZNYCH W POJEMNIKACH PRZEWOŹNYCH

IGC Doc 189/14/E

EUROPEJSKIE STOWARZYSZENIE GAZÓW TECHNICZNYCH AISBL

AVENUE DES ARTS 3-5 • B–1210BRUKSELA
Tel.:+3222177098 • Faks:+3222198514
E-mail:info@eiga.eu • Internet:www.eiga.eu

OBLICZANIE SZKODLIWYCH I NIESZKODLIWY ODLEGŁOŚCI DLA PRZECHOWYWANIA I UŻYWANIA GAZÓW TOKSYCZNYCH W POJEMNIKACH PRZEWOŹNYCH

OPRACOWALI:

Joachim Barbe	MESSER
Jean-Paul Barbier	AIR LIQUIDE
Giorgio Bissolotti	SIAD
Douglas McCormack	AIR PRODUCTS
Andre Ritter	THE LINDE GROUP
Frank Slootman	AIR LIQUIDE
Pierre Wolfs	EIGA

Zrzeczenie się

Wszystkie publikacje techniczne EIGA lub dokonane pod nazwą EIGA, w tym kodeksy praktyki, procedury bezpieczeństwa oraz wszelkie inne informacje techniczne zawarte w takich publikacjach zostały uzyskane ze źródeł uważanych za rzetelne i oparte są o informacje i doświadczenie dostępne od członków EIGA oraz innych w dniu ich wydania.

Choć EIGA zaleca korzystanie z jego dokumentów lub odwoływanie się do nich przez jego członków, takie korzystanie lub odwoływanie się do publikacji EIGA przez jego członków lub strony trzecie jest wyłącznie dobrowolne i nie wiążące.

Zatem, EIGA i jego członkowie nie gwarantują wyników i nie przyjmują odpowiedzialności w związku z wykorzystaniem zawartych w publikacjach EIGA informacji lub sugestii bądź powołaniem się na nie.

EIGA nie posiada jakiejkolwiek kontroli odnośnie do wypełnienia lub niewypełnienia, błędnej interpretacji, właściwego lub niewłaściwego wykorzystania jakichkolwiek zawartych w publikacjach EIGA informacji lub propozycji przez jakąkolwiek osobę lub podmiot (w tym również członków EIGA), i dlatego EIGA wyraźnie zrzeka się odpowiedzialności w związku z powyższym.

Publikacje EIGA podlegają okresowej rewizji i dlatego przestrzega się użytkowników, aby uzyskali najnowsze wydanie.

©EIGA 2014 - EIGA udziela zezwolenia na reprodukcję tej publikacji pod warunkiem potwierdzenia, że pochodzi ona od Stowarzyszenia.

EUROPEJSKIE STOWARZYSZENIE GAZÓW TECHNICZNYCH AISBL
Avenue des Arts 3-5 B 1210 Bruksela Tel.: +32 2 217 70 98 Faks: 2 219 85 14
E-mail: info@eiga.eu Internet: www.eiga.eu

Spis treści

1 Wstęp ... 5

2 Cel i zakres ... 5

2.1 Cel ... 5

2.2 Zakres 1

3 Terminologia i definicje ... 5

3.1 Terminologia 1 ... 6

3.1.1 Winien, musi, należy (*ang. shall*) ... 6
3.1.2 Powinien (ang. *should*) ... 6
3.1.3 Może (ang. *May*) ... 6
3.1.4 Może (ang. *Can*) ... 6

3.2 Gazy toksyczne ... 6

3.3 Pojemniki przewoźne do gazów toksycznych ... 6

3.4 Użytkowane pojemniki przewoźne do gazów toksycznych ... 6

3.5 Bezpieczna odległość ... 7

3.6 Szkodliwy oddziaływanie ... 7

3.7 Nieszkodliwe oddziaływanie ... 7

4 Przypadkowe wycieki gazów toksycznych z pojemników przewoźnych ... 7

5 Określenie scenariusza poważnego możliwego wycieku gazu toksycznego z pojemników przewoźnych ... 8

5.1 Pojemniki przewoźne do gazów toksycznych będące w trakcie przechowywania ... 8

5.2 Pojemniki przewoźne do gazów toksycznych będące w trakcie używania ... 8

5.2.1 Butle, wiązki i beczki ciśnieniowe ... 8
5.2.2 Rury i kontenery MEGC ... 8
5.2.3 Zbiorniki przewoźne/kontenery zbiornikowe ... 8

6 Odległości od zbiorników przewoźnych do gazów toksycznych ... 9

6.1 Uzasadnienie narzędzia i parametrów modelowania rozpraszania gazu ... 9

6.1.1 Narzędzie do modelowania rozpraszania gazu ... 9
6.1.2 Parametry ... 9

6.2 Szkodliwe i nieszkodliwe odległości od przechowywanych zbiorników przewoźnych do gazów toksycznych ... 10

6.3 Szkodliwe i nieszkodliwe odległości od użytkowanych zbiorników przewoźnych do gazów toksycznych ... 10

7 Środki łagodzenia oddziaływań pozwalające na zmniejszenie bezpiecznych odległości ... 10

7.1 Środki łagodzenia oddziaływań dotyczące przechowywanych zbiorników przewoźnych z gazami toksycznymi ... 10

7.2 Środki łagodzenia oddziaływań dotyczące użytkowanych zbiorników przewoźnych z gazami toksycznymi ... 11

7.2.1 Zamknięcie oraz zmniejszenie szkodliwości/rozcieńczenie wycieku gazu toksycznego ... 12

7.2.1.1 Pojemnik z gazem toksycznym oraz przyłączenia zawarte wewnątrz obudowy z wymuszoną wentylacją powietrzną: ... 12
7.2.1.2 Wentylacja z wyciągiem miejscowym (LEV) ... 13
7.2.1.3 Zamknięcie za pomocą kurtyn wodnych ... 13

7.2.2 Zastosowanie urządzeń ograniczających przepływ ... 14

7.2.2.1 Kryzy ograniczające przepływ gazu (RFO) ... 14

7.2.2.2 Systemy automatycznych samozamykających się zaworów 14

7.3 Przykład wpływów systemów łagodzenia oddziaływań na odległości szkodliwe i nieszkodliwe 14

8 Wykaz dokumentów źródłowych 15

9 Glosariusz 16

10 Załączniki 18

10.1 Wykaz głównych gazów toksycznych wraz z danymi dotyczącymi ich własności fizycznych i toksycznych 18

10.2 Wykaz rozmiarów powszechnie stosowanych przewoźnych pojemników gazowych oraz ich zawartości 19

10.3 Wykaz głównych gazów toksycznych wraz z zawartościami powodującymi "szkodliwe oddziaływanie" oraz niepowodującymi "szkodliwego oddziaływania" 20

10.4 Wartości stałych A, B i N charakteryzujących toksyczność głównych gazów toksycznych 21

10.5 Odległości dotyczące przechowywanych zbiorników przewoźnych z gazami toksycznymi 22

10.6 Odległości dotyczące użytkowanych zbiorników przewoźnych z gazami toksycznymi – lokalizacja na zewnątrz budynku bez środków łagodzących oddziaływania 23

10.7 Odległości dotyczące użytkowanych zbiorników przewoźnych z gazami toksycznymi – lokalizacja na zewnątrz budynku z zastosowaniem środków łagodzących oddziaływania (dla warunków atmosferycznych F1.5) 25

10.8 Wykaz parametrów stosowanych w PHAST do modelowania 26

1 Wstęp

Członkowie EIGA napełniają gazami toksycznymi, w tym ich mieszaninami, różnego rodzaju zbiorniki gazowe (butle, wiązki butli, beczki ciśnieniowe, kontenery MEGC, zbiorniki przewoźne) i dostarczają te zbiorniki w ramach swoi łańcuchów dostaw z przeznaczeniem do różnego rodzaju zastosowań.

Dokument EIGA 75 [*poz. lit. 1*] określa ogólne zasady ustalania bezpiecznych odległości dla różnych czynników ryzyka związanych z niebezpiecznymi właściwościami gazów: wdychania gazów toksycznych, promieniowania cieplnego oraz nadciśnienia. Jednakże dokument 75 nie zawiera szczegółowego opisu, jak obliczać odległości dla oddziaływań "szkodliwych" i "nieszkodliwych".

W niniejszym dokumencie podano metodykę określania szkodliwych i nieszkodliwych odległości odnoszących się do ryzyka zainhalowania gazów toksycznych w związku z przechowywaniem i używaniem zbiorników przewoźnych zawierających gazy toksyczne, przy pomocy oprogramowania do modelowania rozpraszania gazu.

2 Cel i zakres

2.1 Cel

Niniejszy dokument ma na celu pomóc członkom EIGA i ich klientom w postępowaniu z władzami w związku z ubieganiem się o uzyskanie pozwoleń na bezpieczne przechowywanie i używanie pojemników przewoźnych do gazów toksycznych, w szczególności w krajach, gdzie odległości oddziaływań "szkodliwych" i "nieszkodliwych" nie są określone w normach lub przepisach.

Zalecenia zawarte w niniejszym dokumencie stosują się do gazów toksycznych i mieszanin gazów toksycznych znajdujących się w pojemnikach przewoźnych. Gazy toksyczne określone są w rozdziale 3.

2.2 Zakres

W niniejszym dokumencie określono scenariusze dla potencjalnych wycieków z przewoźnych pojemników gazowych na podstawie doświadczeń członków EIGA, którzy wymieniali się raportami i analizami wypadków przez ponad 30 lat. Z uwagi na bardzo niską częstotliwość ich występowania, katastrofalne awarie, takie jak rozerwanie pojemnika, nie zostały wzięte pod uwagę jako potencjalne scenariusze.

W dokumencie podano bezpieczne odległości dla oddziaływań "szkodliwych" i "nieszkodliwych" w odniesieniu do przewoźnych pojemników gazowych będących w trakcie przechowywania lub używania, bez wzięcia pod uwagę prawdopodobieństwa wystąpienia wycieków. Podano w nim również przykłady środków łagodzenia oddziaływań, które prowadzą do zmniejszenia odległości.

Dokument opisuje najbardziej powszechne gazy toksyczne oraz najczęstsze pojemniki i ich typowe zastosowania przez członków EIGA i ich klientów. Powinien on pozwolić czytelnikowi na określenie odległości szkodliwych i nieszkodliwych dla innych przypadków.

Opis środków bezpieczeństwa, jakie należy podjąć podczas transportu tych pojemników wykracza poza zakres niniejszego dokumentu.
Dla gazów skroplonych zakres jest ograniczony do pojemników pod ciśnieniem pary gazu w temperaturze otoczenia (bez podgrzewania pojemnika lub poddawania go działaniu zewnętrznego ciśnienia).
Odległości bezpieczeństwa dla stałego magazynowania gazów toksycznych wykracza poza zakres tego dokumentu.

3 Terminologia i definicje

Do celów niniejszego dokumentu stosuje się następująca terminologia i definicje: Uwaga: Skróty użyte w tym dokumencie zdefiniowane są w rozdziale 10Glosariusz

3.1 Terminologia

3.1.1 Winien, musi, należy (*ang.: shall*)

Oznacza, że procedura jest obowiązkowa. Używa się wtedy, gdy kryterium zgodności z określonymi zaleceniami nie dopuszcza odstępstwa.

3.1.2 Powinien (ang. *should*)

Oznacza, że procedura jest zalecana.

3.1.3 Może (*ang.: may*)

Oznacza, że procedura jest opcjonalna.

3.1.4 Może (ang. *Can*)

Oznacza możliwość lub zdolność.

3.2 Gazy toksyczne

Do celów niniejszego dokumentu, gazy toksyczne, to gazy, które zgodnie rozporządzeniem CLP zaliczone są do kategorii 1, 2 lub 3 toksyczności ostrej.
Odpowiada to gazom charakteryzującym się jednogodzinnym średnim stężeniem śmiertelnym dla szczura (LC50 rat1h) < 5000 ppm lub czterogodzinnym (LC50 $_{\text{rat4h) < 2500 ppm.}}$
Toksyczne gazy i mieszaniny najczęściej obsługiwane przez członków EIGA wymieniono w podrozdziale 10.1.
wraz z ich podstawowymi własnościami fizycznymi i toksycznymi.
Więcej danych podano w rozdziale 4 dokumentu 169 EIGA *[poz. lit. 2]*.

3.3 Pojemniki przewoźne do gazów toksycznych

Do celów niniejszego dokumentu, pojemniki gazowe obejmują pojemniki gazowe oraz kontenery MEGC i kontenery zbiornikowe, zgodnie z definicjami podanymi w ADR:

- Butla: przewoźny ciśnieniowy zbiornik odbiorczy o pojemności wodnej nieprzekraczającej 159 litrów.
- Wiązka butli: zespół butli, które są zamocowane ze sobą razem i połączone za pomocą kolektora i przewożone jako jednostka. Całkowita pojemność wodna nie przekracza 3000 litrów, z wyjątkiem wiązek przeznaczonych do przewożenia gazów toksycznych klasy 2, których pojemność wodna jest ograniczona do 1000 litrów.
- Beczka ciśnieniowa: spawany przewoźny ciśnieniowy zbiornik odbiorczy o pojemności wodnej ponad 150 litrów, ale nie więcej niż 1000 litrów (np. pojemniki cylindryczne wyposażone w obręcze do toczenia, lub kuliste posadowione na skidach).
- Rura: przewoźny zbiornik odbiorczy bez szwu o pojemności wodnej przekraczającej 150 litrów, ale nie większej niż 3000 litrów; w USA rury zwane są również "pojemnikami tonowymi" ("ton containers").
- Wieloelementowy kontener gazowy (MEGC): jednostka składająca się z elementów, które są połączone z sobą za pomocą kolektora i zamontowane na ramie. Jako elementy kontenera MEGC przyjmuje się następujące elementy: butle, rury, beczki ciśnieniowe i wiązki butli, jak również zbiorniki do przewozu gazów klasy 2, posiadające pojemność nie większą niż 450 litrów.
- Przewoźny zbiornik/kontener zbiornikowy: jednostka transportowa składająca się z płaszcza i oprzyrządowania, a gdy jest używana do przewozu gazów, posiadająca pojemność nieprzekraczającą 0,45 m^3 (450 litrów). Przewoźne zbiorniki/kontenery zbiornikowe w żargonie przemysłowym nazywane są również "pojemnikami ISO" lub "modułami ISO".

Typowe rozmiary pojemników oraz zawarte w nich gazy toksyczne wymieniono w tabeli 10.2.

3.4 Użytkowane pojemniki przewoźne do gazów toksycznych

Pojemnik przewoźny do gazów toksycznych będący w użyciu oznacza pojemnik, który został włączony do eksploatacji przez podłączenie go do układu. Wyklucza to użycie samego produktu za punktem podłączenia z uwagi na różnorodność zastosowań, które wymagałyby specjalnych środków zarządzania ryzykiem.

3.5 Bezpieczna odległość

Zgodnie z dokumentem 75 EIGA , bezpieczna odległość jest to minimalny odstęp pomiędzy źródłem zagrożenia a obiektem (człowiekiem, urządzeniem lub środowiskiem), który zmniejszy skutek możliwego przewidywalnego incydentu do poziomu "nieszkodliwego oddziaływania" lub do poziomu "szkodliwego oddziaływania" i zapobiegnie eskalacji drobnego incydentu do rozmiarów dużego incydentu.

3.6 Szkodliwe oddziaływanie

Dokument 75 EIGA określa kryterium "szkodliwego" oddziaływania, jako takie oddziaływanie, które może spowodować ciężką szkodę, duże prawdopodobieństwo konieczności opieki lekarskiej, możliwość ciężkiego obrażenia ciała lub prawdopodobieństwo śmiertelnego obrażenia. Zgodnie z dostępnymi danymi podanymi w tabeli 10.3, mogą to być:

- Śmiertelna dawka powodująca śmiertelność 1% populacji narażonej na oddziaływanie (LD01) lub
- Wytyczne dla planowania reagowania w sytuacjach awaryjnych dotyczące zanieczyszczeń powietrza, ERPG poziom 3 (AEG3), Amerykańskiego Stowarzyszenia Higieny Przemysłowej, lub
- Dane opublikowane przez brytyjskie EHS, lub
- Poziomy stanowiące bezpośrednie zagrożenie dla życia lub zdrowia (IDLH) Amerykańskiego Państwowego Instytutu Bezpieczeństwa i Zdrowia Zawodowego (NIOSH).

W niniejszym dokumencie, do obliczenia odległości dla szkodliwego oddziaływania użyto LD_{01}. LD_{01} można obliczyć na podstawie funkcji Probit przy użyciu stałych A, B i N podanych w tabeli 10.4.

3.7 Nieszkodliwe oddziaływanie

Dokument 75 EIGA określa kryteria "nieszkodliwego" oddziaływania, jako takie oddziaływanie, na które mogą być narażeni wszyscy osobnicy bez doznania lub rozwinięcia się nieodwracalnych lub innych poważnych skutków lub objawów zdrowotnych, które mogłyby osłabić ich zdolności do podjęcia działania zabezpieczającego. Zgodnie z dostępnymi danymi podanymi w tabeli 10.3, mogą to być:

- 10% x LD01 dla poziomu szkodliwego lub poziom LD001 dla poziomu nieszkodliwego, lub
- Poziom 2 ERPG lub AEGL2 dla dopuszczalnych poziomów narażenia.
- Jeśli wartości poziomu 2 ERPG nie są dostępne, wówczas należy użyć równoważnego stężenia. Przydatnymi źródłami w/w danych są ustalone w skali kraju wytyczne dotyczące granicznych wartości narażenia zawodowego (OEL), takie jak:
  - w Wielkiej Brytanii, graniczne wielkości narażenia w miejscu pracy (EH40)
  - w USA, graniczne wielkości narażenia zawodowego TLV (c), PEL, itp.)
  - w Niemczech, wartości AGW

W niniejszym dokumencie, do obliczenia odległości dla nieszkodliwego oddziaływania użyto LD_{001}. LD_{001} można obliczyć na podstawie funkcji Probit przy użyciu stałych A, B i N podanych w tabeli 10.4.

4 Przypadkowe wycieki gazów toksycznych z pojemników przewoźnych

Baza danych Rady Doradczej ds. Bezpieczeństwa (SAC) zawiera ponad 3100 raportów z wypadków zebranych w ciągu okresu 35 lat z firm gazów technicznych w Europie. Około 10% (305 raportów) dotyczy wycieków gazów, z czego większość odnosi się do nietoksycznych gazów technicznych: tlenu, wodoru, azotu i dwutlenku węgla. Tylko 1% (31 raportów) dotyczy wycieków gazów toksycznych; stanowi to mniej niż 1 wypadek na rok.
Częstotliwość ta jest zgodna z danymi pobranymi z bazy danych BARPI francuskiego Ministerstwa Ekologii, Zrównoważonego Rozwoju, Transportu i Budownictwa Mieszkaniowego, gdzie spośród 40 000 zdarzeń zebranych od 1966 r., 11 wypadków z udziałem głównych gazów toksycznych w ciągu 45 lat dotyczyło wycieków gazu.
Szacuje się, że liczba napełnianych pojemników gazowych będących w eksploatacji z gazami toksycznymi w Europie wynosi 300 000. Zatem, wynikającą stąd częstotliwość wypadków wycieku gazu toksycznego szacuje się poniżej $3x10^{-6}$ na pojemnik na rok. Częstotliwość tę można porównać z wielkością $5x10^{-7}$ (na butlę na rok) stosowaną przez władze holenderskie [*poz. lit. 3*] oraz $1,1x10^{-6}$ (na butlę na rok) stosowaną przez władze belgijskie [*poz. lit. 4*] dla wydzieleń z wycieku o rozmiarze 3,3 mm.
Obliczone prawdopodobieństwo wycieku gazu toksycznego można wykorzystać do ustalenia, czy konieczne jest określenie bezpiecznej odległości.

To probabilistyczne podejście zaproponowane jest w dokumencie 75 EIGA, i proponowana częstotliwość narażenia progowego **Ft** określania odległości wynosi Ft =< $3,5x10^{-5}$ na rok. Całkowitą częstotliwość

wycieku gazu z populacji butli oblicza się mnożąc powyższą częstotliwość przez liczbę butli.

W przypadku zdarzeń, dla których prawdopodobieństwo wycieku gazu jest mniejsze od wartości progowej (**Ft,**), nie oblicza się odległości.

W przypadku zdarzeń, dla których całkowita częstotliwość wycieku gazu jest większa niż wartość **Ft,** lecz niższa niż 100 X Ft, należy obliczyć odległości na podstawie kryteriów "**szkodliwego**" oddziaływania.

W przypadku zdarzeń, dla których całkowita częstotliwość wycieku gazu jest większa niż 100 X Ft należy obliczyć odległości na podstawie kryteriów "**nieszkodliwego**" oddziaływania.

W krajach, gdzie podejścia probabilistyczne nie są przyjęte, kryteria ustalania bezpiecznych odległości podane są przez władze.

5 Określenie scenariusza poważnego możliwego wycieku gazu toksycznego z pojemników przewoźnych

5.1 Przechowywane pojemniki przewoźne do gazów toksycznych

Pojemniki do gazów toksycznych mają wyloty zaworów zaopatrzone w szczelne korki, zaś zawory są zabezpieczone kołpakiem wstrząsoodpornym.
Możliwy przewidywalny incydent polega na wycieku z pojemnika wskutek korozji lub z zaworu. Katastrofalne awarie pojemników do gazów toksycznych są wykluczone z powodu ich bardzo niskiej częstotliwości występowania (patrz rozdział 4).
Uważa się, że maksymalny możliwy przeciek pojemników z gazami toksycznymi może wystąpić poprzez otwór o średnicy 0,1 mm, jak podano w dokumencie IP 15 [poz. lit. 5] wymienionym w podrozdziale 13.9 dokumentu 134 EIGA
[*poz. lit. 6*]. *Uwaga: Dokument IP 15 został następnie ponownie opublikowany jako EI 15: Wzorcowy kodeks bezpiecznej praktyki, część 15: Kod klasyfikacji obszaru dla instalacji pracujących z płynami łatwopalnymi.*
W odniesieniu do skroplonych gazów toksycznych zakłada się, że wyciek pochodzi z fazy ciekłej.

5.2 Użytkowane pojemniki przewoźne do gazów toksycznych

Wyklucza się ścięcie zaworu z uwagi na jego konstrukcję zgodną z normami ISO (np. ISO 10297: Przewoźne butle gazowe – Zawory butlowe – Specyfikacja i badania typu).
Zakłada się, że maksymalny możliwy wyciek może być spowodowany pęknięciem węża elastycznego lub przewodu typu "pigtail" (półelastycznego odcinka przewodu rurowego) łączącego pojemnik z instalacją lub niepoprawnego odłączenia używanego pojemnika z otwartym zaworem na skutek błędu ludzkiego.
W przypadku skroplonych gazów toksycznych przyjmuje się, że wyciek pochodzi z fazy gazowej, z wyjątkiem przypadku, gdy pojemnik nie jest zaopatrzony w rurę zanurzeniową i jest używany w pozycji pionowej.

5.2.1 Butle, wiązki i beczki ciśnieniowe

Dla przewoźnych pojemników do gazów toksycznych o pojemności mniejszej niż 1000 litrów przyjmuje się, że maksymalny możliwy przeciek następuje poprzez pełny otwór zaworu pojemnika o średnicy wewnętrznej 4 mm, bez środków zamknięcia wycieku i bez urządzenia ograniczającego przepływ gazu toksycznego (np. kryzy o ograniczonym przepływie: RFO).

5.2.2 Rury i kontenery MEGC

Dla przewoźnych rur do toksycznych sprężonych gazów bez fazy ciekłej i o pojemności 1000 litrów i większej, przyjmuje się również, że maksymalny wyciek gazowy następuje poprzez kryzę o średnicy 4 mm, z tych samych powodów, jak podano w pkt. 5.2.1.

5.2.3 Zbiorniki przewoźne/kontenery zbiornikowe

Zgodnie z ADR, przewoźne zbiorniki do skroplonych gazów toksycznych o pojemności 1000 litrów i większej winny być wyposażone w nadmiarowy zawór przepływowy lub równorzędne urządzenie w każdym miejscu wprowadzenia przewodu rurowego.
Na przykład, zbiorniki ISO do amoniaku posiadają awaryjne nadmiarowe zawory przepływowe, które muszą zostać otwarte za pośrednictwem ręcznego zaworu odcinającego, aby zbiornik można było włączyć do eksploatacji. Gdy są one ręcznie otwierane, następuje tylko częściowe ich otwarcie

umożliwiające przejście jedynie niewielkiego przepływu amoniaku w celu podniesienia ciśnienia po odpływowej stronie instalacji. Gdy ciśnienie amoniaku po stronie odpływowej zrówna się z ciśnieniem amoniaku w zbiorniku ISO, następuje pełne otwarcie zaworu awaryjnego. W razie pęknięcia połączenia, ciśnienie amoniaku po odpływowej stronie zawory nadmiarowego zmniejszy się, automatycznie przywracając zawór w położenie jego częściowego otwarcia. Przez kilka sekund będzie utrzymywać się przepływ amoniaku z natężeniem 920 l/min., dopóki zawór nie powróci automatyczne w położenie swojego częściowego otwarcia. Szacowana szybkość upustu ciekłego amoniaku poprzez awaryjny nadmiarowy zawór przepływowy będący w położeniu jego częściowego otwarcia wynosi 2 l/min. (lub 1 kg/min. lub 0.016 kg/s) i odpowiada natężeniu przepływu przez kryzę 1 mm.

Odległość obliczona na podstawie nagłego wypływu o natężeniu 920 l/min. z następującym po nim niewielkim ciągłym wypływem 2 l/min. jest mniejsza niż odległość odpowiadająca ciągłemu wypływowi przez kryzę 4 mm.

6 Odległości od zbiorników przewoźnych do gazów toksycznych

6.1 Uzasadnienie narzędzia i parametrów modelowania rozpraszania gazu

6.1.1 Narzędzie do modelowania rozpraszania gazu

Rozproszenie gazu oblicza się za pomocą Zunifikowanego Modelu Dyspersji (UDM) zaimplementowanego w programie PHAST® . W modelowaniu tym brane jest pod uwagę tylko rozpraszanie w polu swobodnym, a zatem wszelkie oddziaływania lokalnych strumieni powietrza przy urządzeniach/ budynkach nie są ujmowane w obliczaniu rozproszenia.

Program PHAST jest przywołany w dokumencie 75 EIGA i jest uznany przez szereg organów regulacyjnych i władz w państwach członkowskich UE. W niniejszym dokumencie do obliczenia odległości użyta została wersja 6.7 PHAST.

Wyniki mogą być nierzetelne, gdy istnieją następujące warunki:

- Bardzo małe prędkości wiatru.
- Zmiany kierunku wiatru oraz efekty sterujące terenu – W modelowanie zakłada się, że prędkość i kierunek wiatru są stałe (na danej wysokości) na całym obszarze po stronie z wiatrem od miejsca wydzielenia gazu. W modelowaniu przyjmuje się również, że grunt poniżej rozpraszającej się chmury jest płaski i wolny od przeszkód.

W modelowaniu zakłada się, że rozpraszający się płyn nie reaguje z tlenem i parą wodną zawartą w atmosferze. Jednakże niektóre gazy toksyczne i łatwopalne, takie jak fosforowodór, samorzutnie reagują z tlenem, zaś gazy toksyczne i żrące (amoniak, chlorowodór) mogą reagować z wilgocią. Produkty, które rozpraszają się z wiatrem mogą być inne niż gaz, który pierwotnie wydostał się z zamknięcia.

Inne ograniczenia:

- Przeszkody (budynki, konstrukcje, itp.) nie są uwzględniane w symulacjach.
- W modelowaniu założono, że każde wydzielenie gazu, jeśli nie jest pionowe, uchodzi w tym samym kierunku, co wiatr wiejący w czasie wydzielenia.

Wyniki obliczeń zależą od parametrów, które zostały użyte w modelu.

6.1.2 Parametry

Ważne jest, aby zdefiniować parametry wejściowe tak, jak zaproponowano poniżej i aby nie modyfikować domyślnych ustawień wprowadzonych wraz z instalacją PHAST, ażeby można było uzyskać wyniki zgodne z podanymi w tym dokumencie:

- Prędkość wiatru: 1,5, 3 i 5 m/s (wysokość odniesienia 10 m)
- Stabilność Pasquilla: F dla 1,5 i 3 m/s; D dla 5 m/s
- Temperatura otoczenia: 15°C dla F; 20°C dla D
- Parametr chropowatości powierzchni: 0,1 (183 mm)
- Wysokość wydzielenia: 1,5 m
- Wysokość wdychania: 1,5 m
- Kierunek wydzielenia: poziomy
- Wydzielenie zmienne w czasie: nie zastosowano
- Czas uśredniania rdzenia: 600 sek. (identyczny jak czas uśredniania oddziaływania toksycznego, zgodnie z zaleceniem DNV)
- Czas uśredniania oddziaływania toksycznego: 600 sek.
- Data dotyczące czasu oddziaływania: użyć "stały czas uśredniania" ("fixed averaging time")
- Krok siatki wyników toksycznych w kierunku X: 1 m

- Maksymalny czas trwania wydzielenia: 1 godz.
- Pojemność pojemnika zgodnie z maksymalnym stosunkiem napełnienia dozwolonym przez ADR lub zgodnie z praktykami przemysłowymi.

Uwagi:

1. Czas oddziaływania wynosi maksimum 1 godzinę lub jest zbliżony do czasu wydzielenia, jeśli jest krótszy niż 1 godzina.
2. W przypadku, gdy odległości oddziaływania określone w rozdziale 7 są nie do przyjęcia z powodu np. wysokiego ryzyka dla społeczności (np. w pobliżu obszarów miejskich o dużej gęstości zaludnienia), należy przeprowadzić dalsze badania z uwzględnieniem specyficznych warunków danego miejsca (takich jak pogoda, warunki środowiskowe, itp.).
3. Pełny wykaz parametrów zastosowanych w modelowaniu rozpraszania za pomocą programu PHAST podano w podrozdziale 10.8.

6.2 Szkodliwe i nieszkodliwe odległości od przechowywanych zbiorników przewoźnych do gazów toksycznych

Odległości dotyczące wycieków z przewoźnych zbiorników z gazami toksycznymi dla oddziaływań szkodliwych i nieszkodliwych podano w podrozdziale 10.5. Obliczono je na podstawie:

- wycieków w fazie gazowej dla gazów sprężonych
- wycieków w fazie ciekłej dla gazów skroplonych
- rozmiarów pojemników i ilości zawartych w nich gazów toksycznych w temp. 15°C podanych w podrozdziale 10.2. Uwaga: wycieki obliczono w temperaturze 15°C, z wyjątkiem fluorowodoru (HF), dwutlenku azotu (NO2) oraz sześciofluorku wolframu (WF6), dla których przyjęto temperaturę 25°C, ponieważ ciśnienia ich par w temperaturze 15°C są niższe od ciśnienia atmosferycznego.

6.3 Szkodliwe i nieszkodliwe odległości od używanych zbiorników przewoźnych do gazów toksycznych

Odległości dotyczące wycieków z przewoźnych zbiorników z gazami toksycznymi dla oddziaływań szkodliwych i nieszkodliwych podano w podrozdziale 10.6. Obliczono je na podstawie:

- wycieków w fazie gazowej dla gazów sprężonych oraz dla niektórych gazów skroplonych (np. arsenowodoru, fosforowodoru) w butlach używanych tylko w pozycji pionowej i gdy pobierana jest wyłącznie faza gazowa;
- wycieków w fazie ciekłej dla pojemników z gazami skroplonymi, nie ujętych w poprzednim podrozdziale (6.2).
- rozmiarów pojemników i ilości zawartych w nich gazów toksycznych w temp. 15°C podanych w podrozdziale 10.2. Uwaga: wycieki obliczono w temperaturze 15°C, z wyjątkiem fluorowodoru (HF), dwutlenku azotu (NO2) oraz sześciofluorku wolframu (WF6), dla których przyjęto temperaturę 25°C z uwagi na ciśnienia ich par w temperaturze 15°C są niższe od ciśnienia atmosferycznego.

7 Środki łagodzenia oddziaływań pozwalające na zmniejszenie bezpiecznych odległości

Poniższe środki łagodzenia oddziaływań są technicznymi środkami kontroli. Są one stosowane oprócz środków kontroli związanych z zarządzaniem, takich jak badania szczelności, szkolenie i kwalifikacja operatorów, itp.

7.1 Środki łagodzenia oddziaływań dotyczące przechowywanych zbiorników przewoźnych z gazami toksycznymi

Odległości oraz przestrzeń dostępna w zakładzie pozwolą ustalić, czy przechowywanie gazów toksycznych może odbywać się w bezpiecznym miejscu na zewnątrz budynku, czy też wewnątrz budynku.

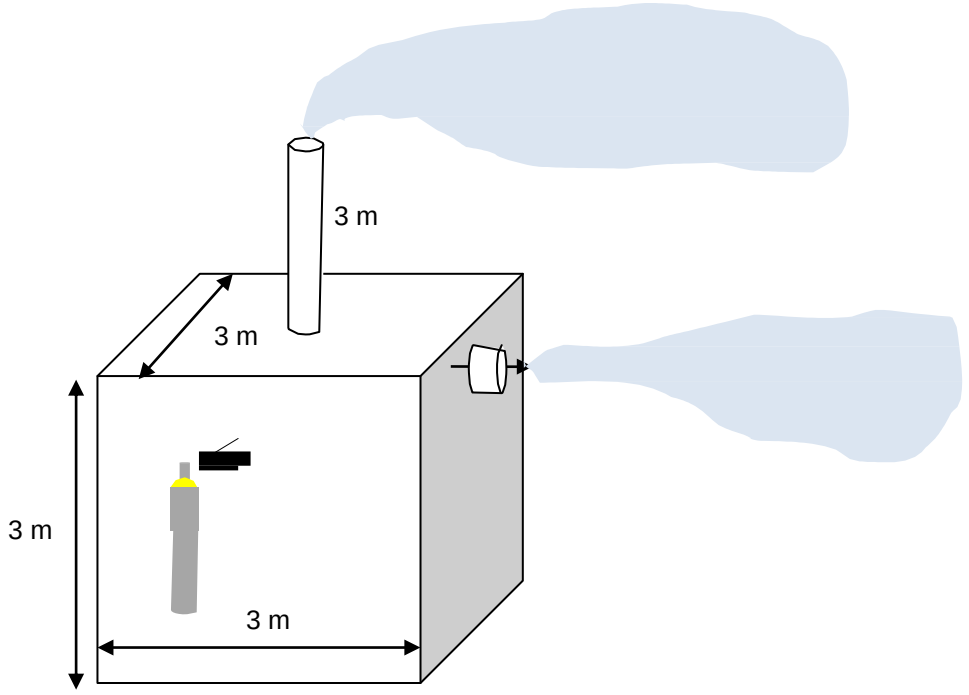
W przypadku przechowywania wewnątrz budynku, miejsce składowania powinno posiadać wymuszoną wentylację określoną na podstawie oceny ryzyka oraz powinno być wyposażone w system wykrywania gazu. Każdy układ wentylacji wymuszonej powinien być podłączony do detektora gazów za pomocą odpowiedniego systemu alarmu wizualnego/dźwiękowego w celu ostrzegania przed stężeniami gazów toksycznych przekraczającymi poziomy nieszkodliwe. Odległości można ograniczyć do wartości granicznych dla składowania wewnątrz budynku poprzez odpowiednie zaprojektowanie układu wentylacji wymuszonej, przy uwzględnieniu informacji zawartych w pkt. 7.21.1 Jeśli nie jest to wykonalne, należy

rozważyć inne systemu łagodzenia oddziaływań.

Przykładowe obliczenia dla przechowywania butli z fosforowodorem wewnątrz budynku

W tym podrozdziale porównano wyniki obliczeń odległości szkodliwych i nieszkodliwych dla przechowywania na zewnątrz budynku butli zawierającej 22,5 kg fosforowodoru z przypadkiem przechowywania wewnątrz budynku wyposażonego w układ wentylacji wymuszonej. Jako przykład wybrano fosforowodór z uwagi na duże odległości wymagane dla składowania na zewnątrz budynku (patrz tabela 10.5) oraz w celu wykazania, że odległości można zmniejszyć do wartości granicznych dla magazynu znajdującego się wewnątrz budynku.
Pomieszczenie magazynowe ma wymiary 3 m x 3 m x 3 m, a wydajność układu wentylacyjnego z tłoczeniem powietrza wynosi 350 m³/h. Średnica rury wylotowej wynosi 200 mm. Ujście wylotu usytuowane jest na wysokości 3 m
powyżej dachu magazynu (przepływ pionowy) i na wysokości 3 m powyżej gruntu w przypadku wylotu zamontowanego na ścianie (przepływ poziomy). Szczegółowe dane przedstawiono na poniższym szkicu.

W obydwóch przypadkach przyjęto kategorię pogody F1.5. Wielkość nieszczelności wynosi 0,1 mm.



W przypadku składowania na zewnątrz budynku, odległości wynoszą: 53 m dla "szkodliwości" oddziaływania oraz 69 m dla "nieszkodliwości" oddziaływania. W przypadku składowania wewnątrz budynku odległości te są zmniejszone do:

- 19 m i 31 m dla wylotu poziomego.
- Wewnątrz pomieszczenia dla wylotu pionowego.

Podobne podejście można zastosować dla przechowywania innych gazów toksycznych, pod warunkiem że system wentylacyjny będzie właściwie zaprojektowany.

Dalsze informacji dotyczące projektowania miejsc magazynowania oraz wykonywanych w nich czynności można uzyskać np.
z dokumentu 130 IGC EIGA *[poz. lit. 8]* oraz Kodeksu Praktyki CP18 BCGA *[poz. lit.7]*.
W każdym przypadku, miejsce magazynowania winno odpowiadać miejscowym wymogom regulacyjnym.

7.2 Środki łagodzenia oddziaływań dotyczące użytkowanych zbiorników z gazami toksycznymi

Odległości dla oddziaływań szkodliwych i nieszkodliwych, proces, w którym używany jest gaz, przestrzeń dostępna w zakładzie oraz miejscowe przepisy pozwolą ustalić, czy gazy toksyczne mogą być używane na zewnątrz czy wewnątrz budynku.

Gdy pojemniki z gazami toksycznymi są podłączone do instalacji, ich zawory powinny być otwarte tylko wtedy, gdy gaz jest pobierany lub przesyłany do innego zbiornika. Gdy pojemniki nie są używane, zawór powinien być zamknięty.

Projektowanie i eksploatowanie instalacji, do których są podłączone pojemniki, wykracza poza ramy niniejszego dokumentu. Jednakże prawidłowy projekt instalacji i poprawne czynności związane z jej eksploatacją pozwolą zmniejszyć prawdopodobieństwo przypadkowego wycieku gazu toksycznego. Winny one być zgodne z miejscowymi wymogami regulacyjnymi oraz uwzględniać treść dokumentów 130 *[poz. lit.8],* 162 *[poz. lit.9]* oraz 163 *[poz lit.10]* EIGA.

W celu zmniejszenia ryzyka wypadków i ich częstotliwości należy rozważyć następujące środki:

- Zapobieganie odłączeniu się butli podczas ich używania;
- Zapobieganie wypadkom związanym z odholowaniem pojazdu podczas używania pojemników;
- Próba ciśnieniowa przyłączenia pojemnika przed otwarciem zaworu pojemnika.

Aby zmniejszyć odległości dla oddziaływań szkodliwych i nieszkodliwych należy rozważyć następujące środki (wykaz ten nie jest wyczerpujący):

- Zamknięcie oraz zmniejszenie szkodliwości/rozcieńczenie wycieku gazu toksycznego;
- Miejscowa instalacja wyciągowa (LEV) w miejscu podłączenia pojemnika oraz zmniejszenie szkodliwości/rozcieńczenie wycieku gazu toksycznego;
- Zastosowanie urządzenie ograniczającego przepływ.

Środki te opisano poniżej.

7.2.1 Zamknięcie oraz zmniejszenie szkodliwości/rozcieńczenie wycieku gazu toksycznego

Istnieją dwa rodzaje zamknięć:

- Zainstalowanie pojemnika z gazem toksycznym oraz jego przyłączenia wewnątrz obudowy z wymuszoną wentylacją powietrzną, z dobraniem wielkości wentylacji tak, aby było zapewnione bezpieczne rozcieńczenie gazu, lub podłączeniem wylotu wentylacji do odpowiedniego układu unieszkodliwiania toksycznego gazu;
- Zamknięcie za pomocą kurtyn wodnych.

7.2.1.1 Pojemnik z gazem toksycznym oraz przyłączenia zawarte wewnątrz obudowy z wymuszoną wentylacją powietrzną

Przykładowymi obudowami są:

- Szafy gazowe służące do przechowywania butli z gazami toksycznymi, głównie w przemyśle półprzewodników
- Pomieszczenia/kontenery/budynki wykonane z materiałów niepalnych, przeznaczone do beczek, wiązek, kontenerów MEGC i zbiorników

Podczas projektowania systemów wentylacji wymuszonej należy zwykle założyć dla normalnej pracy co najmniej sześć do dziesięciu wymian powietrza na godzinę. Rzeczywista wymagana ilość wymian zależeć będzie od wielkości pomieszczenia i rozmieszczenia urządzeń w tym pomieszczeniu oraz od specjalnych środków zmniejszania oddziaływania.

Detektory gazów toksycznych winny być usytuowane na wlocie układu wentylacyjnego i powinny być wyposażone w alarm włączający się po osiągnięciu stężeń progowych narażenia zawodowego.

Alarm ten powinien być alarmem równocześnie wizualnym i dźwiękowym i powinien znajdować się zarówno wewnątrz (jeśli stosowne) jak i na zewnątrz obudowy dla umożliwienia ewakuacji pracujących wewnątrz operatorów i interwencji zespołu ratowniczego z zewnątrz.

Wielkość awaryjnego wymuszonego przepływu powietrza powinna być dobrana tak , aby zapewniała laminarny przepływ przez każdy otwór wewnątrz ścian obudowy, i zgodnie z maksymalną szybkością wydzielania się toksycznego gazu, która powinna być zneutralizowana.

Wylot układu wentylacyjnego powinien być podłączony do systemu unieszkodliwiania gazu toksycznego, jeśli nie można osiągnąć resztkowych odległości nieszkodliwych. Wydajność układu unieszkodliwiania powinna być dobrana stosownie do maksymalnego natężenia przepływu możliwego wycieku gazu toksycznego podanego w tabeli w podrozdziale 10.7, rozcieńczonego w powietrzu wentylacji wymuszonej o awaryjnym natężeniu przepływu. Winny być spełnione maksymalne poziomy emisji

dopuszczone przez lokalne przepisy.

W tych warunkach odległości nieszkodliwego oddziaływania mogą być zmniejszone do granicznych wartości odnoszących się do obudowy.

Ten sam przykład, jak opisany w podrozdziale 7.1 dla przechowywania butli z fosforowodorem wewnątrz budynku, zastosowany do używania, pokazuje, że nie ma zmniejszenia odległości przy zastosowaniu samej wentylacji. Zatem, albo należy podłączyć wylot wentylacyjny do układu unieszkodliwiania, lub zastosować inny system łagodzenia oddziaływania, jak opisany w podrozdziale 7.3.

Jednak w przypadku używania pojemników do amoniaku, wyniki są następujące:

Przykład obliczeń dla używania pojemników wewnątrz budynku

W tym przykładzie porównano wyniki obliczeń odległości dla używania butli zawierającej 66 kg amoniaku na zewnątrz budynku z przypadkiem używania jej wewnątrz budynku wyposażonego w układ wentylacji wymuszonej. Jako przykład wybrano amoniak z uwagi na jego szerokie zastosowanie oraz w celu wykazania, że odległości można zmniejszyć do wartości granicznych dla miejsca znajdującego się wewnątrz budynku.

Pomieszczenie ma wymiary 3 m x 3 m x 3 m, a awaryjna wydajność układu wentylacyjnego z tłoczeniem powietrza wynosi 1900 m³/h.

Średnica rury wywiewnej wynosi 200 mm. Wylot wywiewu usytuowany jest na wysokości 3 m powyżej dachu magazynu (przepływ pionowy) lub na wysokości 3 m powyżej gruntu dla wylotu zamontowanego w ścianie (przepływ poziomy).

We wszystkich przypadkach przyjęto kategorię pogody F1.5. Wielkość nieszczelności wynosi 4 mm.

W przypadku użytkowania na zewnątrz budynku, odległości wynoszą: 27 m dla "szkodliwości" i 47 m dla "braku szkodliwości"; jednakże w przypadku użytkowania wewnątrz budynku odległości te są zmniejszone do:

- 19 m i 31 m dla wylotu poziomego.
- Wewnątrz pomieszczenia dla wylotu pionowego.

Podobne podejście można zastosować dla innych gazów toksycznych, pod warunkiem że system wentylacyjny będzie właściwie zaprojektowany.

7.2.1.2 Wentylacja z wyciągiem miejscowym (LEV)

Wentylacja z wyciągiem miejscowym (LEV) służy do wychwytywania wycieku gazu na złączu pojemnika gazowego za pomocą systemu wentylacji z wymuszonym przepływem powietrza.

Wentylacja LEV powinna pracować w sposób ciągły przy natężeniu przepływu wystarczającym do zapewnienia prędkości powietrza pozwalającej na wychwyt wyciekającego gazu w potencjalnym punkcie emisji.

LEV jest zwykle stosowana wewnątrz budynku, lecz może również być używana na zewnątrz, aby polepszyć wykrywanie wycieków gazu.

Detektory gazów toksycznych powinny być usytuowane na wlocie układu wentylacyjnego zaopatrzonego w alarm włączający się po osiągnięciu stężeń progowych.

Alarm ten powinien być alarmem równocześnie wizualnym i dźwiękowym dla umożliwienia ewakuacji pracujących wewnątrz operatorów i interwencji zespołu ratowniczego z zewnątrz.

Wylot układu wentylacyjnego powinien być podłączony do systemu unieszkodliwiania gazu toksycznego, jeśli nie można osiągnąć uzyskanych w wyniku bezpiecznych odległości. Wydajność układu unieszkodliwiania powinna być dobrana stosownie do maksymalnego możliwego natężenia przepływu wycieku gazu toksycznego podanego w tabeli w podrozdziale 10.6, rozcieńczonego w powietrzu wentylacji wymuszonej o awaryjnym natężeniu przepływu. Winny być spełnione maksymalne poziomy emisji dopuszczone przez lokalne przepisy.

W tych warunkach, odległości dla pojemników będących w użytkowaniu można zmniejszyć do takich samych wielkości, jak dla pojemników składowanych.

7.2.1.3 Zamknięcie za pomocą kurtyn wodnych

Kurtyny wodne zwykle używane są do dużych pojemników usytuowanych na zewnątrz w schronie.

Gdy toksyczny gaz reaguje i/lub szybko rozpuszcza się w wodzie (np. amoniak, dwutlenek siarki) oraz w przypadku dużych pojemników (pojemników ISO, przenośnych zbiorników) zamknięcie można uzyskać przez włączenie kurtyn wodnych powyżej każdego otworu na wszystkich bokach poniżej dachu schronu.

W pobliżu złącza pojemnika powinny być umieszczone detektory gazów toksycznych z alarmem włączającym się po osiągnięciu stężeń progowych. Alarm ten powinien być alarmem równocześnie wizualnym i dźwiękowym dla umożliwienia ewakuacji operatorów i interwencji zespołu ratowniczego.

W razie wykrycia gazu toksycznego w stężeniu awaryjnym, muszą zostać włączone kurtyny wodne w celu wychwycenia toksycznego gazu poprzez reakcję i/lub rozpuszczenie.

Ścieki odpływające z kurtyn wodnych winny być zbierane w bezpiecznym miejscu i usuwane zgodnie z przepisami.

W tych warunkach odległości mogą być skrócone do granic śladu schronu.

7.2.2 Zastosowanie urządzeń ograniczających przepływ

7.2.2.1 Kryzy ograniczające przepływ gazu (RFO)

Kryza RFO umieszczona wewnątrz wylotu zaworu pojemnika ma otwór o mniejszym przekroju niż wewnętrzny przekrój zaworu pojemnika (4 mm). Powoduje to zmniejszenie natężenia przepływu gazu poprzez kryzę proporcjonalnie do stosunku jej przekroju do wewnętrznego przekroju zaworu pojemnika o średnicy 4 mm.

Powszechnie stosowana kryza RFO ma średnicę 0,25 mm. W rezultacie, natężenie przepływu wycieku i wynikająca z niego bezpieczna odległość zostają zmniejszone. Patrz przykład podany w podrozdziale 7.3.

7.2.2.2 Systemy automatycznych samozamykających się zaworów

Do systemów takich należą:

- Pneumatyczne zawory pojemnikowe włączane przez pętlę zabezpieczającą i detektory gazów umieszczone w pobliżu złącza.
- Ręczne zawory pojemnikowe uruchamiane przez pneumatyczny lub elektryczny mechanizm zamykania zaworu (np. Chlorguard-UK) włączane przez pętlę zabezpieczającą i detektory gazów. Mogą one pozwalać na zmniejszenie odległości przez skrócenie czasu wydzielania, a w rezultacie czasu oddziaływania. Patrz przykład podany w podrozdziale 7.3.

7.3 Przykład wpływów systemów łagodzenia oddziaływań na odległości szkodliwe i nieszkodliwe

W poniższej tabeli podano odległości dla skutków szkodliwych i nieszkodliwych dotyczące butli gazowej o pojemności wodnej 50 l zawierającej 22,5 kg fosforowodoru w następujących warunkach:

- Wyciek gazowy w przypadku użytkowania oraz wyciek ciekły w przypadku przechowywania.
- Przechowywanie na zewnątrz bez użycia środków łagodzenia oddziaływań.
- Przechowywanie wewnątrz budynku z wentylacją wymuszoną.
- Użytkowanie na zewnątrz bez użycia środków łagodzenia oddziaływań.
- Użytkowanie na zewnątrz z zastosowaniem kryzy RFO 0,25 mm.
- Użytkowanie na zewnątrz z zastosowaniem kryzy RFO 0,25 mm i automatycznego samozamykającego się zaworu zamykającego się po 30 sekundach.

Warunki użytkowania butli	Warunki wydzielania się gazu		Oddziaływanie szkodliwe (odległość do LD01) [m]	Oddziaływanie nieszkodliwe (odległość do LD001) [m]
	Stan gazu	**Szybkość wydzielania [g/s]**	**F1.5**	**F1.5**
Przechowywanie na zewnątrz	29,83bar.g przy 15°C	0,28 g/s	53 m	69 m
Przechowywanie wewnątrz budynku	29,83bar.g przy 15°C	0 28 g/s	Odległość ograniczona do miejsca przechowywania wewnątrz budynku	Odległość ograniczona do miejsca przechowywania wewnątrz budynku
Używanie na zewnątrz (bez środków łagodzenia oddziaływań)	29,83 bar.g przy 15°C	100 g/s	848 m	1 093 m
Użytkowanie na zewnątrz, 0.25 mm RFO	29,83 bar.g przy 15°C	0,39 g/s	61 m	80 m
Użytkowanie na zewnątrz, 0.25 mm Kryza RFO, automatyczny samozamykający się zawór zamyka się po 30 sek. od wydzielenia	29,83 bar.g przy 15°C	0,39 g/s	6 m	8 m

Dalsze obliczenia odległości do "nieszkodliwych" oddziaływań dla użytkowania na zewnątrz dla innych gazów toksycznych i rozmiarów pojemników przedstawiono w podrozdziale 10.7.

8 Wykaz dokumentów źródłowych

Uwaga: Wszystkie dokumenty EIGA można pobrać bezpłatnie pod adresem http://www.eiga.org/index.php?id=181

1 EIGA Doc 75: *Wyznaczanie bezpiecznych odległości,*
2 EIGA Doc 169: *Przewodnik w zakresie klasyfikacji, etykietowania i kart charakterystyk zgodnie z rozporządzeniami WE 1272/2008 (rozporządzenie CLP),*
3 Modellering gas cylinders uit Handleiding Risicoberekeningen BEVI concept versie 1.4 (Modelowanie butli gazowych za pomocą narzędzia oceny ryzyka BEVI wersja 1.4); 18.01.2008 r.; opublikowane przez holenderski RIVM (Państwowy Instytut Zdrowia Publicznego i Środowiska)
4 Informator o częstotliwości awarii za 2009 r. dla sporządzania raportu o bezpieczeństwie, opublikowany przez Flamandzki Rząd, http://www.lne.be/themas/veiligheidsrapportage/rlbvr/bestanden-rlbvr/tr/vr_rlbvr_rl_hbff_EN.pdf
5 EI 15: Wzorcowy kodeks bezpiecznej praktyki, część 15: Kod klasyfikacji obszaru dla instalacji pracujących z płynami łatwopalnymi.
6 EIGA Doc 134 Atmosfery potencjalnie wybuchowe – dyrektywa UE 1999/92/WE
7 BCGA CP 18: Bezpieczne przechowywanie, obsługa i używanie gazów specjalnych w mikroelektronice i innych gałęziach przemysłu
8 EIGA Doc 130/11/E Zasady bezpiecznej obsługi i dystrybucji silnie toksycznych gazów i mieszanin
9 EIGA Doc 162/10/E Kodeks praktyki - Fosforowodór
10 EIGA Doc 163/10/E Kodeks praktyki - Arsenowodór

9 Glosariusz

ADR	Europejskie porozumienie w sprawie międzynarodowego przewozu niebezpiecznych towarów drogą lądową
AEGL-2	Poziom 2 wg Wytycznych w sprawie ostrego oddziaływania jest to stężenie w powietrzu (wyrażone w ppm lub mg/m3) substancji, powyżej którego przewiduje się, że ogólna populacja, w tym jednostki podatne, mogłaby doznać nieodwracalnych lub innych ciężkich, długotrwałych negatywnych skutków zdrowotnych lub ograniczenia zdolności do ucieczki (http://www.epa.gov/oppt/aegl/pubs/define.htm).
AEGL-3	Poziom 3 wg Wytycznych w sprawie ostrego oddziaływania jest to stężenie w powietrzu (wyrażone w ppm lub mg/m3) substancji, powyżej którego przewiduje się, że ogólna populacja, w tym jednostki podatne, mogłaby doznać skutków zagrażających życiu lub ograniczenia zdolności do uniknięcia śmierci (http://www.epa.gov/oppt/aegl/pubs/define.htm).
BARPI	BARPI (Biuro Analizy Ryzyka i Zanieczyszczeń Przemysłowych) jest jednostka we francuskim Ministerstwie Ekologii, Zrównoważonego Rozwoju, Transportu i Mieszkalnictwa, która jest odpowiedzialna za prowadzenie bazy danych zdarzeń wypadkowych, które zaszkodziły lub mogły zaszkodzić zdrowiu lub bezpieczeństwu publicznemu, rolnictwu, przyrodzie lub środowisku.
Rozporzą-dzenie CLP	Rozporządzenie Wspólnoty Europejskiej nr 1272/2008 w sprawie klasyfikacji, znakowania i pakowania substancji i mieszanin
ERPG-2	Poziom 2 wg Wytycznych w sprawie planowania reagowania w sytuacjach awaryjnych jest to maksymalne stężenie w powietrzu, poniżej którego uważa się, że niemal wszystkie jednostki mogłyby być poddane oddziaływaniu przez maks. 1 godzinę bez doznania lub rozwinięcia się nieodwracalnych lub innych ciężkich skutków lub objawów, które mogłyby ograniczyć zdolność jednostki do podjęcia działania zabezpieczającego (2011, Wytyczne w sprawie planowania reagowania w sytuacjach awaryjnych (ERPG) oraz Informator o poziomach narażenia środowiskowego w miejscu pracy (WEEL), AIHA).
ERPG-3	Poziom 3 wg Wytycznych w sprawie planowania reagowania w sytuacjach awaryjnych jest to maksymalne stężenie w powietrzu, poniżej którego uważa się, że niemal wszystkie jednostki mogłyby być poddane oddziaływaniu przez maks. 1 godzinę bez doznania lub rozwinięcia się skutków zagrażających życiu (2011, Wytyczne w sprawie planowania reagowania w sytuacjach awaryjnych (ERPG) oraz Informator o poziomach narażenia środowiskowego w miejscu pracy (WEEL), AIHA).
IDLH	Bezpośrednio niebezpieczne dla życia i zdrowia stężenie jest to stężenie, które może spowodować śmierć albo natychmiastowe lub opóźnione negatywne skutki zdrowotne, bądź uniemożliwić ucieczkę z takiego otoczenia. Czas oddziaływania 30 min.
LC50 (1h)	LC50 dla toksyczności ostrej po zainhalowaniu jest to takie stężenie pary, które podane samcom i samicom młodych dorosłych szczurów albinosów poprzez wdychanie najprawdopodobniej spowoduje w ciągu 14 dni śmierć połowy badanych zwierząt (ADR 2013).
LD01	Śmiertelna dawka powodująca śmiertelność 1% populacji narażonej na działanie.
OEL	Graniczne wielkości narażenia zawodowego (OEL) są ustalane przez właściwe organy państwowe lub inne stosowne państwowe instytucje jako graniczne wartości stężeń niebezpiecznych związków w powietrzu w miejscu pracy (https://osha.europa.eu/en/topics/ds/oel).
RFO	Kryza z ograniczonym przepływem
SLOD	Określony poziom śmiertelności (Organ Wykonawczy ds. Zdrowia i Bezpieczeństwa Zjednoczonego Królestwa). SLOD jest zdefiniowany jako dawka powodująca zwykle 50% śmiertelność (LD50) populacji

	narażonej na działanie.
SLOT	Określony poziom toksyczności (Organ Wykonawczy ds. Zdrowia i Bezpieczeństwa Zjednoczonego Królestwa). HSE (Organ Wykonawczy ds. Zdrowia i Bezpieczeństwa) określił SLOT jako: silne negatywne skutki doznane przez niemal każdego, kto znajduje się w danym miejscu, przy czym znaczna część narażonej populacji wymaga opieki medycznej, niektóre osoby doznają silnych obrażeń wymagających dłuższego leczenia, a bardzo podatne osoby mogą ponieść śmierć.

10 Załączniki

10.1 Wykaz głównych gazów toksycznych wraz z danymi dotyczącymi ich własności fizycznych i toksycznych

Nr SDS EIGA	Nazwa zwyczajowa	Wzór	T_{kryt} (°C)	T_{wrz} (°C)	P_{par} przy 15°C Bar (g)	LC50/$_{szczur}$ 1h ppm(v)	Najwyższy % dla ostr. toks. kat.3
2	Amoniak	NH_3	132	-33	6,25	4 000	80,00
5	Arsenowodór	AsH_3	100	-62,5	12,05	20	0,40
6	Trójchlorek boru	BCl_3	181,9	12,5	0,104	2 541	50,82
7	Trójfluorek boru	BF_3	-12,3	-100	Nie dotyczy	387	7,74
19	Tlenek węgla	CO	-140	-192	Nie dotyczy	3 760	75,20
22	Chlor	Cl_2	144	-34	4,875	293	5,86
40	Dwuborowodór	B_2H_6	16,6	-92,5	35,59	80	1,60
43	Dwuchlorosilan	SiH_2Cl_2	176	8,4	0,282	314	6,28
56	Tlenek etylenu	C_2H_4O	196	10,4	0,2	2 900	58,00
57	Fluor	F_2	-129	-188	Nie dotyczy.	185	3,70
68	Bromowodór	HBr	90	-66,7	18,27	2 860	57,20
69	Chlorowodór	HCl	51,4	-85	36,34	2 810	56,20
70	Fluorowodór	HF	188	19,5	0,86	966	19,32
72	Selenowodór	H_2Se	138	-41,4	6,94	2	0,04
73	Siarkowodór	H_2S	100	-60,2	14,64	712	14,24
88	Tlenek azotu	NO	-93	-1	Nie dotyczy	115	2,30
90	(1) Dwutlenek azotu (2) Czterotlenek dwuazotu	(1) NO_2 (2)N_2O_4	158	-152	-0,2)	115	2,30
100	Fosforowodór	PH_3	51,6	21,1	29,83	20	0,40
108	Czterofluorek krzemu	SiF_4	-14,1	-88	Nie dotyczy	450	9,00
113	Dwutlenek siarki	SO_2	158	-95,2	1,8	2 520	50,40
123	Sześciofluorek wolframu	WF_6	195,4	-10	-0,08)	160	3,20
Miesz.	30% dwuboranu w wodorze	30% B_2H_6 w H_2	Nie dotyczy	-	Nie dotyczy	267	Nie dotyczy
Miesz.	1% arsenowodoru w wodorze	1% AsH_3 w H_2	Nie dotyczy	-	Nie dotyczy	2 000	Nie dotyczy
Miesz.	1% fosforowodoru w wodorze	1% PH_3 w H_2	Nie dotyczy	-	Nie dotyczy	2 000	Nie dotyczy
Miesz.	20% fluoru w azocie	20%F_2 w N_2	Nie dotyczy	-	Nie dotyczy	925	Nie dotyczy

* Zgodnie z rozporządzeniem europejskim (WE) Nr 1272/2008 (CLP).

10.2 Wykaz rozmiarów powszechnie stosowanych przewoźnych pojemników gazowych oraz ich zawartości

Nr SDS EIGA	NAZWA ZWYCZAJOWA	ADR 2013 Maks. stosunek napełnienia (Ciśnienie próbne)	Typowe butle		Typowe beczki cieśn. i wiązki		Typowe MEGC i zbiorniki	
			Pojemność (Ciśnienie robocze)	Kg lub Sm^3	Pojemność (Ciśnienie robocze)	Kg lub Sm^3	Pojemność (Ciśnienie robocze)	Kg lub Sm^3
2	Amoniak	0,54 kg/L	79 L 127 L	40 kg 66 kg	960 L	500 kg	21 000 L	11 000kg
5	Arsenowodór	1,10 kg/L	10 L 50 L	0,25 kg 10,4 kg				
6	Trójchlorek boru	1,19 kg/L	10 L 50 L	11,9 kg 59,5 kg				
7	Trójfluorek boru	0,715 kg/L (225bar)	10 L (60bar)	6 kg				
		0,86 kg/L (300bar)	50 L (60bar)	43 kg				
19	Tlenek węgla	Ciśnienie robocze butli	40 L (200bar)	7,6 Sm^3	480 L (200bar)	91,2 Sm3	11 600 L 24x12x40L (200 bar)	2 200 Sm^3
22	Chlor	1,25 kg/L	52 L	65 kg	400 L 800 L	500 kg 1,000kg		
40	Dwuboran	0,07 kg/L	Mieszany Dwuboran – patrz poniżej					
43	Dwuchlorosilan	0,90 kg/L (10bar)	47 L	43 kg	960 L	837 kg		
		1,08 kg/L (200bar)						
56	Tlenek etylenu	0,78 kg/L	50 L	39 kg	1000 L	780 kg		
57	Fluor	30 bar	50 L	2,3 kg lub 28bar	600 L	20 kg lub 20bar		
68	Bromowodór	1,51 kg/L	10 L 50 L	12 kg 50 kg				
		0,56 kg/L (120bar)			960 L	550 kg		
		0,74 kg/L (200bar)	67 L	50 kg				
70	Fluorowodór	0,84 kg/L	50 L	38,5 kg	400 L	330 kg		
72	Selenowodór	1,60 kg/L	44 L	45,4 kg				
73	Siarkowodór	0,67 Kg/L	50 L	33,5 kg	960 L	600 kg		
88	Tlenek azotu	33 bar	50 L	1,7 Sm^3				
90	(1) Dwutlenek azotu (2) Czterotlenek dwuazotu	1,3 kg/L	10 L	13 kg				
100	Fosforowodór	0,3 kg/L (225bar)	10 L	0,5 kg				
		0,45 Kg/L (250bar)	50 L	22.5 kg				
108	Czterofluorek krzemu	0,74 Kg/L (200bar)	20 L (200bar))	10 kg lub 61bar				
		1,1 Kg/L (300bar)	45 L (300bar)	49,5 kg lub 131bar				
113	Dwutlenek siarki	1,23 kg/L	50 L	61,5 kg	500 L 1000 L	550 kg 1070 Kg		
123	Sześciofluorek wolframu	3,08 kg/L	20 L	52 kg				
Miesz.	30% B_2H_6 in H_2	Ciśnienie robocze butli	50 L (200bar)	65 m^3 lub 124 bar				
Miesz.	1% AsH_3 w H_2	Ciśnienie robocze butli	50 L (150bar)	6,8 Sm^3				
Miesz.	1% PH_3 w H_2	Ciśnienie robocze butli	50 L (150bar)	6,8 Sm^3				
Miesz.	20%F_2 w N_2	Ciśnienie robocze butli	50 L	5 Sm3 lub 100bar	600 L	60 Sm^3		

10.3 Wykaz głównych gazów toksycznych wraz z zawartościami powodującymi "szkodliwe oddziaływanie" oraz niepowodującymi "szkodliwego oddziaływania"

Nr SDS EIGA	NAZWA ZWYCZAJOWA lub WZÓR	Działanie szkodliwe			Działanie nieszkodliwe	
		ERPG3	AEGL3	IDLH	ERPG2	AEGL2
2	Amoniak	750 ppm	1 100 ppm 1 600 ppm	300 ppm	150 ppm	160 ppm 220 ppm
5	Arsenowodór	1,5 ppm	0,5 ppm 0,63 ppm	3 ppm	0,5 ppm	0,17 ppm 0,21 ppm
6	Trójchlorek boru	Nie okr.	Nie okr.	Nie okr.	Nie okr.	Nie okr.
7	Trójfluorek boru	100 mg/m³	88 mg/m³ 110 mg/m³	25 mg/m³	30 mg/m³	29 mg/m³ 37 mg/m³
19	Tlenek węgla	500 ppm	330 ppm 600 ppm	1 200 ppm	350 ppm	83 ppm 150 ppm
22	Chlor	20 ppm	20 ppm 28 ppm	10 ppm	3 ppm	2 ppm 2,8 ppm
40	Dwuboran	3 ppm	3,7 ppm 7,3 ppm	15 ppm	1 ppm	1 ppm 2 ppm
43	Dwuchlorosilan	Nie okr.	50 ppm 110 ppm	Nie okr.	Nie okr.	11 ppm 22 ppm
56	Tlenek etylenu	500 ppm	200 ppm 360 ppm	800 ppm	50 ppm	45 ppm 80 ppm
57	Fluor	20 ppm	13 ppm 19 ppm	25 ppm	5 ppm	5 ppm 11 ppm
68	Bromowodór	Nie okr.	120 ppm 250 ppm	30 ppm	Nie okr.	25 ppm 50 ppm
69	Chlorowodór	150 ppm	100 ppm 210 ppm	50 ppm	20 ppm	22 ppm 43 ppm
70	Fluorowodór	50 ppm	44 ppm 62 ppm	30 ppm	20 ppm	24 ppm 34 ppm
72	Selenowodór	2 ppm	1,1 ppm 1,4 ppm	1 ppm	0,2 ppm	0,33 ppm 0,44 ppm
73	Siarkowodór	100 ppm	50 ppm 59 ppm	100 ppm	30 ppm	27 ppm 32 ppm
88	Tlenek azotu	Nie okr.	Nie okr.	100 ppm	Nie okr.	Nie okr.
90	(1) Dwutlenek azotu (2) Czterotlenek dwuazotu	30 ppm	20 ppm 25 ppm	20 ppm	15 ppm	12 ppm 15 ppm
100	Fosforowodór	5 ppm	3,6 ppm 7,2 ppm	50 ppm	0,5 ppm	2 ppm 4 ppm
108	Czterofluorek krzemu	Nie okr.	10 ppm 13 ppm	Nie okr.	Nie okr.	3,3 ppm 4,3 ppm
113	Dwutlenek siarki	25 ppm	30 ppm 30 ppm	100 ppm	3 ppm	0,75 ppm 0,75 ppm
123	Sześciofluorek wolframu	Nie okr.	Nie okr.	Nie okr.	Nie okr.	Nie okr.
Miesz.	30% B_2H_6 w N_2	Patrz wartości czystych gazów				
Miesz.	1% AsH_3 w H_2	Patrz wartości czystych gazów				
Miesz.	1% PH_3 w H_2	Patrz wartości czystych gazów				
Miesz.	20% F_2 w N_2	Patrz wartości czystych gazów				

ND – Nie określono

Materiały źródłowe:
Wartości AEGL: http://www.epa.gov/oppt/aegl/pubs/chemlist.htm (07.11.2011); podano dwie wartości – pierwszą dla czasu ekspozycji 60 min., a drugą dla czasu ekspozycji 30 min.
Wartości ERPG: Informator ERPG/WEEL 2013, Podstawa - Wytyczne AIHA
IDLH: http://www.cdc.gov/niosh/idlh/intridl4.html

10.4 Wartości stałych A, B i N charakteryzujących toksyczność głównych gazów toksycznych

Nr SDS EIGA	NAZWA ZWYCZAJOWA lub wzór	A ppm(v)	B	N	Odniesienie / Uwagi*
2	Amoniak	-16,21	1	2	/1/
5	Arsenowodór	-8,78	1,61	1,24	/1/
6	Trójchlorek boru	-15,19	1,69	1	/2/
7	Trójfluorek boru	-10,02	1,64	1	/2/
19	Tlenek węgla	-7,21	1	1	/1/
22	Chlor	-4,81	0,5	2,75	/1/
40	Dwuboran	-27,87	3,5	1	/3/
43	Dwuchlorosilan	-11,32	1,69	1,18	/3/, Pseudo Probit – Materiał odniesienia: chlorowodór
56	Tlenek etylenu	-6,03	1	1	/1/
57	Fluor	-19,09	1,694	2	/4/
68	Bromowodór	-13,11	1,68	1	/4/
69	Chlorowodór	-35,62	3,69	1	/1/
70	Fluorowodór	-8,62	1	1,5	/1/
72	Selenowodór	-5,46	1,73	1	/2/
73	Siarkowodór	-10,76	1	1,9	/1/
88	Tlenek azotu	-150,84	15,43	1	/2/
90	(1) Dwutlenek azotu (2) Czterotlenek dwuazotu	-16,06	1	3,7	/1/
100	Fosforowodór	-6,026	1	2	/4/
108	Czterofluorek krzemu	-12,04	1,69	1,18	/3/, Pseudo Probit – Materiał odniesienia: chlorowodór
113	Dwutlenek siarki	-16,76	1	2,4	/1/
123	Sześciofluorek wolframu	-10,39	1,69	1	/2/
Miesz.	30% B_2H_6 w H_2	-32,08	3,5	1	/5/
Miesz.	1% AsH_3 w H_2	-17,97	1,61	1,24	/5/
Miesz.	1% PH_3 w H_2	-15,24	1	2	/5/
Miesz.	20% F_2 w N_2	-24,54	1,694	1	/5/

(*) Ponieważ żadne pojedyncze źródło nie podaje wyczerpującego wykazu wartości stałych dla czystych gazów toksycznych ujętych w tym dokumencie, wykorzystano różne źródła o wskazanym pierwszeństwie:

1 Poradnik oceny ryzyka BEVI (tabela 15), ponieważ jest on najbardziej uznanym źródłem wartości stałych dla gazów toksycznych.

2 Gdy w tabeli 15 Poradnika oceny ryzyka BEVI nie było podanych wartości stałych, użyto wartości z bazy danych PHAST.

3 Gdy wartości stałych nie było ani w tabeli 15 Poradnika oceny ryzyka BEVI ani w bazie danych PHAST, użyto wartości SLOD i SLOT opublikowanych przez HSE. I wreszcie, gdy nie można było znaleźć w literaturze żadnych wartości, użyto wartości stałych podanych przez The Linde Group.

Źródła:

/1/ Handleiding Risicoberekeningen BEVI versie 3.2 (Poradnik oceny ryzyka BEVI wersja 3.2); 01 lipca 2009 r.; wydany przez Holenderski Państwowy Instytut Zdrowia Publicznego i Środowiska (RIVM)

/2/ Dane SLOT i SLOD opublikowane przez Organ Wykonawczy ds. Zdrowia i Bezpieczeństwa Zjednoczonego Królestwa (http://www.hse.gov.uk/chemicals/haztox.htm)

/3/ Dane podane przez The Linde Group

/4/ DNV PHAST 6.7

/5/ Przeliczenie oparto na podanym składzie: B i N są niezależne od stężenia związku toksycznego w mieszaninie; $A_{mix} = A + B \ln (X^N)$, przy czym X = ułamek molowy związku toksycznego w mieszaninie

10.5 Odległości dotyczące przechowywanych zbiorników przewoźnych z gazami toksycznymi

Nazwa gazu	Warunki wydzielania się gazu			Zawartość gazu (kg lub Sm³)	Działanie szkodliwe (odległość do LD01) [m]			Działanie nieszkodliwe (odległość do LD001) [m]		
	Stan gazu	Wydziela na faza	Szybkość wydziel.		F1.5	F3	D5	F1.5	F3	D5
Amoniak	6,25 barg przy 15°C	Ciecz	0,15 g/s	40 kg	1,8m	1,5m	1,5m	2,1m	1,7m	1,8m
				66 kg	1,8m	1,5m	1,5m	2,1m	1,7m	1,8m
				500 kg	1,8m	1,5m	1,5m	2,1m	1,7m	1,8m
				11000 kg	1,8m	1,5m	1,5m	2,1m	1,7m	1,8m
Arsenowodór	12,05 barg przy 15°C	Ciecz	0,28 g/s	0,25 kg	10m	11m	5,1m	15m	14m	6,1m
				10,5 kg	29m	24m	8,7m	39m	31m	10m
Trójchlorek boru	0,104 barg przy 15°C	Ciecz	0,03 g/s	11,9 kg	0,8m	0,8m	0,6m	1m	1m	0,7m
				59,5 kg	0,8m	0,8m	0,6m	1m	1m	0,7m
Trójfluorek boru	106 barg przy 15 °C	Gaz	0,46 g/s	6 kg	12m	12m	6,4m	20m	18m	7,9m
	109 barg przy 15 °C	Gaz	0,46 g/s	43 kg	12m	12m	6,6m	21m	18m	8,1m
Tlenek węgla	200 barg przy 15 °C	Gaz	0,33 g/s	7,6 Sm³	4,0m	3,1m	3,2m	5,3m	4,3m	4,5m
				91,2 Sm³	4,0m	3,1m	3,2m	5,3m	4,3m	4,5m
				2 200 Sm³	4,0m	3,1m	3,2m	5,3m	4,3m	4,5m
Chlor	4,875 barg przy 15°C	Ciecz	0,015 g/s	65 kg	6,7m	7,1m	3,7m	12m	11m	4,7m
				500 kg	6,7m	7,1m	3,7m	12m	11m	4,7m
				1 000 kg	6,7m	7,1m	3,7m	12m	11m	4,7m
Dwuchlorosilan	0,2 barg przy 15°C	Ciecz	0,042 g/s	43 kg	3,6m	3,3m	1,9m	4,6m	3,9m	2,2m
				837 kg	3,6m	3,3m	1,9m	4,6m	3,9m	2,2m
Tlenek etylenu	0,2 barg przy 15°C	Ciecz	0,03 g/s	39 kg	2,3m	2m	1,5m	3,6m	3,1m	2m
Fluor	28 barg przy 15°C	Gaz	86 g/s	2,3kg	2,6m	2,1m	2m	3,2m	3,1m	2,5m
	20 barg przy 15°C	Gaz	62 g/s	20kg	2,3m	1,9m	1,8m	2,9m	2,8m	2,2m
Bromowodór	18,27 barg przy 15°C	Ciecz	0,39 g/s	12 kg	3,3m	2,7m	2,8m	3,9m	3,6m	3,4m
Chlorowodór	36,34 barg przy 15°C	Ciecz	0,42 g/s	50 kg	3,1m	2,5m	2,5m	3,4m	2,7m	2,8m
				550 kg	3,1m	2,5m	2,5m	3,4m	2,7m	2,8m
Fluorowodór	0,09 barg przy 25 °C	Ciecz	0,05 g/s	38,5 kg	3,1m	2,5m	2,5m	3,4m	2,7m	2,8m
				330 kg	3,1m	2,5m	2,5m	3,4m	2,7m	2,8m
Selenowodór	6,94 barg przy 15°C	Ciecz	0,24 g/s	45,4 kg	90m	65m	19m	119m	84m	23m
Siarkowodór	14,64 barg przy 15°C	Ciecz	378 g/s	33,5 kg	4,5m	5,1m	3,8m	6,1m	7,5m	4,5m
				600 kg	4,5m	5,1m	3,8m	6,1m	7,5m	4,5m
Tlenek azotu	33 barg przy 15°C	Gaz	0,06 g/s	1,8kg	1,5m	1,5m	1,4m	1,9m	1,5m	1,5m
Dwutlenek azotu	0,2 barg przy 25°C	Ciecz	0,04 g/s	13 kg	3,2m	3m	2,1m	3,6m	3,4m	2,3m
Fosforowodór	29,83 barg przy 15°C	Ciecz	0,28 g/s	22,5 kg	53m	40m	14m	69m	51m	16m
Czterofluorek krzemu	61 barg przy 15°C	Gaz	0,25 g/s	10 kg	1,8m	2,8m	1,7m	2m	2,8m	1,9m
	131 barg przy 15°C	Gaz	0,63 g/s	49,5 kg	5,6m	6,1m	5,4m	7,2m	6,1m	5,5m
Dwutlenek siarki	1,8 barg przy 15°C	Ciecz	0,11 g/s	61,5 kg	1,5m	1,3m	1,2m	1,7m	1,5m	1,3m
				550 kg	1,5m	1,3m	1,2m	1,7m	1,5m	1,3m
				1 070 kg	1,5m	1,3m	1,2m	1,7m	1,5m	1,3m
Sześciofluorek wolframu	0,513 barg przy 25°C	Ciecz	0,09 g/s	52 kg	1,5m	1,7m	1,1m	1,6m	1,7m	1,3m
30% B_2H_6 w H_2	124 barg przy 15°C	Faza gazowa	0,12 g/s	6 Sm^3	3,9m	3,4m	3,2m	4,3m	4,1m	3,5m
1% AsH_3 w H_2	150 barg przy 15°C	Faza gazowa	0,074 g/s	6,8 Sm^3	3,1m	2,9m	2,6m	3,8m	4,1m	3,1m
1% PH_3 w H_2	150 barg przy 15°C	Faza gazowa	0,067 g/s	6,8 Sm^3	3,4m	3,7m	2,9m	4,4m	5,3m	3,4m
20% F_2 w N_2	100 barg przy 15°C	Faza gazowa	0,17 g/s	5 Sm^3	0,1m	0,1m	0,1m	0,1m	0,1m	0,1m

10.6 Odległości dotyczące użytkowanych zbiorników przewoźnych z gazami toksycznymi – lokalizacja na zewnątrz budynku bez środków łagodzących oddziaływania

Nazwa gazu	Warunki wydzielania się gazu			Zawartość gazu (kg lub Sm³)	Działanie szkodliwe (odległość do LD01) [m]			Działanie nieszkodliwe (odległość do LD001) [m]		
	Stan gazu	Wydziela na faza	Szybkość wydzielani		F1.5	F3	D5	F1.5	F3	D5
Amoniak	6,25 barg przy 15°C	Gaz	15 g/s	40 kg	12m	9m	8m	19m	11m	9m
				66 kg	14m	9m	8m	22m	13m	10m
		Ciecz	236 g/s	40 kg	20m	19m	15m	31m	26m	22m
				66 kg	27m	23m	19m	47m	36m	28m
				500 kg	83m	62m	49m	118m	90m	61m
				11000 kg	103m	80m	57m	162 m	121m	70 m
Arsenowodór	12,05 barg przy 15°C	Gaz	58 g/s	0,25 kg	8m	6m	7m	11m	9m	8m
				10,5 kg	118m	98m	36m	177m	139m	45m
Trójchlorek boru	0,104 barg przy 15 °C	Gaz	2,5 g/s	11,9 kg	4m	3m	4m	5m	4m	4m
				59,5 kg	4m	3m	4m	5m	4m	4m
Trójfluorek boru	106 barg przy 15 °C	Gaz	697 g/s	6 kg	11m	13m	8m	17m	13m	11m
	109 barg przy 15 °C	Gaz	733 g/s	43 kg	39m	46m	40m	55m	76m	60m
Tlenek węgla	200 barg przy 15 °C	Gaz	529 g/s	7,6 Sm³	4m	5m	3m	8m	10m	6m
				91,2 Sm³	28m	23m	16m	84m	76m	51m
				2 200 Sm³	473m	424m	220m	917m	750m	294m
Chlor	4,875 barg przy 15°C	Gaz	24 g/s	65 kg	157m	108m	34m	255m	167m	48m
		Ciecz	292 g/s	65 kg	391m	299m	95m	595m	456m	129m
				500 kg	698m	524m	143m	1 031m	763m	194m
				1 000 kg	843m	627m	165m	1 227m	900m	223m
Dwuchlorosilan	0,282 barg przy 15°C	Gaz	4 g/s	43 kg	60m	38m	16m	83m	52m	19m
		Ciecz	66 g/s	837 kg	457m	326m	70m	559m	398m	83m
Tlenek etylenu	0,2 barg przy 15°C	Gaz	2,2 g/s	39 kg	26m	20m	11m	55m	38m	16m
		Ciecz	49 g/s	39 kg	128m	91m	23m	171m	125m	38m
				780 kg	332m	233m	51m	497m	354m	76m
Fluor	28 barg przy 15°C	Gaz	86 g/s	2,3 kg	46m	44m	21m	51m	56m	28m
	20 barg przy 15°C	Gaz	62 g/s	20 kg	124m	103m	42m	150m	126m	48m
Bromowodór	18,27 barg przy 15°C	Gaz	91 g/s	12 kg	7m	6m	5m	8m	7m	6m
				50 kg	17m	12m	10m	29m	23m	12m
Chlorowodór	36,34 barg przy 15°C	Gaz	129 g/s	50 kg	12m	9m	8m	14m	11m	9m
		Ciecz	669 g/s	50 kg	8m	7m	7m	9m	10m	9m
				550 kg	96m	72m	59m	115m	85m	73m
Fluorowodór	0,21 barg przy 25 °C	Gaz	2,6 g/s	38,5 kg	44m	38m	16m	72m	56m	20m
		Ciecz	47 g/s	330 kg	467m	28m	71m	633m	230m	95m
Selenowodór	6,94 barg przy 15°C	Gaz	35 g/s	45,4 kg	1032mm	695m	157m	1 362m	905m	202m
Siarkowodór	14,64 barg przy 15°C	Gaz	46 g/s	33,5 kg	98m	80m	31m	138m	112m	39m
		Ciecz	378 g/s	600 kg	540m	427m	156m	743m	578m	192m
Tlenek azotu	33 barg przy 15°C	Gaz	91 g/s	1,7 m³	3m	2m	2m	3m	2m	2m
Dwutlenek azotu	0,2 barg przy 25°C	Gaz	2,2 g/s	13 kg	4m	34m	14m	57m	40m	16m
Fosforowodór	29,83 barg przy 15°C	Gaz	100 g/s	0,5 kg	110m	110m	65m	145m	139m	77m
				22,5 kg	848m	627m	163m	1 093 m	795m	199m
Czterofluorek krzemu	61 barg przy 15°C	Gaz	402 g/s	10 kg	16m	16m	12m	24m	21m	15m
	131 barg przy 15°C	Gaz	1 015 g/s	49,5 kg	45m	47m	38m	53m	63m	58m
Dwutlenek siarki	1,8 barg przy 15°C	Gaz	10 g/s	61,5 kg	9m	7m	7m	13m	8m	8m
		Ciecz	179 g/s	61,5 kg	15m	18m	14m	23m	26m	19m
				550 kg	86m	68m	30m	123m	95m	36m
				1 070 kg	93m	73m	31m	134m	102m	38m

Nazwa gazu	Warunki wydzielania się gazu			Zawar-tość gazu (kg lub Sm³)	Działanie szkodliwe (odległość do LD01) [m]			Działanie nieszkodliwe (odległość do LD001) [m]		
	Stan gazu	Wydziela na faza	Szybkość wydzielani		F1.5	F3	D5	F1.5	F3	D5
Sześciofluorek wolframu	0,07 barg przy 15°C	Gaz	3,2 g/s	52 kg	18m	17m	8m	32m	25m	11m
30% B_2H_6 w H_2	124barg przy 15°C	Gaz	192 g/s	6,2 Sm³	4m	4m	4m	5m	4m	4m
1% AsH_3 w H_2	150barg przy 15°C	Gaz	118 g/s	6,8 Sm3	3m	3m	3m	5m	4m	4m
1% PH_3 w H_2	150barg przy 15°C	Gaz	109 g/s	6,8 Sm³	12m	12m	11m	13m	14m	13m
20% F_2 w N_2	100barg przy 15°C	Gaz	273 g/s	5 Sm^3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
				60 Sm³	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

10.7 Odległości dotyczące użytkowanych zbiorników przewoźnych z gazami toksycznymi – lokalizacja na zewnątrz budynku z zastosowaniem środków łagodzących oddziaływania (dla warunków atmosferycznych F1.5)

Gaz Nie dotyczy	Warunki wydzielania się gazu			Zawartość gazu (kg lub Sm^3)	Nieszkodliwe działanie (odległość do LD001)	
	Stan gazu	Wydzielana faza	Szybkość wydzielania (g/s)		4mm i zamykanie po 30 sek. [a]	4mm (bez śr. łagodz.) [b]
Amoniak	6,25 barg przy 5°C	Gaz	15g/s	40 kg	2,4m	12m
				66 kg	2,4m	12m
		Ciecz	236g/s	40 kg	11m	20m
				66 kg	11m	27m
				500 kg	11m	83m
				11 000 kg	11m	103m
Arsenowodór	12,05 barg przy 15°C	Gaz	58g/s	0,25 kg	8 mm	8 m
				10,5 kg	8 mm	118m
Trójchlorek boru	0,104 barg przy 15°C	Gaz	2,5g/s	11,9 kg	0,2m	2m
				59,5 kg	0,7m	4m
Trójfluorek boru	106 barg przy 15°C	Gaz	697 g/s	6 kg	26m	11m
	109 barg przy 15°C	Gaz	733 g/s	43 kg	26m	39m
Tlenek węgla	200 barg przy 15°C	Gaz	529g/s	7,6 Sm^3	4m	4m
				91,2 Sm^3	6,3m	28m
				2 200Sm^3	6,3m	473m
Chlor	4,875 barg przy 15°C	Gaz	24g/s	65 kg	30m	157m
				500 kg	30m	173m
				1000 kg	30m	173m
		Ciecz	292g/s	65 kg	181m	391m
				500 kg	181m	698m
				1000 kg	181m	843m
Dwuchlorosilan	0,282 barg przy 15°C	Gaz	4g/s	43 kg	2,8m	60m
		Ciecz	66g/s	837 kg	8m	457m
Tlenek etylenu	0,2 barg przy 15°C	Gaz	2,2g/s	39 kg	1,1m	128m
		Ciecz	49g/s	780 kg	3m	332m
Fluor	28 barg przy 15°C	Gaz	86g/s	2,3 kg	12m	46m
	20 barg przy 15°C	Gaz	62g/s	20 kg	10m	124m
Bromowodór	18,27 barg przy 15°C	Gaz	91g/s	12 kg	2m	7m
				50 kg	5,3m	17m
Chlorowodór	36,34 barg przy 15°C	Gaz	129g/s	50 kg	2m	8m
			129g/s	550 kg	2m	96m
		Ciecz	669g/s	50 kg	3,2m	8m
			669g/s	550 kg	3,2m	97m
Fluorowodór*	0,21 barg przy 25°C	Gaz	2,6g/s	38,5 kg	4,1m	44m
		Ciecz	47g/s	330 kg	31m	467m
Selenowodór	6,94 barg przy 15°C	Gaz	35g/s	45,4 kg	31m	1032m
Siarkowodór	14,64 barg przy 15°C	Gaz	46g/s	33,5 kg	17m	98m
		Ciecz	378g/s	600 kg	59m	540m
Tlenek azotu	33 barg przy 15°C	Gaz	91 g/s	1,7Sm^3	3m	3m
Dwutlenek azotu	0,2 barg przy 25°C	Gaz	2,2g/s	13 kg	4m	4m
Fosforowodór	29,83 barg przy 15°C	Gaz	100 g/s	0,5 kg	110m	110m
				22,5 kg	250m	848m
Czterofluorek krzemu	61 barg przy 15°C	Gaz	402g/s	10 kg	16m	16m
	131 barg przy 15°C	Gaz	1,015g/s	49,5 kg	29m	45m
Dwutlenek siarki	1,8 barg przy 15°C	Gaz	10g/s	61,5 kg	2,8m	9m
		Ciecz	179g/s	550 kg	7,5m	15m
				1,070 kg	7,5m	93m
Sześciofluorek wolframu	0,07 barg przy 15°C	Gaz	3,2	52 kg	1m	18m
30 % B_2H_6 w	124 barg przy 15°C	Gaz	192g/s	6,2Sm^3	3,1m	4m
1% AsH_3 w H_2	150barg przy 15°C	Gaz	118g/s	6,8Sm^3	2,8m	3m
1% PH_3 w H_2	150barg przy 15°C	Gaz	109g/s	6,8Sm^3	11m	12m
20% F_2 w N_2	100barg przy 15°C	Gaz	273g/s	5Sm^3	n.d.	n.d.
				60Sm^3	n.d.	n.d.

[a] Odległość braku szkodliwości dla wycieków poprzez zawór pojemnikowy o średnicy 4mm z automatycznym samozamykającym się zaworem zatrzymującym wyciek w ciągu 30 sekund.

[b] Odległość braku szkodliwości dla wycieków poprzez zawór pojemnikowy o średnicy 4mm bez systemu automatycznego samozamykającego się zaworu.

10.8 Wykaz parametrów stosowanych w PHAST do modelowania

Parametry	Wartości/uwagi	Jednostki
Parametry wypływu		
Ciągła krytyczna liczba Webera	12,5	
Chwilowa krytyczna liczba Webera	12,5	
Stała równania odpowietrzania	24,82	
Ciśnienie krytyczne większe niż fazy przepływu	0,3447	bar
Maksymalna prędkość wydzielania	500	m/s
Minimalna dopuszczalna średnica kropli	0,01	um
Maksymalna dopuszczalna średnica kropli	1E4	um
Domyślny ułamek cieczy	100	%
Współczynnik ciągłego poślizgu kropli	1	
Współczynnik chwilowego poślizgu kropli	1	
Liczba kroków czasu	100,00	
Maksymalna liczba punktów danych	1 000,00	
Tolerancja	0,0001	
Sprzężenie cieplne ze ścianą	Brak modelowania wymiany	
Zastosowanie równ. Bernouliego dla wymuszonego wypływu fazy ciecz-ciecz	Użyć równania przepływu ściśliwego	
Metoda ograniczenia prędkości	Stała prędkość	
Metoda kropli - tylko ciągła	Zmodyfikowane CCPS	
Zmiany powietrza	3	/godz.
Wysokość	1	m
Metoda rozprężania atmosferycznego	Najbliższe warunkom	
Mechanizm wymuszania rozbicia kropli -	Zastosować korelację	
Mechanizm wymuszania rozbicia kropli - Ciągły	Nie wymuszać korelacji	
Odparowywanie rzutowe w kryzie	Brak odparowywania	
Postępowanie z kropelkami	Nie uwięzione	
Parametry rozpraszania		
Stosunek długość strefy rozprężania/średnica	0,01	
Parametr biernego porywania w pobliżu pola	1	
Model strumieniowy	Morton i współautorzy	
Współczynnik porywania strumienia, alfa1	0,17	
Współczynnik porywania strumienia, alfa2	0,35	
Współczynnik oporu czołowego między chmurą a	0	
Parametr gęstego obłoku gamma - ciągły	0	
Parametr gęstego obłoku gamma - chwilowy	0,3	
Parametr gęstego obłoku K - ciągły	1,15	
Parametr gęstego obłoku K - chwilowy	1,15	
Modelowanie rozprężenia chwilowego	Metoda standardowa	
Maksymalna różnica prędkości obłoku/otoczenia	0,1	
Maksymalna różnica gęstości obłoku/otoczenia	0,015	
Maksymalny ułamek nie-biernego porywania	0,3	
Maksymalna liczba Richardsona	15	
Wielokrotność odległości dla pełnego biernego	2	
Czas uśredniania rdzenia	600	s
Stosunek chwilowej/ciągłej sigma-y	1	
Stosunek chwilowej/ciągłej sigma-z	1	
Model termodynamiki odparowywania kropelek	Mokry opad, nierównowagowy	
Stosunek prędkości kropelek/rozprężania dla wydzielenia chwilowego	0,8	
Odcięcie energii rozprężania dla kąta kropelek	0,69	kJ/kg

Współczynnik początkowego mokrego opadu	0	
Oflagować, aby zresetować położenie mokrego	Nie zresetować położenie	
Liczba Richardsona dla biernego przejścia powyżej rozlewiska	0,015	
Parametr unoszenia odparowania z rozlewiska	1,5	
Kryterium liczby Richardsona dla oderwania się	-20	
Oflagować dla przenoszenia ciepła/pary wodnej	Ciepło i woda	
Powierzchnia, po której następuje rozpraszanie	Teren	
Minimalna dopuszczalna temperatura	-262,1	stop. C
Maksymalna dopuszczalna temperatura	626,9	stop. C
Minimalna prędkość wydzielania dla ciągłego	0,1	m/s
Minimalna wysokość ciągłego wydzielania	0	m
Maksymalna odległość rozpraszania	5E4	m
Maksymalna wysokość rozpraszania	1000	m
Minimalna głębokość obłoku	0,02	m
Traktowanie górnej warstwy mieszania	Ograniczona	
Używany model	Najlepsze oszacowanie	
Długość po stronie zawietrznej	Obliczyć	
Połowa szerokości po stronie zawietrznej	Obliczyć	
Wysokość po stronie zawietrznej	Obliczyć	
Czynnik F	Obliczyć	
Odległość przełączenia	Obliczyć	
Maksymalna wielkość początkowego kroku	10	m
Minimalna liczba kroków na strefę	5,00	
Czynnik zwiększenia kroku	1,2	
Maksymalna liczba kroków wyjścia	1 000,00	
Oflagować dla skończonego czasu trwania korekty	QI bez korekty czasu trwania	
Parametr przejście quasi-chwilowego	0,8	
Względna tolerancja obliczeń rozproszenia	0,001	
Względna tolerancja obliczeń kropelek	0,001	
Wielkość początkowego kroku całkowania -	0,01	s
Wielkość początkowego kroku całkowania -	0,01	m
Maksymalna wielkość kroku całkowania -	100	s
Maksymalna wielkość kroku całkowania - ciągła	100	m
Opcja uderzania	Zastosować współczynnik modyfikacji	
Graniczna wielkość prędkości uderzenia	500	m/s
Współczynnik prędkości uderzenia	0,25	
Model rozpraszania do zastosowania	Model wersja 2.0	
Wielkość stałego kroku - chwilowa	0,01	s
Wielkość stałego kroku - ciągła	0,1	m
Liczba kroków wyjścia o stałej wielkości	20,00	
Mnożnik dla wielkości kroku wyjścia	1,2	
Parametry odparowania rozlewiska		
Szybkość odcinania związków toksycznych dla	1	g/s
Wykładnik potęgi stężenia użyty do obliczenia ładunku szybkości odparowywania	1	
Maksymalna liczba szybkości odparowywania	10,00	
Minimalna grubość rozlewiska	5	mm
Przewodnictwo cieplne powierzchni	0,00221	kJ/m.s.degK
Współczynnik chropowatości powierzchni	2,634	
Dyfuzyjność cieplna powierzchni	9.48E-7	m2/s
Rodzaj powierzchni obwałowania	Beton	

Wysokość obwałowania	0	m
Modelowanie uszkodzenia obwałowania	Obwałowanie nie może ulec	
Parametry toksyczności		
Toksyczność: minimalne prawdopodobieństwo	0,001	
Toksyczność: wysokość do obliczania skutków	1,5	m
Toksyczność: krok siatki wyników w kierunku Y	1	m
Toksyczność: krok siatki wyników w kierunku X	1	m
Wieloskładnikowa metoda obliczania	Mixture Probit	
Czas uśredniania toksyczności - nowy parametr	600	s
Metoda obliczeniowa Probit	Zastosować Probit	
Szybkość wymiany powietrza w budynku	4	/godz.
Czas ogona	1800	s
Obliczenia dla usytuowania wewnątrz	Nie wybrano	
Szybkość wymiany zależna od wiatru	Określona dla konkretnego	
Ustawić czas uśredniania równy czasowi	Zastosować stały czas	
Ułamek odcięcia toksycznego ładunku dla obliczania czasu	5	%
Stężenie odcięcia dla obliczania czasu ekspozycji	0	%
Parametry pogody		
Ciśnienie atmosferyczne	1,013	bar
Ciężar cząsteczkowy atmosfery	28,97	
Ciepło właściwe atmosfery	1,004	kJ/kg.degK
Wysokość odniesienia dla prędkości wiatru	10	m
Wysokość odniesienia dla temperatury	0	m
Wysokość odcięcia dla profilu prędkości wiatru	1	m
Profil prędkości wiatru	Zależność potęgowa	
Profil T i P atmosfery	Temperatura logarytmiczna Ciśnienie liniowe	
Temperatura atmosfery	9,85	stop. C
Wilgotność względna	70	%
Parametr	0,1	
Długość	183,2	mm
Chropowatość powierzchni	Użyć parametru	
Temperatura powierzchni do obliczeń rozproszenia	9,85	stop. C
Temperatura powierzchni do obliczeń rozlewiska	9,85	stop. C
Strumień promieniowania słonecznego	0,5	kW/m2
Szybkość wymiany powietrza w budynku	4	/godz.
Czas ogona	1800	s
Rodzaj powierzchni	Definiowana przez użytkownika	
Wysokość warstwy mieszania dla stabilności	800	m
Wysokość warstwy mieszania dla stabilności	100	m