



Veiligheidsstudie

Bevoorrading van Vlaamse havens met LNG als brandstof voor de scheepvaart

Analyse van de veiligheidsaspecten

Samenvatting

september 2012



Protec Engineering

3500 Hasselt
9032 Gent
1000 Brussel
5004 Bouge

Maastrichtersteenweg 210
Industrieweg 118/4
Clovislaan 82
Route de Hannut 55

T. 011/22 32 40
T. 09/216 80 00
T. 02/734 02 65
T. 081/22 60 82

F. 011/23 46 70
F. 09/375 36 17
F. 02/734 61 80
F. 081/22 99 22

1. Inleiding

Het gebruik van vloeibaar gemaakt aardgas (Liquefied Natural Gas – LNG) als brandstof voor de aandrijving van schepen vindt meer en meer toepassing. Er wordt verwacht dat deze evolutie zich in Europa zal doorzetten en dit voornamelijk omwille van de toekomstige verstrengde reglementering opgelegd aan zeeschepen varende in de Noord-Europese zeeën.

Gelet op de verwachte toename van dit gebruik van LNG lijkt het noodzakelijk dat havens die zulke schepen ontvangen beschikken over de nodige faciliteiten voor het bevoorraden in LNG-brandstof (bunkering). Hieraan zijn activiteiten van opslag, verlading en transport van LNG verbonden.

Het gebruik van aardgas, en dus ook LNG, brengt een aantal veiligheidsrisico's met zich mee. Aardgas is niet alleen brandbaar maar kan, onder bepaalde omstandigheden, ook leiden tot explosies. LNG is tevens een cryogene vloeistof wat een beperkt bijkomend risico inhoudt.

In onderhavige studie worden de veiligheidsrisico's die verbonden zijn aan de distributie en de aanwezigheid van LNG in de Vlaamse havens onderzocht. De bestudeerde activiteiten betreffen het transport, de lokale opslag en de overslag van LNG in de havens alsook de eigenlijke bunkeringsoperatie. In een eerste deel worden de mogelijke bevoorradingroutes voor de levering van LNG als scheepsbrandstof in de Vlaamse havens geanalyseerd. In het tweede deel worden de mensrisico's die uitgaan van de afzonderlijke componenten in de bevoorradingketen op een generieke wijze bepaald.

2. Analyse van LNG-bevoorradingketen voor Vlaamse havens

2.1 Mogelijke bevoorradingroutes voor LNG als scheepsbrandstof

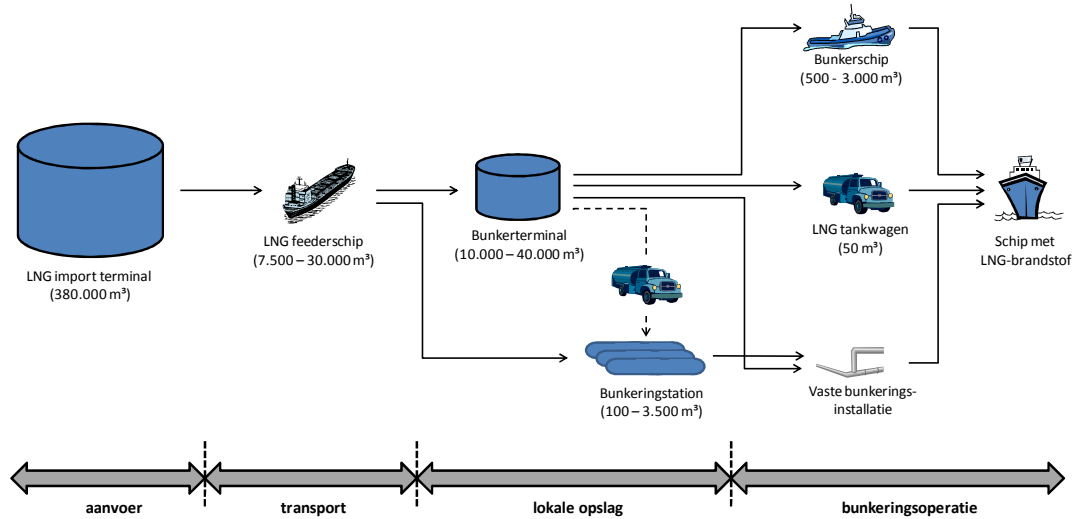
VOORNAAMSTE ROUTES - Gelet op de zeer nabije ligging van de LNG-importterminal in Zeebrugge en de exportfaciliteiten die worden aangeboden op deze terminal (o.a. beladen van kleine LNG-schepen en LNG-tankwagens), vormt deze terminal een belangrijke potentiële bron voor de aanvoer van LNG als brandstof voor schepen in de Vlaamse havens.

Naarmate de vraag naar LNG als scheepsbrandstof zal toenemen en verschillende soorten schepen aan een hoge frequentie moeten worden gebunkerd, ontstaat de nood aan een lokale LNG-opslag in de havens. Dergelijke lokale opslag kan enerzijds worden gerealiseerd door de bouw van een middelgrote LNG-bunkerterminal of kleinschalige bunkeringstations.

De lokale verdeling van LNG als scheepsbrandstof kan geschieden via een vaste bunkeringinstallatie (leiding) ter hoogte van een bunkerterminal of een bunkeringstation, via LNG-tankwagens of via bunkerschepen die rondvaren in de haven.

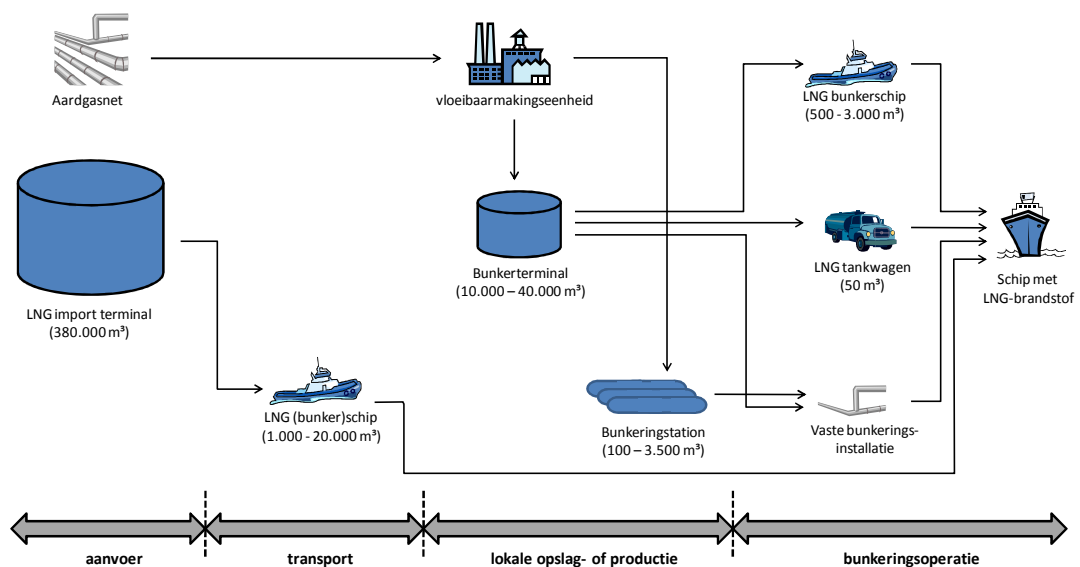
Een schematische weergave van de voornaamste LNG-bevoorradingsroutes in de Vlaamse havens⁽¹⁾ wordt getoond in figuur 2.1.1.

Figuur 2.1.1: Voornaamste bevoorradingsroutes voor LNG als scheepsbrandstof in Vlaamse havens (m.u.v. Zeebrugge)



ALTERNATIEVE ROUTES – Mogelijke alternatieve bevoorradingsroutes voor de levering van LNG als scheepsbrandstof in de havens van Antwerpen en Gent worden weergegeven in onderstaande figuur.

Figuur 2.1.2: Alternatieve bevoorradingsroutes voor LNG als scheepsbrandstof in Vlaamse havens (m.u.v. Zeebrugge)



Eenzijds kunnen LNG-aangedreven schepen ook rechtstreeks worden bevoorrad via bunkerschepen die worden beladen op een LNG-importterminal. Dergelijke bevoorradingsroute wordt mogelijk toegepast voor schepen met een grote behoefte aan LNG-

⁽¹⁾ Door de aanwezigheid van een LNG-importterminal in de haven van Zeebrugge is een bijkomende opslag van LNG voor het bunkeren van schepen in Zeebrugge niet vereist.

brandstof (tanks $\geq 500 \text{ m}^3$) tijdens het opstarten van LNG-bunkeringsactiviteiten in de Vlaamse havens.

Anderzijds kunnen LNG-bunkerterminals en bunkeringsstations ook worden bevoorraad door kleine tot middelgrote vloeibaarmakingseenheden die het benodigde aardgas onttrekken uit het bestaande aardgasnet.

2.2 Afzonderlijke componenten in de LNG-bevoorradingketen

De afzonderlijke componenten in de LNG-bevoorradingketen worden in het hoofdrapport uitvoering besproken met bijzondere aandacht voor de karakteristieke grootte van de installaties en hun technische specificaties. Ze worden hieronder kort toegelicht.

SCHEPEN – De bestudeerde LNG-schepen (feederschepen en bunkerschepen) hebben een capaciteit van 500 tot 30.000 m^3 en zijn uitgerust met één tot vijf cargotanks van het IMO tanktype C. Ze worden gelost of beladen via flexibele slangen of vaste armen aan een debiet van 200 tot 6.000 m^3/h .

TANKWAGENS – De LNG-tankwagens kunnen tot 23 ton LNG bevatten. Met betrekking tot het ontwerp van de cargotank wordt een onderscheid gemaakt tussen dubbelwandige vacuüm-geïsoleerde tankwagens en enkelwandige tankwagens geïsoleerd met polyurethaanschuim. De tankwagens worden beladen via een flexibele slang of vaste arm aan een debiet van 50 tot 100 m^3/h en gelost via slangen aan een typisch debiet van 50 m^3/h .

BUNKERTERMINALS – Bunkerterminals hebben een typische opslagcapaciteit van 10.000 tot 40.000 m^3 . Het LNG wordt er opgeslagen in atmosferische enkelwandige, dubbelwandige of volledig omsloten tanks met een volume van 10.000 tot 40.000 m^3 .

BUNKERINGSSTATIONS – Bunkeringsstations hebben typisch een opslagcapaciteit van 100 tot 3.500 m^3 . De opslag van LNG wordt er gerealiseerd in dubbelwandige vacuüm-geïsoleerde druktanks met een individueel volume van 100 tot 700 m^3 .

VLOEIBAARMAKINGSEENHEDEN – Bunkerterminals kunnen worden bevoorraad via een lokale vloeibaarmakingseenheid met een productiecapaciteit van 40.000 tot 300.000 ton per jaar. De meest voorkomende installaties werken volgens het principe van een gesloten één- of tweetraps cyclus met een specifiek mengsel als koelmiddel.

Een kleiner bunkeringsstation kan worden bevoorraad via een vloeibaarmakingseenheid met een productiecapaciteit van 5.000 tot 20.000 ton/jaar. Dergelijke installaties maken hoofdzakelijk gebruik van een gesloten ééntraps stikstofcyclus.

BUNKERINGOPERATIES – Tabel 2.2.1. geeft een overzicht van de typische bunkervolumes en gehanteerde bunkeringsdebieten voor verschillende types van schepen.

Tabel 2.2.1: Typische bunkervolumes en gehanteerde bunkeringsdebieten

| Type schip | Bunkerhoeveelheid | Debiet | Duur | Slang- of armdiameter(s) |
|---|----------------------------|-----------------------------|---------|--------------------------|
| Dienstvaartuigen, sleepboten, patrouilleboten en vissersboten | 50 m^3 | 60 m^3/h | 45 min | 2x2" of 1x3" |
| Kleine RoRo en RoPax schepen | 400 m^3 | 400 m^3/h | 1 h | 2x4" of 1x6" |
| Grote RoRo en RoPax schepen | 800 m^3 | 400 m^3/h | 2 h | 2x4" of 1x6" |
| Vrachtschepen en kleine cargo- en containerschepen | 2.000 – 4.000 m^3 | 1.000 m^3/h | 2 à 4 h | 2x8" of 1x12" |

| Type schip | Bunkerhoeveelheid | Debiet | Duur | Slang- of armdiameter(s) |
|--|-----------------------|-------------------------|------|--------------------------|
| Grote tankers en containerschepen | 10.000 m ³ | 2.500 m ³ /h | 4 h | 2x10" |
| Zeer grote containerschepen en olietankers | 20.000 m ³ | 3.000 m ³ /h | 7 h | 2x12" |

Het leveren van kleine volumes LNG-brandstof gebeurt idealiter via een vaste bunkeringsinstallatie (leiding) in geval van een hoge bunkeringsfrequentie of via tankwagens in geval van een lage bunkeringsfrequentie. Grote bunkervolumes kunnen worden geleverd via rondvarende bunkerschepen of vaste bunkeringsinstallaties. Het nadeel van een vaste installatie is evenwel dat de te bevoorraden schepen naar een vaste locatie in de haven dienen te komen.

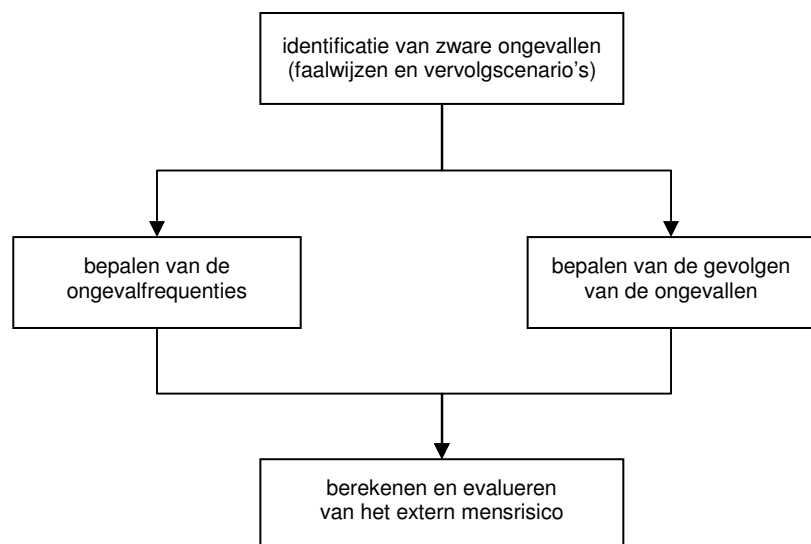
3. Berekenen van risicoafstanden voor de afzonderlijke componenten

3.1 Toegepaste werkwijze

RISICOANALYSEMETHODIEK - Het extern mensrisico dat uitgaat van de afzonderlijke componenten in de LNG-bevoorradingketen wordt bepaald bij middel van de kwantitatieve risicoanalyse (QRA) en wordt voorgesteld op twee manieren, m.n. als het plaatsgebonden mensrisico en als het groepsrisico⁽²⁾.

Het plaatsgebonden mensrisico geeft aan in hoeverre het risico voor doding van één persoon zich uitstrekt in de omgeving van de bestudeerde installatie of activiteit. Het groepsrisico daarentegen is een maat voor de omvang van de populatie die door een dodelijk ongeval getroffen kan worden.

Figuur 3.1.1: Deelstappen die doorlopen worden in een kwantitatieve risicoanalyse



De risico's worden berekend volgens de technische richtlijnen die door de bevoegde Vlaamse overheidsdienst inzake veiligheidsrapportage zijn uitgevaardigd. Ook met

⁽²⁾ Gelet op het generieke karakter van de risicoanalyse, kunnen met betrekking tot de evaluatie van het groepsrisico – door het ontbreken van specificatie populatiegegevens - louter kwalitatieve conclusies worden geformuleerd.

betrekking tot de evaluatie van het risico wordt gebruik gemaakt van de criteria die in Vlaanderen worden gehanteerd voor het extern mensrisico (zie tabel 3.1.1).

Tabel 3.1.1: Gehanteerde criteria voor het plaatsgebonden mensrisico

| Locatie | Maximaal toelaatbaar risico |
|------------------------------|-----------------------------|
| Grens van de inrichting | $10^{-5}/j$ |
| Gebied met woonfunctie | $10^{-6}/j$ |
| Gebied met kwetsbare locatie | $10^{-7}/j$ |

BESTUDEERDE COMPONENTEN - De installaties en activiteiten die in de studie worden onderworpen aan een kwantitatieve risicoanalyse zijn:

- ❑ atmosferische opslagtanks (10.000 tot 40.000 m³)
- ❑ vacuüm-geïsoleerde druktanks (100 tot 700 m³)
- ❑ verlaadinstallaties voor schepen (200 tot 6.000 m³/h via slangen of armen)
- ❑ verlaadinstallaties voor tankwagens (50 tot 100 m³/h via slangen)
- ❑ bunkerinstallaties (50 tot 3.000 m³/h via slangen of armen)
- ❑ kleine vloeibaarmakingseenheden (20.000 ton/jaar)

Tevens wordt het transport van LNG over de weg en over het water bestudeerd. Hierbij wordt uitgegaan van tankwagens met een volume van 50 m³ (19 ton) en schepen met diverse cargovolumes van 800 tot 30.000 m³.

RESULTATEN – De resultaten van de uitgevoerde risicoanalyses worden weergegeven in de vorm van berekende afstanden tot waarop een plaatsgebonden mensrisico van respectievelijk $10^{-5}/j$, $10^{-6}/j$ en $10^{-7}/j$ wordt bereikt, zgn. risicoafstanden.

De berekende risicoafstanden van de afzonderlijke componenten geven enerzijds een idee van het ruimtebeslag van de afzonderlijke component⁽³⁾ en anderzijds van de te respecteren scheidingsafstanden tot gevoelige omgevingsobjecten zoals woongebieden en kwetsbare locaties.

3.2 Risicoafstanden voor installaties en activiteiten binnen afgebakende inrichtingen

FAALWIJZEN – De faalwijzen die worden bestudeerd voor installaties en activiteiten die worden doorgevoerd binnen afgebakende inrichtingen, zijn overgenomen uit het Handboek Faalfrequenties van de Vlaamse overheid [1].

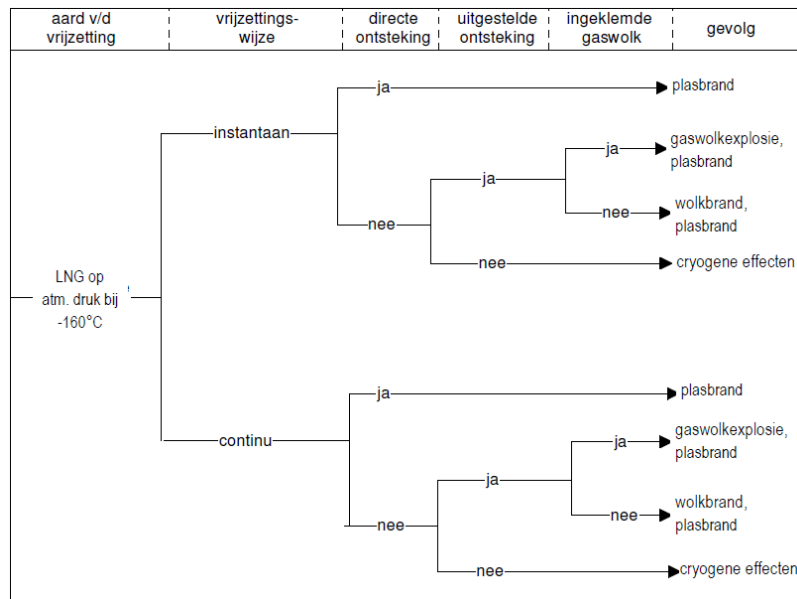
Voor atmosferische tanks en drukvaten worden volgende generieke faalwijzen bestudeerd: een catastrofale breuk, een uitstroming van de gehele inhoud in een tijdspanne van 10 minuten en een groot, middelgroot en klein lek. Voor verlaadmedia zoals flexibele slangen en vaste armen wordt een breuk en een lek van de slang/arm onderzocht. Hierbij wordt ook rekening gehouden met het falen van eventueel aanwezige inbloksystemen.

ONGEVALSCENARIO'S – De ongevalsscenario's die kunnen optreden als gevolg van een vrijzetting van vloeibaar aardgas (LNG) op nagenoeg atmosferische druk worden

⁽³⁾ Volgens de Vlaamse risicocriteria mag het plaatsgebonden mensrisico dat uitgaat van een installatie of activiteit niet hoger zijn dan $10^{-5}/j$ buiten de grens van de bestudeerde inrichting.

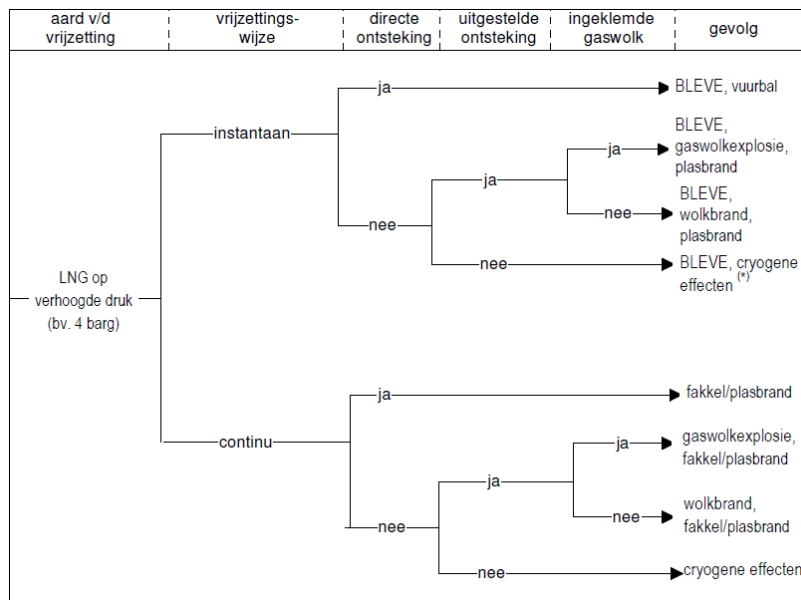
weergegeven in figuur 3.2.1. Het betreft een plasbrand, een wolkbrand en een gaswolkexplosie.

Figuur 3.2.1: Gebeurtenissenboom voor een vrijzetting van LNG op nagenoeg atmosferisch druk



Indien het LNG aanwezig is onder druk op een temperatuur boven zijn atmosferisch kookpunt, zal het LNG bij vrijzetting deels overgaan in de gasfase (flashen). De mogelijke ongevallen die zich dan kunnen voordoen worden samengevat in figuur 3.2.2.

Figuur 3.2.2: Gebeurtenissenboom voor een vrijzetting van LNG op verhoogde druk



FAALFREQUENTIES EN VERVOLGKANSEN – De faalfrequenties en vervolgcansen zijn integraal overgenomen uit het Handboek Faalfrequenties van de Vlaamse overheid [1].

RISICOAFSTANDEN – Alle bestudeerde installaties – met uitzondering van de atmosferische opslagtanks – kunnen LNG bevatten onder druk op een temperatuur boven zijn atmos-

ferisch kookpunt (-160°C). Voor deze installaties worden de risicoafstanden berekend uitgaande van LNG op een temperatuur van -160°C (150 mbarg) en -138°C (4 barg).

Enkele van de berekende risicoafstanden worden getoond in tabel 3.2.1 tot en met 3.2.4.

Tabel 3.2.1: Risicoafstanden voor atmosferische opslagtanks (-160°C)

| Tanktype en opslagcapaciteit | | Tank zonder een inkuiping | | | Tank met een inkuiping | | |
|------------------------------|-----------------------|---|---------------------|---------------------|---|---------------------|---------------------|
| | | 10 ⁻⁵ /j | 10 ⁻⁶ /j | 10 ⁻⁷ /j | 10 ⁻⁵ /j | 10 ⁻⁶ /j | 10 ⁻⁷ /j |
| Enkelwandige tank | 10.000 m ³ | <i>niet berekend</i> | | | 176 m | 216 m | 230 m |
| | 20.000 m ³ | | | | 228 m | 298 m | 332 m |
| | 40.000 m ³ | | | | 286 m | 360 m | 448 m |
| Dubbelwandige tank | 10.000 m ³ | 16 m | 92 m | 148 m | 16 m | 92 m | 148 m |
| | 20.000 m ³ | 16 m | 94 m | 158 m | 16 m | 92 m | 156 m |
| | 40.000 m ³ | 16 m | 102 m | 166 m | 16 m | 102 m | 166 m |
| Volledig omsloten tank | | Plaatsgebonden mensrisico < 10 ⁻⁷ /j | | | Plaatsgebonden mensrisico < 10 ⁻⁷ /j | | |

Tabel 3.2.2: Risicoafstanden voor vacuüm-geïsoleerde druktanks (-138 tot 160°C)

| Opslagcapaciteit | Installaties zonder een inkuiping | | | Installaties met een inkuiping | | |
|---|-----------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------|
| | 10 ⁻⁵ /j | 10 ⁻⁶ /j | 10 ⁻⁷ /j | 10 ⁻⁵ /j | 10 ⁻⁶ /j | 10 ⁻⁷ /j |
| 500 m ³ | - | 4 m | 164 m | - | 4 m | 122 m |
| 700 m ³ | - | 6 m | 196 m | - | 6 m | 142 m |
| 1.000 m ³ (2x 500 m ³) | - | 44 m | 228 m | - | 40 m | 222 m |
| 1.500 m ³ (3x 500 m ³) | - | 72 m | 282 m | - | 70 m | 282 m |
| 2.100 m ³ (3x 700 m ³) | - | 102 m | 326 m | - | 90 m | 326 m |
| 3.500 m ³ (5x 700 m ³) | - | 148 m | 376 m | - | 114 m | 376 m |

Tabel 3.2.3: Risicoafstanden voor de verlading van schepen via armen (-138 tot -160°C)

| Type arm en gebruiksduur | | Zonder noodstop | | | Manuele noodstop | | | Automatisch noodstop | | |
|---------------------------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| | | 10 ⁻⁵ /j | 10 ⁻⁶ /j | 10 ⁻⁷ /j | 10 ⁻⁵ /j | 10 ⁻⁶ /j | 10 ⁻⁷ /j | 10 ⁻⁵ /j | 10 ⁻⁶ /j | 10 ⁻⁷ /j |
| 4" (200 m ³ /h) | 250 h/j | - | 18 m | 60 m | - | 16 m | 60 m | - | 16 m | 60 m |
| | 500 h/j | 4 m | 30 m | 70 m | - | 28 m | 70 m | - | 28 m | 70 m |
| | 1.000 h/j | 8 m | 44 m | 92 m | 8 m | 44 m | 80 m | 8 m | 44 m | 80 m |
| | 2.000 h/j | 16 m | 56 m | 124 m | 14 m | 56 m | 90 m | 14 m | 56 m | 88 m |
| 8" (1000 m ³ /h) | 250 h/j | - | 66 m | 164 m | - | 66 m | 138 m | - | 64 m | 136 m |
| | 500 h/j | 10 m | 90 m | 216 m | 10 m | 90 m | 164 m | 10 m | 90 m | 162 m |
| | 1.000 h/j | 24 m | 110 m | 318 m | 24 m | 110 m | 214 m | 24 m | 110 m | 214 m |
| | 2.000 h/j | 58 m | 154 m | 430 m | 56 m | 132 m | 282 m | 54 m | 132 m | 282 m |
| 14" (3000 m ³ /h) | 250 h/j | 10 m | 112 m | 300 m | 10 m | 110 m | 220 m | 10 m | 110 m | 216 m |
| | 500 h/j | 26 m | 144 m | 376 m | 24 m | 144 m | 278 m | 24 m | 144 m | 278 m |
| | 1.000 h/j | 44 m | 178 m | 578 m | 42 m | 176 m | 434 m | 42 m | 176 m | 434 m |
| | 2.000 h/j | 98 m | 280 m | 702 m | 94 m | 208 m | 566 m | 94 m | 206 m | 566 m |

Tabel 3.2.4: Risicoafstanden voor het bunkeren via slangen (-138 tot -160 °C) (*)

| Type slang en gebruiksduur | | Zonder noodstop | | | Manuele noodstop | | | Automatisch noodstop | | |
|------------------------------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| | | 10 ⁻⁵ /j | 10 ⁻⁶ /j | 10 ⁻⁷ /j | 10 ⁻⁵ /j | 10 ⁻⁶ /j | 10 ⁻⁷ /j | 10 ⁻⁵ /j | 10 ⁻⁶ /j | 10 ⁻⁷ /j |
| 2x 2" (50 m ³ /h) | 250 h/j | 16 m | 42 m | 72 m | 14 m | 30 m | 46 m | 14 m | 30 m | 42 m |
| | 500 h/j | 20 m | 50 m | 74 m | 18 m | 36 m | 50 m | 16 m | 34 m | 44 m |
| | 1.000 h/j | 28 m | 56 m | 76 m | 24 m | 40 m | 56 m | 24 m | 38 m | 48 m |
| | 2.000 h/j | 38 m | 66 m | 96 m | 30 m | 44 m | 66 m | 28 m | 40 m | 50 m |
| 2x 6" (500 m ³ /h) | 250 h/j | 48 m | 98 m | 258 m | 46 m | 86 m | 120 m | 46 m | 86 m | 120 m |
| | 500 h/j | 60 m | 134 m | 260 m | 60 m | 98 m | 144 m | 60 m | 98 m | 144 m |
| | 1.000 h/j | 72 m | 170 m | 262 m | 72 m | 108 m | 170 m | 72 m | 104 m | 150 m |
| | 2.000 h/j | 86 m | 256 m | 264 m | 84 m | 118 m | 256 m | 82 m | 114 m | 154 m |
| 2x 12" (3000 m ³ /h) | 250 h/j | 126 m | 390 m | 546 m | 126 m | 252 m | 504 m | 126 m | 252 m | 504 m |
| | 500 h/j | 186 m | 496 m | 552 m | 154 m | 324 m | 510 m | 154 m | 324 m | 510 m |
| | 1.000 h/j | 232 m | 534 m | 554 m | 188 m | 448 m | 534 m | 182 m | 448 m | 514 m |
| | 2.000 h/j | 330 m | 542 m | 558 m | 226 m | 498 m | 542 m | 226 m | 498 m | 514 m |

(*) De berekende risicoafstanden zijn geldig zowel voor het bunkeren van schepen via een vaste installatie (pijpleiding) als voor het bunkeren via een bunkerschip. Het risico dat uitgaat van een verlies aan lading van het bunkerschip is evenwel niet meegenomen in de berekeningen. Dit risico wordt afzonderlijk ingeschat in deel III.5 ('Risicoanalyse van het LNG-scheepstransport') van het hoofdrapport.

Voor de opslag van LNG wordt verder aangegeven bij welke uniforme populatiedichtheid het groepsrisicocriterium overschreden wordt (zie tabellen 3.2.5 en 3.2.6).

Tabel 3.2.5: Maximale toelaatbare populatiedichtheid in de omgeving van een LNG-bunkerterminal met atmosferische tanks

| Tanktype en opslagcapaciteit | | Maximale uniforme populatiedichtheid uit het oogpunt van het groepsrisico |
|--|-----------------------|---|
| Enkelwandige tank met inkuiping | 10.000 m ³ | 10,4 pers/ha |
| | 20.000 m ³ | 5,9 pers/ha |
| | 40.000 m ³ | 3,5 pers/ha |
| Dubbelwandige tank of volledig omsloten tank zonder noodretentie | 10.000 m ³ | 6,0 pers/ha |
| | 20.000 m ³ | 4,5 pers/ha |
| | 40.000 m ³ | 2,3 pers/ha |

Tabel 3.2.6: Maximale toelaatbare populatiedichtheid in de omgeving van een LNG-bunkeringstation met vacuüm-geïsoleerde druktanks

| Opslagcapaciteit | Maximale uniforme populatiedichtheid uit het oogpunt van het groepsrisico |
|---|---|
| 500 m ³ | 32 pers/ha |
| 700 m ³ | 24 pers/ha |
| 1.000 m ³ (2x 500 m ³) | 32 pers/ha |
| 1.500 m ³ (3x 500 m ³) | 32 pers/ha |
| 2.100 m ³ (3x 700 m ³) | 24 pers/ha |
| 3.500 m ³ (5x 700 m ³) | 24 pers/ha |

3.3 Risicoafstanden voor het transport van LNG over de weg

Het wegvervoer van LNG werd bestudeerd uitgaande van enkelwandige tankwagens met schuimisolatie en dubbelwandige vacuüm-geïsoleerde tankwagens met een typisch volume van 50 m³ (ca. 19 ton LNG).

GENERIEKE FAALWIJZEN – In geval van een ernstig verkeersongeval met een LNG-tankwagen kunnen er zich twee situaties voordoen die mogelijk relevant zijn voor het extern mensrisico. De eerste situatie betreft het optreden van een relevante LNG-vrijzetting uit de tankwagen. De tweede situatie betreft het ontstaan van een verzwelgende brand die aanleiding kan geven tot een BLEVE (fysische explosie) van de tankwagens.

Ongevallen met een relevante vrijzetting van LNG (> 100 kg) worden in de risicoanalyse gemodelleerd als een instantane vrijzetting van de gehele inhoud van de tankwagen of als een continue vrijzetting uit een gat met een diameter van 50 mm.

ONGEVALSCENARIO'S – De vervolgebeurtenissen die kunnen optreden na een instantane of een continue vrijzetting van LNG uit een tankwagen zijn dezelfde als deze die zich kunnen voordoen bij de vrijzetting van LNG uit een stationaire drukhouder (zie figuren 3.2.1 en 3.2.2).

FAALFREQUENTIES EN VERVOLGKANSEN – De kans op het optreden van een ernstig verkeersongeval waarbij een LNG-tankwagen betrokken is, wordt bepaald op basis van statistische data voor letselongevallen met vrachtwagens in België. De kansen op relevante vrijzettingen en andere vervolgebeurtenissen worden ingeschat op basis van generieke gegevens (literatuur) waarbij rekening wordt gehouden met het weg- en voertuigtype [2,3].

RISICOAFSTANDEN – De resultaten van de kwantitatieve risicoanalyse voor het vervoer van LNG over de weg worden getoond in onderstaande tabellen. In het algemeen is het risico dat uitgaat van het wegtransport beperkt.

Tabel 3.3.1: Risicoafstanden voor het wegvervoer van koud LNG (-160°C)

| Type weg en aantal transporten | | Enkelwandige tankwagens | | Vacuüm-geïsoleerde tankwagens | |
|---|-------------|-------------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|
| | | 10 ⁻⁶ /j | 10 ⁻⁷ /j | 10 ⁻⁶ /j | 10 ⁻⁷ /j |
| autosnelweg | 500 tw./j | - | - | - | - |
| | 1.000 tw./j | - | 62 m | - | - |
| | 2.000 tw./j | - | 88 m | - | - |
| | 4.000 tw./j | - | 104 m | - | - |
| gewestweg 1 rijstrook per rijrichting | 500 tw./j | - | 38 m | - | - |
| | 1.000 tw./j | - | 60 m | - | - |
| | 2.000 tw./j | - | 76 m | - | - |
| | 4.000 tw./j | 22 m | 88 m | - | 22 m |
| gewestweg 2 rijstroken per rijrichting | 500 tw./j | - | 64 m | - | - |
| | 1.000 tw./j | - | 88 m | - | - |
| | 2.000 tw./j | - | 104 m | - | - |
| | 4.000 tw./j | 52 m | 118 m | - | 52 m |

Tabel 3.3.2: Risicoafstanden voor het wegvervoer van warm LNG (-138 °C)

| Type weg en aantal transporten | | Enkelwandige tankwagens | | Vacuüm-geïsoleerde tankwagens | |
|---|-------------|-------------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|
| | | 10 ⁻⁶ /j | 10 ⁻⁷ /j | 10 ⁻⁶ /j | 10 ⁻⁷ /j |
| autosnelweg | 500 tw./j | - | 42 m | - | - |
| | 1.000 tw./j | - | 82 m | - | - |
| | 2.000 tw./j | - | 104 m | - | - |
| | 4.000 tw./j | 14 m | 122 m | - | 14 m |
| gewestweg 1 rijstrook per rijrichting | 500 tw./j | - | 72 m | - | - |
| | 1.000 tw./j | - | 92 m | - | - |
| | 2.000 tw./j | - | 108 m | - | - |
| | 4.000 tw./j | 62 m | 122 m | - | 62 m |
| gewestweg 2 rijstroken per rijrichting | 500 tw./j | - | 84 m | - | - |
| | 1.000 tw./j | - | 104 m | - | - |
| | 2.000 tw./j | 22 m | 122 m | - | 22 m |
| | 4.000 tw./j | 76 m | 144 m | - | 76 m |

3.4 Risicoafstanden voor het transport van LNG over het water

In het laatste deel van de studie worden de risico's die verbonden zijn aan de aanwezigheid van LNG-schepen in de haven op een generieke wijze onderzocht. Concreet wordt het plaatsgebonden mensrisico berekend voor vijf types van schepen met een capaciteit van 800 tot 30.000 m³.

GENERIEKE FAALWIJZEN – Bij het vastleggen van de representatieve ongevalsscenario's en faalwijzen voor LNG-schepen wordt een onderscheid gemaakt tussen ongevallen die kunnen optreden tijdens de doorvaart van het schip in de haven en ongevallen die kunnen optreden ter hoogte van een aanmeerlocatie van het schip.

Tijdens de vaart worden twee ongevalsscenario's in beschouwing genomen, m.n. een botsing van een LNG-schip met een ander schip en een aanvaring van een vast object (bv. een brugpijler of steiger). Voor scheepsbotsingen wordt met betrekking tot de representatieve faalwijzen uitgegaan van lekken met een equivalente diameter van 1.000 en 150 mm in een cargotank van het LNG-schip. Voor het aanvaren van vast objecten wordt uitgegaan van een representatieve lekdiameter van 150 en 75 mm [4,5].

Ter hoogte van een onbeschermd kade of steiger wordt rekening gehouden met een aanvaring van het aangemeerde LNG-schip door een voorbijvarend schip. De representatieve lekdiameters bedragen in dat geval 150 en 75 mm [4,5]. Verder wordt ook rekening gehouden met het optreden van een inherent defect aan het cargosysteem van het schip tijdens zijn verblijf aan de kade of steiger. De representatieve faalwijzen voor dit scenario zijn gebaseerd op het Handboek Faalfrequenties van de Vlaamse overheid [1].

ONGEVALSCENARIO'S - De vervolgebeurtenissen die kunnen optreden na een continue vrijzetting van LNG uit een cargotank van een schip zijn in het algemeen dezelfde als deze die zich kunnen voordoen bij de vrijzetting van LNG uit een stationaire drukhouder (zie figuren 3.2.1 en 3.2.2).

FAALFREQUENTIES EN VERVOLGKANSEN – De kans op het optreden van nautische ongevallen is afhankelijk van de verkeersintensiteit op de vaarweg en wordt ingeschat aan de hand van generieke data uit o.a. het Parse Boek en de Canvey Island studie [5-7].

De kansen op mogelijke vervolggebeurtenissen zijn gebaseerd op de gegevens uit het Handboek Faalfrequenties, waarbij evenwel een hogere kans op directe ontsteking wordt toegepast voor nautische ongevallen.

RISICOAFSTANDEN – Tabellen 3.4.1 en 3.4.2 tonen enkele resultaten van de uitgevoerde risicoanalyse voor het vervoer van LNG over het water.

Het plaatsgebonden mensrisico dat uitgaat van varende LNG-schepen in de haven (tabel 3.4.1) is eerder beperkt. Het risico dat uitgaat van beladen LNG-schepen aan een onbeschermde kade of steiger (tabel 3.4.2) kan daarentegen sterk oplopen in functie van de verkeersintensiteit op de vaarweg en de verblijftijd van het schip aan de kade/steiger.

Tabel 3.4.1: Risicoafstanden voor varende LNG-schepen in de haven (-138 tot -160 °C)

| Type schip en jaarlijkse aantal vaarten | | Rustige vaarweg (10.000 passages/jaar) | | | Drukke vaarweg (50.000 passages/jaar) | | | Zeer drukke vaarweg (100.000 passages/jaar) | | |
|--|------------------|---|---------------------|---------------------|--|---------------------|---------------------|--|---------------------|---------------------|
| | | 10 ⁻⁵ /j | 10 ⁻⁶ /j | 10 ⁻⁷ /j | 10 ⁻⁵ /j | 10 ⁻⁶ /j | 10 ⁻⁷ /j | 10 ⁻⁵ /j | 10 ⁻⁶ /j | 10 ⁻⁷ /j |
| 3.000 m ³ | 50 schepen/jaar | - | - | 34 m | - | 2 m | 76 m | - | 34 m | 108 m |
| | 100 schepen/jaar | - | - | 50 m | - | 34 m | 108 m | - | 50 m | 162 m |
| | 200 schepen/jaar | - | - | 70 m | - | 50 m | 162 m | - | 70 m | 224 m |
| 7.500 m ³ | 50 schepen/jaar | - | - | 34 m | - | 2 m | 76 m | - | 34 m | 110 m |
| | 100 schepen/jaar | - | - | 50 m | - | 34 m | 110 m | - | 50 m | 164 m |
| | 200 schepen/jaar | - | - | 70 m | - | 50 m | 164 m | - | 70 m | 224 m |
| 30.000 m ³ | 50 schepen/jaar | - | - | 34 m | - | 2 m | 76 m | - | 34 m | 110 m |
| | 100 schepen/jaar | - | - | 50 m | - | 34 m | 110 m | - | 50 m | 164 m |
| | 200 schepen/jaar | - | - | 72 m | - | 50 m | 164 m | - | 72 m | 226 m |

Tabel 3.4.2: Risicoafstanden voor aangemeerde LNG-schepen (-138 tot -160 °C)

| Type schip en jaarlijkse aantal vaarten | | Rustige vaarweg (10.000 passages/jaar) | | | Drukke vaarweg (50.000 passages/jaar) | | | Zeer drukke vaarweg (100.000 passages/jaar) | | |
|--|------------------|---|---------------------|---------------------|--|---------------------|---------------------|--|---------------------|---------------------|
| | | 10 ⁻⁵ /j | 10 ⁻⁶ /j | 10 ⁻⁷ /j | 10 ⁻⁵ /j | 10 ⁻⁶ /j | 10 ⁻⁷ /j | 10 ⁻⁵ /j | 10 ⁻⁶ /j | 10 ⁻⁷ /j |
| 3.000 m ³ | 50 schepen/jaar | 24 m | 66 m | 150 m | 52 m | 94 m | 228 m | 66 m | 138 m | 240 m |
| | 100 schepen/jaar | 40 m | 74 m | 204 m | 66 m | 140 m | 244 m | 72 m | 172 m | 248 m |
| | 200 schepen/jaar | 50 m | 86 m | 240 m | 72 m | 174 m | 250 m | 78 m | 216 m | 250 m |
| 7.500 m ³ | 50 schepen/jaar | 30 m | 70 m | 170 m | 58 m | 110 m | 234 m | 68 m | 152 m | 244 m |
| | 100 schepen/jaar | 44 m | 74 m | 224 m | 68 m | 156 m | 248 m | 74 m | 192 m | 250 m |
| | 200 schepen/jaar | 52 m | 102 m | 272 m | 74 m | 198 m | 324 m | 92 m | 224 m | 354 m |
| 30.000 m ³ | 50 schepen/jaar | 38 m | 72 m | 238 m | 64 m | 138 m | 248 m | 72 m | 172 m | 250 m |
| | 100 schepen/jaar | 48 m | 88 m | 520 m | 72 m | 176 m | 526 m | 76 m | 216 m | 530 m |
| | 200 schepen/jaar | 60 m | 150 m | 694 m | 76 m | 224 m | 694 m | 118 m | 238 m | 694 m |

4. Referenties

- [1] *Handboek Faalfrequenties voor het opstellen van een veiligheidsrapport*, Vlaamse Overheid, Departement LNE, Afdeling Milieu-, Natuur- en Energiebeleid, Dienst Veiligheidsrapportering, 05/05/2009.
- [2] *Achtergronddocument RBM II, versie 1.2*, Adviesgroep AVIV, in opdracht van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat (NI), maart 2008.
- [3] *Risk Assessment Data Directory - Land transport accident statistics*, Report No. 434 – 9, International Association of Oil & Gas Producers, maart 2010.
- [4] *PGS3 Guidelines for quantitative risk assessment (purple book)*, Publicatiereeks *Gevaarlijke Stoffen*, Ministerie van VROM, Nederland, 2005.
- [5] *A quantitative risk analysis approach to port hydrocarbon logistics*, Ronza A., Carol S. et al., *Journal of Hazardous Materials*, volume A128, 2006.
- [6] *Canvey: an investigation of potential hazards from operations in the Canvey Island/Thurrock area*, Health and Safety Executive (UK), 1978.