

Standardowe zasady postępowania		Nr SZP
Cysterna przewożąca skroplony gaz ziemny (LNG)		7
 Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej Standardowe zasady postępowania podczas zdarzeń z udziałem skroplonego gazu ziemnego (LNG)		
Data wydania	Numer wydania	Zatwierdza:
Grudzień 2025 r.	Pierwsze	ZASTĘPCA KOMENDANTA GŁÓWNEGO PAŃSTWOWEJ STRAŻY POŻARNEJ nadbryg. Józef GALICA
Opracował:	Przedkłada:	Akceptuje:
Zespół Akademii Pożarniczej	st. bryg. Robert Piec bryg. Artur Ankowski	DYREKTOR Krajowego Centrum Koordynacji Ratownictwa st. bryg. mgr inż. Jacek ZALECH
Cel dokumentu		
Niniejszy dokument ma na celu usystematyzowanie aktualnego stanu wiedzy na temat postępowania ratowniczego podczas zdarzeń awaryjnych z cysternami przewożącymi skroplony gaz ziemny (LNG). Taktyka działań ratowniczych powinna uwzględniać w pierwszej kolejności bezpieczeństwo ratowników. Niniejsze standardowe zasady postępowania (SZP) mają być wsparciem merytorycznym dla Kierującego Działaniem Ratowniczym (KDR). Należy pamiętać, że niniejsze procedury są elementem wiedzy i umiejętności, który poddawany jest ciągłej ewaluacji. W związku z tym ważne jest śledzenie aktualnych trendów z zakresu działań ratowniczych podczas zdarzeń z udziałem LNG. Zawsze należy pamiętać o zachowaniu szczególnej ostrożności w przypadku działań związanych z ratownictwem chemicznym.		
Właściwości fizykochemiczne ¹²		
Masa cząsteczkowa [a.j.m]	16,4	
Temperatura wrzenia [°C] (przy p = 1 bar)	-161,5	
Równoważnik ciecz/gaz	1 m ³ LNG jest równy 600 m ³ gazu ziemnego	
Granice wybuchowości par w powietrzu [% obj.]	4,3÷16,2**	
Gęstość [kg/m ³] (dotyczy cieczy)	410÷470*	
Gęstość względna par	1,5 w -162°C / 1,0 w -112°C / 0,55 w 21°C***	

¹ G. Roślonek, Skroplony gaz ziemny – LNG. Część I – Zagadnienia ogólne i podstawy procesu rozliczeniowego, Nafta-Gaz, 2016

² Karta charakterystyki, Gaz ziemny skroplony – LNG, PGNIG, 2017.

Zapach	Bezwonny, bez zapachu
Kolor	Ciecz, bezbarwna
Temperatura zapłonu [°C]	-58**
Temperatura samozapłonu [°C] (przy p = 1 bar)	540÷580
Toksyczność	nietoksyczny
Korozyjność	niekorozyjny
Kancerogenność	nie stwierdzono
Rozpuszczalność w wodzie	bardzo słaba
* Gęstość jest zależna od składu chemicznego. ** Wartość przybliżona (orientacyjna), która w rzeczywistości zależy od składu LNG i jego potencjalnych zanieczyszczeń *** Pary bezpośrednio po odparowaniu mają bardzo niską temperaturę i gęstość większą od powietrza, utrzymują się przy podłożu, wywołują powstanie mgły i gwałtowne ochłodzenie (zmrożenie) otoczenia. Pary po ogrzaniu do temperatury powyżej ok. -112°C (przy normalnych warunków otoczenia) są lżejsze od powietrza i gromadzą się w górnych partiach pomieszczeń.	
Niebezpieczeństwo	
LNG jest cieczą kriogeniczną przewożoną w temperaturze ok. -162 °C pod ciśnieniem około 2 bar. Cysterny transportujące LNG zbudowane są z dwóch płaszczy zbiornikowych między którymi panuje próżnia, aby zachować jak najlepsze parametry temperaturowe dla transportowanego LNG. Ogrzanie cystern lub zbiorników przewożących LNG może spowodować gwałtowny wzrost ciśnienia wewnątrz zbiornika. Wyciek LNG ze zbiornika powoduje tworzenie się widocznej chmury o bardzo niskiej temperaturze (głównie skroplona woda z powietrza atmosferycznego, metan oraz etan) unoszącej się nisko nad ziemią – zasięg widocznej chmury nie jest tożsamy z zasięgiem strefy niebezpiecznej, która jest znacznie większa. Uwolnione składniki LNG mogą wypełniać zagłębienia i obniżenia terenu. Tendencja do pełzania i zalegania jest funkcją temperatury chmury oraz udziału procentowego składników cięższych. Do charakterystycznych dla LNG zagrożeń można zaliczyć rollover (tzw. zjawisko starzenia się LNG w zbiorniku) oraz rapid phase transition (gwałtowne przejście fazowe LNG o temp. ok. -162°C podczas kontaktu w wodą). Zagrożenia dla ratowników: odmrożenia, poparzenia, wybuch, uduszenie. UWAGA! substancja kriogeniczna: – narażenie na niskie temperatury, nieodwracalne wymrożenie żywej tkanki poprzez bezpośredni kontakt z wychłodzonymi elementami lub z cieczą kriogeniczną – użycie ubrań specjalnych oraz rękawic kriogenicznych, - wypiera tlen – użycie sprzętu ODO i tlenomierzy	
Oznaczenia:	
223 1972	

Rozpoznanie

1. Przeprowadź rozpoznanie

- 1.1. Przed dojazdem na miejsce zdarzenia zdobądź jak największą ilość informacji związanych z rodzajem substancji. Poproś o ewentualne przesłanie kart charakterystyki substancji niebezpiecznych.
- 1.2. Zatrzymaj pojazdy w bezpiecznej odległości. Stosuj się do ogólnie przyjętych zasad w ratownictwie chemicznym. Pamiętaj, że zasięg widocznej chmury nie pokrywa się z zasięgiem strefy niebezpiecznej.
- 1.3. Jeśli to możliwe niech dojazd do miejsca zdarzenia odbywa się zgodnie z kierunkiem wiatru.
- 1.4. Zachowaj odległość od miejsca zdarzenia, jak dla przypadku substancji mogących tworzyć zagrożenie wybuchem **150 m**.
- 1.5. Zapewnij możliwość wycofania bądź przemieszczenia stosowanych sił i środków.
- 1.6. W czasie dojazdu uwzględnij zmienne warunki meteorologiczne oraz ukształtowanie terenu i obecność obiektów infrastruktury.
- 1.7. Dokonaj identyfikacji substancji niebezpiecznej. Cysterna z LNG powinna być oznaczona^{3,4}:



Źródło: TECH-GAS Nowoczesne Technologie Gazowe Piaseccy spółka jawna

Według nomenklatury ADR, LNG został zakwalifikowany jako SCHŁODZONY, SKROPLONY GAZU ZIMNY O WYSOKIEJ ZAWARTOŚCI METANU, **UN 1972** – co odpowiada numerowi na tabliczce znamionowej.

- 1.8. Pozyskaj od personelu, uczestników, świadków zdarzenia jak największą ilość informacji na temat okoliczności zdarzenia.
- 1.9. Oceń stan zbiorników na podstawie ich oznak zewnętrznych. Do obserwacji może zostać użyta lornetka, aparat fotograficzny itp. Zwracaj uwagę na wszystkie oznaki mogące świadczyć o źródle ognia w pobliżu zbiorników.

³ <https://cng-lng.pl/gmina/infrastruktura/LNG-alternatywa-dla-dostaw-gazu-sieciowego,artykul,9291.html>

⁴ <http://www.isisan.com.tr/LNG-Bobtail-Tanks.aspx>

- 1.10. Jeśli to możliwe sprawdź kamerą termowizyjną stan zbiornika kriogenicznego – widoczne w kamerze termowizyjnej miejscowe obniżenie temperatury cysterny może świadczyć o awarii - rozszczelnieniu zbiornika wewnętrznego.
- 1.11. W przypadku dokonywania rozpoznania przewiduj w jaki sposób sytuacja dynamiczna może ulec zmianie. Planuj sytuację na najbliższych 10 min.

Działania ratownicze

Karta

Z1

Pożar cysterny LNG (Pożar zewnętrzny)

SCENARIUSZ: Pożar zewnętrzny podgrzewający cysternę LNG bez udziału LNG w procesie spalania

W tego rodzaju zdarzeniu może dojść do wybuchu BLEVE oraz pożaru kulistego choć jest to mało prawdopodobne gdyż zbiorniki LNG posiadają grubą warstwę izolacji termicznej. Szacowany czas podgrzewania cysterny, po którym może powstać wybuch BLEVE i FIREBALL to około 45 minut – w przypadku, gdy cysterna posiada sprawne zawory bezpieczeństwa.

1. wyznaczyć strefę ewakuacji dla osób postronnych w odległości **1,5 km** od miejsca pożaru.
2. określić wielkości stref zagrożenia służb ratowniczych **300 m**, zaś w sytuacji ugaszenia pożaru zewnętrznego kontrolować przy pomocy posiadanych przyrządów pomiarowych.
3. dokonać rozpoznania korzystając z osłony tarczy balistycznej z uwzględnieniem:
 - a. określenia miejsca i fazy wyciekającego LNG oraz możliwości zamknięcia wypływu gazu,
 - b. parametrów cysterny, odczytów z przyrządów pomiarowych znajdujących się na cysternie, (poziomowskaz, ciśnieniomierz, wskaźnik temperatury fazy ciekłej), tabliczki znamionowej,
 - c. warunków meteorologicznych i terenowych.
4. jednocześnie z rozpoznaniem podjąć działania związane z intensywnym chłodzeniem zbiornika i zmierzającym do ugaszenia pożaru z użyciem dużej ilości wody. Stosować stanowiska gaśnicze bezobsługowe.
5. zabezpieczyć zaopatrzenie wodne umożliwiające ciągłe podawanie wody do chłodzenia zbiornika i ugaszenia pożaru przy uwzględnieniu intensywności podawania wody do chłodzenia ścianek zbiornika. Schładzanie cysterny ma sens tylko wówczas, gdy zewnętrzna powłoka zbiornika jest nienaruszona a źródło ciepła pochodzi z zewnątrz. W takim przypadku szacuje się, że intensywność podawania wody powinna wynosić **10 l/min** na każdy metr kwadratowy zbiornika.
 - a. chłodzenie należy uznać za skuteczne jeżeli podawana woda nie odparowuje z powierzchni zbiornika,
 - b. w przypadku zaworów bezpieczeństwa, które znalazły się w strefie fazy ciekłej, będą one działać tak samo jak w gazowej, tylko następuje wyrzut fazy ciekłej,
 - c. nagrzewanie ścianki suchej (powyżej poziomu skroplonego gazu w zbiorniku) jest o wiele szybsze, niż mokrej - przez co bardziej niebezpieczne - ponieważ wytrzymałość stali znacznie się obniża po nagrzaniu do temperatury powyżej **400°C**.
6. kontrolować temperaturę powłoki zewnętrznej zbiornika (pirometr, kamera termowizyjna).
7. w przypadku braku skuteczności działań związanych z chłodzeniem zbiornika, objawiającymi się jedną z oznak:
 - a. podawana woda odparowuje z powierzchni zbiornika,
 - b. pojawiających się odkształceń płaszcza zbiornika,
 - c. drgania cysterny,
 - d. odgłosu „dudnienia” czy syczenia,
 - e. zadziałania zaworu bezpieczeństwa

należy rozpatrzyć możliwość wycofania ratowników i postawienia bezobsługowych prądów wody np. z działek i dalsze chłodzenie zbiornika. W przypadku skutecznych działań związanych z chłodzeniem zbiornika należy kontynuować działania, należy rozważyć próbę zgaszenia pożaru prądami wody.

8. przygotować kurtyny wodne i wentylatory w Ex na wypadek zadziałania zaworu bezpieczeństwa przy ugaszonym pożarze zewnętrznym.
9. Przystąpić do gaszenia pożaru z uwzględnieniem przybliżonej intensywności podawania.
10. Po zgaśnięciu płomienia, chłodzić wodą cysternę przez min. ok. 10-15 minut,
11. W przypadku rozpoznania emisji/wycieku z uszkodzonej armatury przystąpić do likwidacji wycieku (kołki, kliny, włóknina zwilżona wodą, opaska dociskowa).
12. Po likwidacji wycieku dokonać próby przemieszczenia pozostałego gazu do zapasowej cysterny lub kontrolowanego wypalenia w pochodni z wykorzystaniem środków firmy transportowej lub SPOT (System Pomocy w Transporcie Materiałów Niebezpiecznych).

Działania ratownicze

Karta

22

Pożar cysterny LNG (pożar strumieniowy LNG)

SCENARIUSZ: Pożar LNG podczas wycieku z cysterny

– pożar strumieniowy LNG (ang. LNG Jet Fire)

LNG jest substancją kriogeniczną dlatego wszelkie działania ratownicze polegające na bezpośrednim kontakcie z LNG wymagają użycia kompletnego ubrania specjalnego zgodnie z normatywym wraz z aparatem ochrony dróg oddechowych (LNG obniża stężenie tlenu, jako ciecz kriogeniczna może spowodować odmrożenia zewnętrzne i wewnętrzne) i kapturem przeciwogniowym. Ponadto należy stosować rękawice kriogeniczne.

LNG w otwartej przestrzeni najprawdopodobniej nie wybuchnie gdyż laminarna prędkość spalania LNG jest zbyt mała aby wytworzyć falę uderzeniową. Wybuch możliwy jest w zamkniętych lub częściowo zamkniętych przestrzeniach.

1. określić wielkości stref zagrożenia służb ratowniczych **300 m**, zaś w sytuacji ugaszenia pożaru zewnętrznego kontrolować przy pomocy posiadanych przyrządów pomiarowych.
2. dokonać rozpoznania korzystając z osłony tarczy balistycznej z uwzględnieniem:
 - a. określenia miejsca i fazy wyciekającego LNG oraz możliwości zamknięcia wypływu gazu,
 - b. parametrów cysterny, odczytów z przyrządów pomiarowych znajdujących się na cysternie (poziomowskaz, ciśnieniomierz, wskaźnik temperatury fazy ciekłej), tabliczki znamionowej,
 - c. warunków meteorologicznych i terenowych.
3. zorganizować zaopatrzenie wodne z uwzględnieniem wielkości intensywności podawania wody do chłodzenia ścianek zbiornika cysterny - $10 [(l/(m^2 \cdot min))]$.
4. sprawić kurtyny wodne, stacjonarne rozproszone prądy wodne celem ograniczenia promieniowania cieplnego (średnio 220 kW/m^2 co oznacza, że promieniowanie cieplne stanowi 157% promieniowania powstającego przy porównywalnym pożarze benzyny (140 kW/m^2), wiąże się to ze znacząco większym narażeniem strażaków i trudnością podejścia do źródła pożaru.
5. ewentualnie przygotować wentylatory w wykonaniu Ex do rozcieńczania medium palnego.
6. prowadzić bezobsługowe chłodzenie zbiornika (rozproszone prądy wody). Prądy należy tak ustawić, aby:
 - a. nie dopuszczać do podwyższania temperatury powierzchni cysterny która naturalnie obniża swoją temperaturę poprzez rozprężanie się gazu, który wydostaje się ze zbiornika,
 - b. nie dopuścić do ugaszenia pożaru w przypadku braku możliwości zamknięcia wypływu gazu,
 - c. nie dopuścić do podawania prądów wody na zawory bezpieczeństwa,
 - d. **nie dopuścić do dostania się wody do wnętrza chłodzonego zbiornika.**
7. kontrolować temperatury zbiornika (pirometr, kamera termowizyjna).
8. kontrolować odczyty z przyrządów pomiarowych znajdujących się na cysternie (poziomowskaz, ciśnieniomierz, wskaźnik temperatury fazy ciekłej).
9. prowadzić kontrolowane wypalanie się ulatniającego się gazu w cysternie.

Działania ratownicze

Karta

Z3

Pożar cysterny LNG (pożar rozlewiska LNG)

SCENARIUSZ: Pożar LNG podczas wycieku z cysterny

– pożar rozlewiska LNG (ang. LNG Pool Fire)

1. określić wielkości stref zagrożenia służb ratowniczych **300 m**, zaś w sytuacji ugaszenia pożaru zewnętrznego kontrolować przy pomocy posiadanych przyrządów pomiarowych.
2. dokonać rozpoznania korzystając z osłony tarczy balistycznej z uwzględnieniem:
 - a. określenia miejsca i fazy wyciekającego LNG oraz możliwości zamknięcia wypływu gazu,
 - b. parametrów cysterny, odczytów z przyrządów pomiarowych znajdujących się na cysternie, (poziomowskaz, ciśnieniomierz, wskaźnik temperatury fazy ciekłej), tabliczki znamionowej,
 - c. warunków meteorologicznych i terenowych.
3. zorganizować zaopatrzenie wodne z uwzględnieniem wielkości intensywności podawania wody do chłodzenia ścianek zbiornika cysterny - $10 [l/(m^2 \cdot min)]$.
4. sprawić kurtyny wodne, stacjonarne rozproszone prądy wodne celem ograniczenia promieniowania cieplnego (średnio 220 kW/m^2 co oznacza, że promieniowanie ciepłe stanowi 157% promieniowania powstającego przy porównywalnym pożarze benzyny (140 kW/m^2), wiąże się to ze znacząco większym narażeniem strażaków i trudnością podejścia do źródła pożaru.
5. ewentualnie przygotować wentylatory w wykonaniu Ex do rozcieńczania medium palnego.
6. prowadzić bezobsługowe chłodzenie zbiornika (rozproszone prądy wody). Prądy należy tak ustawić, aby:
 - a. nie dopuszczać do podwyższania temperatury powierzchni cysterny która naturalnie obniża swoją temperaturę poprzez rozprężanie się gazu, który wydostaje się ze zbiornika,
 - b. nie dopuścić do ugaszenia pożaru w przypadku braku możliwości zamknięcia wypływu gazu,
 - c. nie dopuścić do podawania prądów wody na zawory bezpieczeństwa,
 - d. **nie dopuścić do dostania się wody do wnętrza chłodzonego zbiornika.**
7. kontrolować temperatury zbiornika (pirometr, kamera termowizyjna).
8. kontrolować odczyty z przyrządów pomiarowych znajdujących się na cysternie (poziomowskaz, ciśnieniomierz, wskaźnik temperatury fazy ciekłej).
9. prowadzić kontrolowane wypalanie się ulatniającego się gazu w cysternie.
10. działania gaśnicze takie jak:

DZIAŁANIA W NATARCIU

Podawanie środków gaśniczych na rozlewisko LNG powinno odbywać się zgodnie z kierunkiem wiatru.

Użycie wody i podanie jej na rozlewisko LNG – JEST ZABRONIONE!

- całkowity zakaz użycia wody gdyż powoduje to wzrost intensywności pożaru w fazie początkowej z uwagi na wzrost szybkości parowania LNG przez nieodparowaną wodę;
- użycie wody dopuszczalne wyłącznie w przypadku pożaru cysterny LNG celem chłodzenia korpusu cysterny gdy nie doszło do wycieku (należy jednak spodziewać się wzrostu intensywności pożaru jeśli woda będzie mieć kontakt z wyciekającym LNG).

Użycie piany na rozlewisko LNG – ZALECANE!

- ugaszenie pożaru LNG jest bardzo trudne, można znacząco ograniczyć pożar i lepiej go kontrolować,
- położenie piany lekkiej, optymalnie o liczbie spienienia 500:1 (+/- 50), wydajność podawania 10 l/(min·m²), położenie piany o wysokości 1,2 m ograniczy promieniowanie cieplne o ok. 90% w ciągu 60 sec., woda z piany ulegnie procesowi krzepnięcia na powierzchni LNG formując kilkucentymetrową taflę lodu, a także „kominy lodowe” przez, które gaz wydobywał będzie się na powierzchnię piany gdzie kontynuowany będzie proces spalania, degradacja piany (wyciekanie wody z piany) będzie determinować konieczność regularnego podawania dodatkowej ilości piany, rekomenduje się podawanie piany co 1 min. przez 30 sec.
- rekomenduje się łączenie technik gaśniczych tj. użycia piany lekkiej i proszku gaśniczego
- w przypadku braku możliwości podania piany lekkiej (np. brak dostępności generatorów piany lekkiej lub niemożność podejścia do pożaru z uwagi na ograniczenia przestrzenne lub wysokie promieniowanie cieplne) można zastosować pianę średnią jednak jej skuteczność może być mniejsza,
- położenie piany średniej dokonywać poprzez łagodne podawanie pośrednie na przeszkodę o ile technika kładzenia i spływ piany nie intensyfikują pożaru
- **nie używać piany ciężkiej – ZABRONIONE!**

Użycie proszku na rozlewisko LNG – ZALECANE pod WARUNKIEM MOŻLIWOŚCI POŁOŻENIA PIANY LEKKIEJ BEZPOŚREDNIO PO UGASZENIU POŻARU

- możliwe ugaszenie pożaru LNG jednak przy dużym ryzyku ponownego zapłonu, przy zastosowaniu proszku należy rozważyć monitoring procesu gaszenia przez strażaka obserwującego ten proces, ponieważ operator działka proszkowego w wyniku potrzeby podania dużej ilości proszku może mieć ograniczoną widoczność skuteczności prowadzonych działań,
- po ugaszeniu pożaru należy monitorować stężenie LNG w powietrzu (zakres palności DGW = 5%, GGW = 15%), należy pamiętać, że stężenia między DGW i GGW mogą występować również na obrzeżach widocznej chmury gazowego LNG (poza chmurą),
- po ugaszeniu zastosować kurtyny wodne,
- rekomenduje się łączenie technik gaśniczych tj. użycia proszku gaśniczego i piany lekkiej.

DZIAŁANIA W OBRONIE

- zastosuj prąd rozproszony podawany na obiekty znajdujące się w pobliżu pożaru w celu ograniczenia wysokiego poziomu promieniowania termicznego.

Po ugaszeniu pożaru postępowanie jak podczas wycieku LNG bez pożaru

Działania ratownicze

Karta

Z4

Wyciek LNG bez pożaru

1. wyznaczyć strefę zagrożenia wokół cysterny/ zbiornika – 150 m.
2. wyeliminować źródła zapłonu ze strefy zagrożenia.
3. dokonać rozpoznania korzystając z osłony tarczy balistycznej z uwzględnieniem:
 - a. ewentualnych uszkodzeń cysterny,
 - b. parametrów cysterny, odczytów z przyrządów pomiarowych znajdujących się na cysternie (poziomowskaz, ciśnieniomierz, wskaźnik temperatury fazy ciekłej), tabliczki znamionowej,
 - c. warunków meteorologicznych i terenowych.
4. ograniczyć rozprzestrzenianie się chmury gazu poprzez sprawienie kurtyn wodnych, stacjonarnych rozproszonych prądów wodnych (ograniczenie rozchodzenia się chmury poprzez rozcieńczenie LNG oraz stworzenie fizycznej bariery, gazowy LNG po odparowaniu (temp. wrzenia -161°C) bliżej źródła wycieku ścielił się będzie w niskich partiach, natomiast dalej od miejsca wycieku unosił się będzie w wyższe partie (w związku z osiągnięciem przez pary LNG temperatury -107°C , w której gęstość par LNG staje się mniejsza od gęstości powietrza w otoczeniu), kurtyny wodne sytuuje się pod kątem prostym do kierunku wiatru od strony zawietrznej.
5. zorganizować zaopatrzenie wodne w zależności od sprawionych prądów rozproszonych i kurtyn wodnych.
6. ewentualnie ograniczyć rozprzestrzenianie się chmury poprzez wykorzystanie wentylatorów w wykonaniu Ex do rozcieńczania medium palnego.
7. monitorować eksplozometrem stężenie LNG (metanu) w powietrzu (zakres palności DGW = 5%, GGW = 15%), należy pamiętać, że stężenia między DGW i GGW mogą występować również na obrzeżach widocznej chmury gazowego LNG oraz poza widoczną chmurą. Bezpieczny poziom stężenia do 50% DGW tj. 2,5%, sprawdzić stężenie w przestrzeniach zamkniętych lub częściowo zamkniętych gdyż w nich może dojść do wybuchu.
8. ograniczyć odparowywanie LNG z powstałego rozlewiska poprzez zastosowanie piany lekkiej.
 - położenie piany lekkiej na powierzchnię wycieku, optymalnie o stopniu spienienia 500:1 (+/- 50), wydajność podawania $10 \text{ l}/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$, położenie piany o wysokości 1,2 m znacząco ograniczy proces odparowywania cieczy, woda z piany ulegnie procesowi krzepnięcia na powierzchni LNG formując kilkucentymetrową taflę lodu, a także „kominy lodowe” przez, które gaz wydobywał będzie się na powierzchnię piany ale w znacznie mniejszej ilości, degradacja piany (wyciekanie wody z piany) będzie determinować konieczność regularnego podawania dodatkowej ilości piany, rekomenduje się podawanie piany co 1 min. przez 30 sec.
 - stosowanie środków gaśniczych o większej zawartości wody (np. wody lub piany ciężkiej) jest zabronione z uwagi na fakt, że wzmacniać to będzie proces ogrzewania LNG, a tym samym dynamikę jego odparowania tworząc większe zagrożenie.
9. dokonać likwidacji wycieku poprzez:
 - a. użycie przycisku awaryjnego - cysterny LNG posiadają z obu stron przycisk awaryjny umożliwiający odcięcie wypływu LNG o ile odbywa się on przez zawór,
 - b. zakręcenie zaworu awaryjnego,

- c. zastosowanie standardowych technik uszczelniania (kołki, kliny, włóknina, opaska dociskowa, itp.) właściwych dla poziomu specjalistycznego przy założeniu zastosowania sprzętu Ex i ochrony przed cieczami kriogenicznymi (np. rękawice kriogeniczne).
10. dokonać próby przemieszczenia pozostałego w cysternie LNG do zapasowej cysterny z wykorzystaniem środków firmy transportowej lub SPOT. Niezbędne jest użycie przewodów kriogenicznych, przepompowanie powinno odbyć się do innej cysterny przystosowanej do przewozu LNG.

Działania ratownicze

Karta

Emisja LNG z zaworów bezpieczeństwa

Z5

Do zjawiska może dojść podczas transportu samochodowego lub kolejowego LNG lub podczas czynności związanych z regazyfikacją LNG i dotyczy wyłączenie sytuacji, w której okresowo dochodzi do zwiększenia ciśnienia w zbiorniku i jest ono kompensowane poprzez wyrzut przez otwory umieszczone powyżej zbiornika (kominy, rury odprężające).

1. wyznaczyć strefę zagrożenia wokół cysterny/ zbiornika – **150 m**.
2. wyeliminować źródła zapłonu ze strefy zagrożenia.
3. dokonać rozpoznania z uwzględnieniem:
 - d. ewentualnych uszkodzeń cysterny,
 - e. parametrów cysterny, odczytów z przyrządów pomiarowych znajdujących się na cysternie (poziomowskaz, ciśnieniomierz, wskaźnik temperatury fazy ciekłej), tabliczki znamionowej,
 - f. warunków meteorologicznych i terenowych.
4. sprawdź kamerą termowizyjną stan zbiornika kriogenicznego – widoczne w kamerze termowizyjnej miejscowe obniżenie temperatury cysterny może świadczyć o awarii - rozszczelnieniu zbiornika wewnętrznego.
5. w przypadku dodatkowego wycieku fazy ciekłej stosować działania ratownicze właściwe dla Karty Z4 Wyciek LNG bez pożaru.
6. **monitorować eksplozometrem stężenie LNG** (metanu) w powietrzu (zakres palności DGW = 5%, GGW = 15%), należy pamiętać, że stężenia między DGW i GGW mogą występować również na obrzeżach widocznej chmury gazowego LNG oraz poza widoczną chmurą. Bezpieczny poziom stężenia nie powinien przekraczać 50% DGW tj. 2,5%, sprawdzić stężenie w przestrzeniach zamkniętych lub częściowo zamkniętych gdyż w nich może dojść do wybuchu.
7. w przypadku nie ustąpienia zjawiska należy traktować jako wyciek fazy gazowej i stosować działania ratownicze właściwe dla Karty Z4 Wyciek LNG bez pożaru.

Przekazanie miejsca zdarzenia

Przełącz miejsce zdarzenia właścicielowi lub użytkownikowi cysterny, zarządcy drogi, Policji lub innej osobie, służbie lub instytucji:

Karta Z1, Z2, Z3,

Pożar cysterny LNG

Przełącz miejsce zdarzenia właścicielowi lub użytkownikowi zgodnie z obowiązującymi zasadami, sporządzając właściwy dokument przekazania – „Potwierdzenie przekazania terenu, obiektu lub mienia objętego działaniem ratowniczym”.

Przełącz osobie przejmującej miejsce zdarzenia informację o fakcie prowadzenia działań ratowniczych z udziałem skroplonego gazu ziemnego (LNG). Poinformuj ją o potencjalnych zagrożeniach i sposobie postępowania, w tym o:

- 1) konieczności dozoru cysterny i nadzorowania atmosfery wokół cysterny (mierniki stężenia metanu, eksplozymetry), ze względu na ryzyko wystąpienia niewidocznych uszkodzeń cysterny, w tym rozszczelnienia przestrzeni (zazwyczaj próżni) pomiędzy płaszczami lub armatury;
- 2) konieczności kontrolowania temperatury powłoki zewnętrznej zbiornika (pirometr, kamera termowizyjna).
- 3) konieczności zabezpieczenia miejsca zdarzenia przed dostępem osób niepowołanych;
- 4) konieczności umieszczenia cysterny na otwartej przestrzeni, w odległości co najmniej 5 m od rowów, zagłębień terenu, studzienek kanalizacyjnych i odpływów;
- 5) konieczności umieszczenia cysterny na otwartej przestrzeni, w odległości co najmniej 20 m od innych pojazdów i palnych materiałów, budynków lub budowli;
- 6) konieczności przetransportowania pozostałego gazu do zapasowej cysterny lub kontrolowanego wypalenia w pochodni z wykorzystaniem środków firmy transportowej lub SPOT (System Pomocy w Transporcie Materiałów Niebezpiecznych).

Karta Z4, Z5

Wyciek LNG bez pożaru

Przełącz miejsce zdarzenia właścicielowi lub użytkownikowi zgodnie z obowiązującymi zasadami, sporządzając właściwy dokument przekazania – „Potwierdzenie przekazania terenu, obiektu lub mienia objętego działaniem ratowniczym”.

Przełącz osobie przejmującej miejsce zdarzenia informację o fakcie prowadzenia działań ratowniczych z udziałem skroplonego gazu ziemnego (LNG). Poinformuj ją o potencjalnych zagrożeniach i sposobie postępowania, w tym o:

- 1) konieczności dozoru cysterny i nadzorowania atmosfery wokół cysterny (mierniki stężenia metanu, eksplozymetry), ze względu na ryzyko wystąpienia niewidocznych uszkodzeń cysterny, w tym rozszczelnienia przestrzeni (zazwyczaj próżni) pomiędzy płaszczami lub armatury;

- 2) konieczności kontrolowania temperatury powłoki zewnętrznej zbiornika (pirometr, kamera termowizyjna).
- 3) konieczności sprawdzenia zagłębień, odpływów lub studzienek wokół zdarzenia ze względu na możliwość powstania zamkniętej przez lód fazy ciekłej LNG oraz zalegania par składników cięższych;
- 4) konieczności zabezpieczenia miejsca zdarzenia przed dostępem osób niepowołanych;
- 5) konieczności umieszczenia cysterny na otwartej przestrzeni, w odległości co najmniej 5 m od rowów, zagłębień terenu, studzienek kanalizacyjnych i odpływów;
- 6) konieczności umieszczenia cysterny na otwartej przestrzeni, w odległości co najmniej 20 m od innych pojazdów i palnych materiałów, budynków lub budowli;
- 7) konieczności przetransportowania pozostałego gazu do zapasowej cysterny lub kontrolowanego wypalenia w pochodni z wykorzystaniem środków firmy transportowej lub SPOT (System Pomocy w Transporcie Materiałów Niebezpiecznych).
- 8) konieczności stosowania środków ochrony osobistej adekwatnych do zagrożenia.

Informacje dodatkowe

Przykładowe dane kontaktowe firm zajmujących się dystrybucją LNG:

- PGNiG Obrót Detaliczny sp. z o.o., Grupa ORLEN, ul. Jana Kazimierza 3, 01-248 Warszawa
- Duon Dystrybucja sp. z o.o., ul. Batorowska 15, Wysogotowo k. Poznania, 62-081 Przeźmierowo
- Barter S.A., ul. Legionowa 28, 15-281 Białystok

Procedura powstała na podstawie wyników badań naukowych prowadzonych przez zespół realizujący projekt:

„Innowacyjne stanowisko badawczo-treningowe „Trenażer LNG” służące do opracowania taktyki działań z wykorzystaniem sprzętu będącego na wyposażeniu PSP podczas zdarzeń LNG”, nr DOB-BIO9/15/02/2018.

Literatura:

1. Węsierski T., Piec R., Majder-Łopatka M., Król B., Gawroński W., Kwiatkowski M., Hazards Generated by an LNG Road Tanker Leak: Field Investigation of Vapour Propagation under Class B Conditions of Atmospheric Stability, *Energies*, 14, 2021, 8483.
2. P. Ogrodnik, A. Powęzka, R. Piec, T. Zwęgliński, M. Smolarkiewicz, P. Gromek, R. Wróbel, T. Węsierski, M. Majder-Łopatka, W. Wąsik, Testing Selected Personal Protection Items of Firefighters in Combined Conditions of Mechanical Loads and Temperatures Occurring during Gas LNG Leaks, *Energies*, 14, 2021, 7698.
3. Piec R., Półka M., Olcen D., Analiza właściwości pożarowych i wybuchowych LNG, Safety & Fire Technology, Józefów 2021.
4. Piec R., Safety of Firefighters during Emergency Incidents Involving LNG DOI: 10.70402/apoz.2025.safeng.9788397347656.pp177182.
5. Bralewski A., Wolanin J., Analysis of Threats Involving Liquefied Natural Gas (LNG) – Review of Literature Sources, SFT Vol. 54 Issue 2, 2019, pp. 32–53, <https://doi.org/10.12845/sft.54.2.2019.3>;
6. Accident involving LNG truck, CTIF Commission for Extrication & New Technology, 2018.
7. Alderman J., Introduction to LNG Safety, Process Safety Progress (Vol.24, No.3), 2005, DOI 10.1002/prs.10085.
8. Wolanin J., Bralewski A., Metodyka oceny ryzyka zdarzeń z udziałem LNG, ISBN 978-83-959134-4-0, SGSP, Warszawa 2020.
9. Leszczuk K. Bezpieczne LNG, Przegląd Pożarniczy.
10. Salomonowicz Z., Bezpieczeństwo podczas zdarzeń LNG, materiał z Warsztatów Łubianka, 5 września 2019 r.

11. LNG Fire Protection & Emergency Response, institution of Chemical Engineers – IChemE, Wielka Brytania 2007.
12. Hayward Walker A., Response considerations for LNG spills, Interspill Conference, London, 2006.
13. Margo K., Kuido K., Veeldatud maagaasi maanteetranspordi riskid ja paastetoode analuus Kasepaa valla gaasiveoki avarii naitel (ang. Liquefied natural gas (LNG) transportation risks and rescue analysis by considering the case of a gas truck accident in the Kasepaa municipality), Sisekaitseakadeemia toimetised, Talin, 2010.
14. Melchem G. Ozog H., Kalelkar A. S., Understand LNG Fire Hazards, ioMosaic Corporation, 2007.
15. Metallinou M. M., Liquefied Natural Gas as a New Hazard; Learning Processes in Norwegian Fire Brigades, Safety 2019/5, doi:10.3390.
16. Półka M., Kukfisz B., Skutki zdarzeń awaryjnych w transporcie z udziałem wybranych paliw petrochemicznych, Logistyka 3/2014.
17. Rostonek G., Skroplony gaz ziemny – LNG. Część I – Zagadnienia ogólne i podstawy procesu rozliczeniowego, Nafta-Gaz, 2016
18. Karta charakterystyki, Gaz ziemny skroplony – LNG, PGNIG, 2017.