



Adviesgroep AVIV BV
M.H. Tromplaan 55
7513 AB Enschede

Risicoanalyse / LNG/H2-tankstation Assen

Project 173537
Datum 24 juli 2018

Opdrachtgever
ContrAll



Risicoanalyse / LNG/H2-tankstation Assen

Project 173537

Datum 24 juli 2018

Auteur(s) ██████████
Review ██████████
Versie nr. Concept

Opdrachtgever ContrAll
██████████
Postbus 525
7300 AM Apeldoorn

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
2	Beschrijving inrichting	6
2.1	LNG-installatie	6
2.2	H2-installatie	7
2.3	Situatietekening	9
3	Ongevalsscenario's LNG	10
3.1	Selectie van bedrijfsonderdelen	10
3.2	Initiële faalfrequentie	10
3.3	Ongevalsscenario's opslagvat	13
3.4	Ongevalsscenario's dispenser pomp bij het opslagvat	14
3.5	Ongevalsscenario's bovengrondse leidingen bij het opslagvat	14
3.6	Ongevalsscenario's VRE bij het opslagvat	15
3.7	Ongevalsscenario's overslag tankauto	15
3.8	Ongevalsscenario's ondergrondse vulleiding tankauto	19
3.9	Ongevalsscenario's ondergrondse afleverleiding	20
3.10	Ongevalsscenario's dispenser	20
3.11	Ongevalsscenario's LCNG	21
4	Ongevalsscenario's waterstof	23
4.1	Selectie van bedrijfsonderdelen	23
4.2	Initiële faalfrequentie	23
4.3	Tubetrailer	25
4.4	Bufferopslag	25
4.5	Ongevalsscenario's 350 bar station	26
4.6	Ongevalsscenario's 700 bar station	27
5	Overige aspecten	29
5.1	Parameters	29
5.2	Aanwezigen rond de inrichting	29
6	Resultaat risicoberekening	31
6.1	Plaatsgebonden risico	31
6.2	Groepsrisico	34
7	Effectafstand	36
8	Conclusie	38
	Referenties	39
	Bijlage 1 vergelijking druk opslagtank	40

Bijlage 2 vergelijking waterstof-installatie _____ **43**

1 Inleiding

Het voornemen is een tankstation met een LNG- en waterstofinstallatie te plaatsen binnen bedrijventpark Graswijk te Assen-Zuid (gemeente Assen). In het kader van de aanvraag voor de omgevingsvergunning is deze risicoanalyse opgesteld. Conform PGS 33-1 valt een LNG-tankstation niet onder het Bevi. De risicoanalyse van de LNG-installatie is opgesteld conform de Circulaire externe veiligheid LNG-tankstations met de landelijk vastgestelde rekenmethodiek.

Tevens zijn extra berekeningen gemaakt indien gebruik wordt gemaakt van 'saturation on the fly'¹ bij de LNG opslagtank. In dit geval is de druk in de opslagtank en de pomp lager. De uitgangspunten en uitkomsten worden getoond in een bijlage. Ook zijn extra berekeningen gemaakt voor de opstartfase van de waterstof-installatie. Uiteindelijk wordt gebruik gemaakt van een tubetrailer die op de inrichting komt te staan. Bij de opstartfase worden meerdere flessenpakketten gebruikt in plaats van de tubetrailer. De uitgangspunten en uitkomsten worden getoond in een bijlage.

Hoofdstuk 2 bevat een korte beschrijving van de inrichting. In hoofdstuk 3 worden de ongevalsscenario's vastgesteld waarmee de risicoberekening voor LNG wordt uitgevoerd. In hoofdstuk 4 worden de ongevalsscenario's voor waterstof beschreven. Hoofdstuk 5 bevat o.a. de modellering van de omgeving van de inrichting. Hoofdstuk 6 bevat het berekende plaatsgebonden risico en het groepsrisico. Het berekende risiconiveau wordt hier getoetst aan de normstelling externe veiligheid voor inrichtingen. Hoofdstuk 7 bevat de effectafstanden voor de ongevalsscenario's. Hoofdstuk 8 bevat de conclusie. De uitgangspunten en uitkomsten van de lagere druk in de opslagtank worden getoond in bijlage 1. Bijlage 2 tenslotte bevat de uitgangspunten en uitkomsten van de opstartfases van de waterstof-installatie.

¹ De druk van de LNG in de tank ligt bij dit systeem lager op 2-3 bar. De LNG wordt tijdens verladen door het saturatie systeem (saturation on the fly) op de juiste temperatuur/druk gebracht (afhankelijk van de tankwaggen ligt dit rond de 6-8 bar). Dit systeem bestaat uit een aparte verdamper. De LNG voor wordt voor het verladen door de verdamper geleid om op te warmen en zo de gewenste druk te krijgen voor het verladen. Bij dit systeem is er een stikstoftank aanwezig om de bij te koelen indien vereist.

2 Beschrijving inrichting

2.1 LNG-installatie

De afkorting LNG betekent: Liquefied Natural Gas, oftewel vloeibaar aardgas. LNG wordt in verschillende delen van de wereld al langere tijd gebruikt als motorbrandstof. Vloeibaar aardgas bestaat voornamelijk uit methaan. LNG heeft bij atmosferische druk een temperatuur van -162 °C . Vloeibaar aardgas kan daarom onder de cryogene vloeistoffen worden geschaard. Vanwege de vloeibare vorm heeft LNG een grotere energie-inhoud per liter dan CNG. Dit maakt het uitermate geschikt voor langeafstandsvervoer.

Het vloeibaar aardgas wordt met een tankwagen of tankcontainer over de weg vervoerd en verpompt met een pomp op de tankwagen naar het opslagvat. In het opslagvat wordt de LNG ontvangen en voorgesatureerd op maximaal 6 bar(g). Vanuit het opslagvat wordt LNG met een pomp via een VRE (Vapor Return Economizer) geleid naar de dispenserslang voor directe aflevering, al dan niet onder verwarming door de saturatie regeling van de VRE. De VRE zorgt er voor dat warmte die terugkomt van de vrachtwagen wordt opgevangen en niet in het opslagvat terecht komt, maar terug wordt geleverd aan de vrachtwagen. Tevens wordt overwogen gebruik te maken van 'saturation on the fly' waarbij de werkdruk in het opslagvat zo laag wordt mogelijk gehouden. De aangenomen werkdruk in het opslagvat is 2 bar(g). Bijlage 1 toont de uitgangspunten en uitkomsten hiervan.

De dispenser (aflever-installatie) is vrijstaand en verbonden met de rest van de installatie via een ondergrondse leiding.

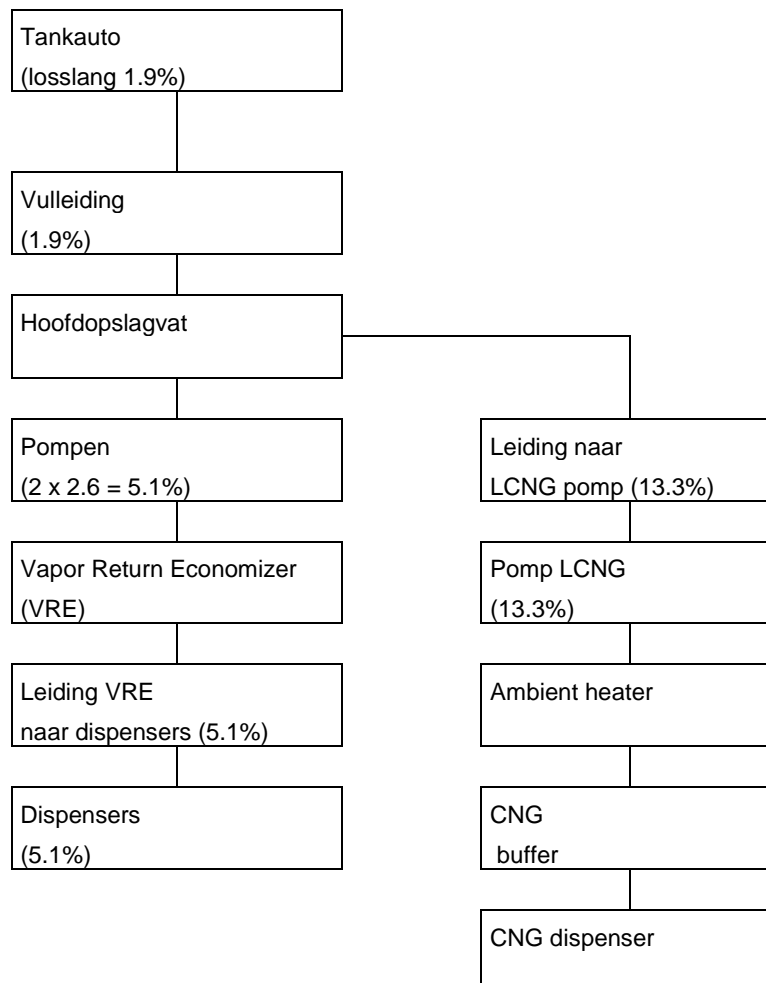
Voor het vullen van het opslagvat vanuit de tankauto wordt gebruik gemaakt van een losslang als verbinding tussen de tankauto en installatie.

Er is tevens een systeem waarmee LNG wordt omgezet naar CNG (Compressed natural Gas). Dit LCNG systeem bestaat uit een hoge druk plunjerpomp aangesloten op een hoofdopslagvat, een hoge druk ambient heater, een CNG buffer en een CNG dispenser. De LNG wordt door de plunjerpomp onder druk gebracht en door de ambient heater geperst. De ambient heater zet de vloeistof om in gas onder hoge druk. Dit gas wordt vervolgens de buffer ingeperst van waaruit CNG wordt getankt.

De aangevraagde doorzet van LNG is $5000\text{ m}^3/\text{jr}$. Het vuldebiet van het opslagvat vanuit een tankauto is gemiddeld $500\text{ l}/\text{min}$. Er vindt dan gedurende circa 167 uur per jaar aanvoer van LNG plaats (dit is 1.9% van het jaar). De doorzet voor de LCNG is $700\text{ m}^3/\text{jr}$. Het debiet van de hoge druk pomp is $10\text{ l}/\text{min}$. Deze pomp zal dan circa 1167 uur per jaar in bedrijf zijn (dit is 13.3% van het jaar). Het debiet bij aflevering van LNG is circa $160\text{ l}/\text{min}$. Er vindt dan gedurende circa 448 uur per jaar aflevering van LNG plaats (dit is 5.1% van het jaar).

Figuur 1 toont een schematische weergave van de verschillende onderdelen van de installatie. Er worden een opslagvat, twee pompen, twee VRE's en twee dispensers

geïnstalleerd. Bij de pompen en leidingen is aangegeven welk gedeelte van de tijd ze in bedrijf zullen zijn. Voor de overige gegevens wordt verwezen naar de aanvraag voor de omgevingsvergunning en de bij de aanvraag gevoegde situatietekening.



Figuur 1. Schematische weergave onderdelen van de LNG- installatie

2.2 H2-installatie

Het waterstofvulstation bestaat uit een aantal componenten:

1. Tubetrailer met waterstof op 300 bar.
2. Compressie en opslag voor de 350 bar vulinstallatie (maximale druk 450 bar(g)).
3. Dispenser voor de 350 bar vulinstallatie.
4. Compressie en opslag voor de 700 bar vulinstallatie (maximale druk 950 bar(g)).
5. Dispenser voor de 700 bar vulinstallatie.

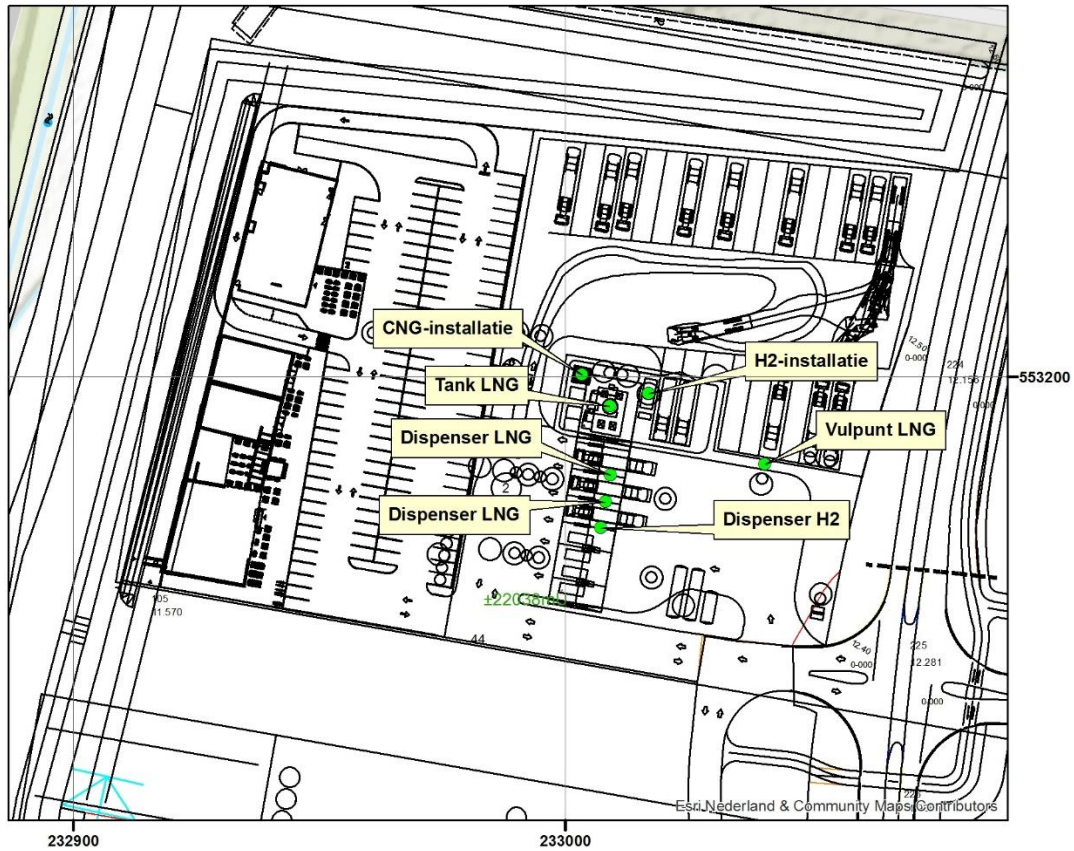
De waterstof wordt aangeleverd met tubetrailers en afgeleverd aan de compressor. Daar vindt compressie plaats in een cascadebuffer tot 300 bar(g), 450 bar(g) en 950 bar(g). Vervolgens wordt een waterstofvoertuig via de dispenser tot 350 bar(g) afgevuld. Voor de 700 bar vulinstallatie wordt gebruik gemaakt van de 950 bar(g) buffer.

De doorzet is 18.7 ton waterstof per jaar uniform verdeeld over de 350 en 700 bar vulinstallatie.

Voor de overige gegevens wordt verwezen naar de aanvraag voor de omgevingsvergunning.

2.3 Situatietekening

Figuur 2 toont schematisch de situatietekening van de inrichting met de positie van de belangrijkste onderdelen van de installatie.



Figuur 2. Situatietekening

3 Ongevalsscenario's LNG

3.1 Selectie van bedrijfsonderdelen

De volgende onderdelen en/of activiteiten voor de LNG-installatie zijn gemodelleerd (zie ook figuur 1 en 2):

- Het opslagvat.
- De pomp voor aflevering naar de dispenser.
- De Vapor Return Economizer (VRE).
- De bevoorrading met een tankauto.
- De ondergrondse vulling van het vulpunt naar het opslagvat.
- De ondergrondse leiding tussen de VRE en de dispenser.
- De afleververbinding tussen de dispenser en de vrachtauto.
- De hoge druk plunjerpomp en warmtewisselaar voor CNG.

Er worden geen scenario's gemodelleerd voor leidingen die alleen gas bevatten. Het effect van deze scenario's is verwaarloosbaar klein.

De scenario's voor deze installatie-onderdelen worden beschreven in paragraaf 3.3 t/m 3.11. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de standaard scenario's voor onderdelen zoals voorgeschreven in de definitieve versie van het Rekenvoorschrift LNG-Tankstations [3]. Deze standaard scenario's voor de onderdelen worden getoond in paragraaf 3.2.

De stikstof installatie wordt niet gemodelleerd conform de Handleiding module B blz. 29.

De CNG opslagbuffer en dispenser zijn conform het rekenvoorschrift niet gemodelleerd [3]. Voor deze onderdelen gelden vaste aan te houden externe veiligheidsafstanden voorgeschreven in het Activiteitenbesluit (zie ook PGS 25).

3.2 Initiële faalfrequentie

Tabel 1 toont de initiële faalfrequentie voor onderdelen van de installatie zoals voorgeschreven in de Handleiding risicoberekeningen Bevi [1] en het Rekenvoorschrift LNG-Tankstations [3].

Component	Faalwijze	Frequentie
Drukvat	Instantaan	$5.0 \cdot 10^{-7}$ /jr
	Continu 10 min	$5.0 \cdot 10^{-7}$ /jr
	Continu 10 mm gat	$1.0 \cdot 10^{-5}$ /jr
Tankauto	Instantaan	$5.0 \cdot 10^{-7}$ /jr
	Continu grootste aansluiting	$5.0 \cdot 10^{-7}$ /jr
	Pomp (met pakking) breuk	$1.0 \cdot 10^{-4}$ /jr
	Pomp (met pakking) lekkage	$4.4 \cdot 10^{-3}$ /jr
	Losslang composiet breuk	$4.0 \cdot 10^{-7}$ /uur
	Losslang composiet lekkage	$4.0 \cdot 10^{-5}$ /uur
	BLEVE door brand tijdens verlading	$5.8 \cdot 10^{-10}$ /uur
	BLEVE door brand in de omgeving	Zie tekst hierna
	BLEVE door externe impact	Zie tekst hierna
Pomp (canned)	Breuk	$1.0 \cdot 10^{-5}$ /jr
	Lekkage	$5.0 \cdot 10^{-5}$ /jr
Leiding ondergronds < 3"	Breuk	$5.0 \cdot 10^{-7}$ /m-jr
	Lekkage	$1.5 \cdot 10^{-6}$ /m-jr
VRE (plaatwarmtewisselaar)	Instantaan	$5.0 \cdot 10^{-5}$ /jr
	Continu 10 min	$5.0 \cdot 10^{-5}$ /jr
	Continu 10 mm gat	$1.0 \cdot 10^{-3}$ /jr
Losslang composiet (gebruikt voor slang aflever-installatie)	Breuk	$4.0 \cdot 10^{-7}$ /uur
	Lekkage	$4.0 \cdot 10^{-5}$ /uur
Leiding CNG bovengronds < 3"	Breuk	$1.0 \cdot 10^{-6}$ /m-jr
	Lekkage	$5.0 \cdot 10^{-6}$ /m-jr
Pomp CNG	Breuk	$1.0 \cdot 10^{-4}$ /jr
	Lekkage	$4.4 \cdot 10^{-3}$ /jr
Warmtewisselaar CNG	Breuk	$1.0 \cdot 10^{-5}$ /jr

Tabel 1. Initiële faalfrequentie onderdelen van de installatie

Bevoorrading vindt plaats met een tankauto, waarbij een composiet losslang wordt gebruikt voor de verbinding met het vulpunt. De slangverbinding tussen de dispenser (aflever-installatie) en de vrachtauto is een composiet losslang.

Voor de op- en overslag van tot vloeistof gekoeld (cryogeen) gas zijn voor een druvvat en een tankauto niet specifiek scenario's voorgeschreven. Dit zijn multilayer geïsoleerde dubbelwandige tanks, zodat verwacht mag worden dat bij het scenario instantaan falen een BLEVE minder frequent zal kunnen voorkomen dan bij een enkelwandige druktank. De scenario's voor een enkelwandige druktank zullen worden gehanteerd, waarbij een BLEVE nog mogelijk is bij de werkdruk van het insluitsysteem (en niet bij een verhoogde druk).

Voor een BLEVE veroorzaakt door een brand van het LNG-systeem tijdens verlading wordt uitgegaan van een frequentie van $5.8 \cdot 10^{-10}$ /uur voor een onbeschermd tankauto (enkelwandig zonder hittewerende coating). Bij een dubbelwandige geïsoleerde tankauto wordt de BLEVE-frequentie verlaagd met een factor twintig. Aangenomen wordt dat de tankauto maximaal is gevuld.

Voor een BLEVE veroorzaakt door een brand in de omgeving wordt de omgeving van de opstelplaats van de LNG-tankauto beschouwd. Als de afstand tussen met name genoemde objecten en de opstelplaats kleiner is dan een toetsingsafstand, dan kan de brand van een object leiden tot een BLEVE van de tankauto. De toetsing wordt uitgevoerd voor de benzine en LNG/LPG-afleverzuil, voor gebouwen en voor de opstelplaats van de benzinetankauto. Tabel 2 toont de toetsingsafstand.

Object omgevingsbrand		Toetsingsafstand [m]
LNG/LPG-afleverzuil personenauto's		17.5
Benzine afleverzuil personenauto's		5
Opstelplaats benzinetankauto		25
Gebouw zonder brandbescherming	Hoogte < 5 m	10
	5 m < hoogte < 10 m	15
	Hoogte > 10 m	20
Gebouw met brandbescherming (en maximaal 50% gevelopeningen)	Hoogte < 5 m	5
	5 m < hoogte < 10 m	10
	Hoogte > 10 m	15

Tabel 2. Toetsing bijdrage omgevingsbrand aan de BLEVE-frequentie (toetsingsafstand conform stappenplan RIVM)

De frequentie op een brand nabij de LNG-tankauto is afhankelijk van de uitkomst van de toetsing. Tabel 3 toont de frequentie. Aangenomen wordt dat de tankauto maximaal is gevuld. De kans dat een brand in de omgeving leidt tot een BLEVE is 0.19. Bij een dubbelwandige geïsoleerde tankauto wordt de BLEVE-frequentie verlaagd met een factor twintig.

LNG/LPG afleverzuil	Benzine afleverzuil	Opstelplaats tankauto	Gebouw	Frequentie [/jr]
Ja	Ja	Ja	Ja	2.0 10 ⁻⁶
Nee	Ja	Ja	Ja	
Ja	Nee	Ja	Ja	
Ja	Ja	Nee	Ja	
Ja	Nee	Nee	Ja	
Nee	Ja	Nee	Ja	
Nee	Nee	Ja	Ja	
Ja	Ja	Ja	Nee	1.0 10 ⁻⁶
Ja	Nee	Ja	Nee	
Nee	Nee	Nee	Ja	
Ja	Ja	Nee	Nee	8.0 10 ⁻⁷
Nee	Ja	Ja	Nee	
Ja	Nee	Nee	Nee	6.0 10 ⁻⁷
Nee	Nee	Ja	Nee	

LNG/LPG afleverzuil	Benzine afleverzuil	Opstelplaats tankauto	Gebouw	Frequentie [/jr]
Nee	Ja	Nee	Nee	4.0 10 ⁻⁷
Nee	Nee	Nee	Nee	2.0 10 ⁻⁷

Tabel 3. Frequentie van een brand nabij de LNG-tankauto voor een aanwezigheid van 50 uur per jaar

Een BLEVE van de tankauto kan ook plaatsvinden door externe impact (aanrijdingen). De frequentie is afhankelijk van het type opstelplaats. Tabel 4 toont de specifieke BLEVE frequentie. De BLEVE wordt gemodelleerd met de barstdruk gelijk aan de evenwichtsdruk in de tankauto.

Opstelplaats tankauto	Frequentie [/jr]
Geïsoleerde opstelplaats waarbij een aanrijding van opzij tegen de leidingkast niet aannemelijk wordt geacht (ook niet met lage snelheid)	2.5 10 ⁻⁹
Opstelplaats op een (wegrij)strook met een toegestane snelheid van maximaal 70 km/uur	4.8 10 ⁻⁸
Overige situaties	2.3 10 ⁻⁷

Tabel 4. BLEVE frequentie tankauto door mechanische inslag (aanrijdingen) voor een aanwezigheid van 50 uur per jaar

3.3 Ongevalsscenario's opslagvat

Tabel 5 toont de kenmerken van het opslagvat benodigd voor de modellering.

Kenmerk	Opslagvat
Inhoud bruto [m ³]	60
Vulgraad maximaal	95%
Werktemperatuur [°C]	-131.4
Werkdruk [bar(g)]	6.0
Insteldruk veerveiligheid [bar(g)]	10

Tabel 5. Kenmerken opslagvat

Tabel 6 toont de frequentie en bronsterkte voor de ongevalsscenario's van een opslagvat. Bij het instantaan vrijkomen wordt geen BLEVE gemodelleerd bij verhoogde druk, omdat het opslagvat dubbelwandig is uitgevoerd. Het afblazen van de veiligheid op hoogte is wegens te verwaarlozen letale effecten op grondniveau niet meegenomen in de risicoberekening.

De berekening is uitgevoerd voor een werkdruk van maximaal 6 bar. Indien gebruik wordt gemaakt van 'saturation on the fly' zal de werkdruk lager blijven. De gevolgen voor het

externe veiligheidsrisico wordt weergegeven in bijlage 1. Hierin wordt tevens een vergelijking getoond met het risico indien uit wordt gegaan van 6 bar.

Scenario	Frequentie [jr]	Bronsterkte	Toelichting
Instantaan	$5.0 \cdot 10^{-7}$	21.3 ton	Maximale inhoud
Continu 10 min	$5.0 \cdot 10^{-7}$	35.4 kg/s	Maximale inhoud in 600 s
Continu 10 mm	$1.0 \cdot 10^{-5}$	1.0 kg/s	Diameter 10 mm

Tabel 6. Ongevalsscenario's opslagvat

3.4 Ongevalsscenario's dispenser pomp bij het opslagvat

Bij het opslagvat staat bovengronds een pomp opgesteld. Het betreft een pomp die werkt vanaf het opslagvat via de VRE naar de dispenser. Voor de faalfrequentie wordt deze pomp gemodelleerd als canned (zonder pakking). Een pomp is circa 2.6% van de tijd in gebruik voor aflevering. Er zijn twee pompen geplaatst. Een breuk van de pomp leidt tot uitstroming uit een leiding met een diameter van maximaal 3" die rechtstreeks is verbonden met het opslagvat.

Tabel 7 toont de ongevalsscenario's zonder doorstroombegrenzer in de leiding tussen het opslagvat en de pomp. De bronsterkte is berekend met Safeti-NL door uit te gaan van een leiding aan een vat met een lengte van 5 m.

Scenario	Toelichting frequentie		
Breuk	0.026 (tijdsfractie in bedrijf) x $1.0 \cdot 10^{-5}$ (frequentie breuk per jaar in bedrijf)		
Lekkage	0.026 (tijdsfractie in bedrijf) x $5.0 \cdot 10^{-5}$ (frequentie lekkage per jaar in bedrijf)		
Scenario	Frequentie [jr]	Bronsterkte [kg/s]	Toelichting
Breuk	$2.6 \cdot 10^{-7}$	24.0	Diameter 75 mm, lengte 5 m, duur 884 s
Lekkage	$1.3 \cdot 10^{-6}$	0.6	Diameter 7.5 mm, duur 1800 s

Tabel 7. Ongevalsscenario's dispenser pomp aangesloten aan het opslagvat

3.5 Ongevalsscenario's bovengrondse leidingen bij het opslagvat

Het bovengrondse leidingwerk bij het opslagvat is niet gemodelleerd. Het opslagvat, de pomp en de VRE staan dicht bij elkaar. De lengte van deze leidingsecties is klein, zodat deze scenario's geen relevante bijdrage leveren aan het risico.

3.6 Ongevalsscenario's VRE bij het opslagvat

De VRE wordt gemodelleerd als een plaatwarmtewisselaar². De inhoud van de plaatwarmtewisselaar is circa 14 l. De bronsterkte voor de scenario's instantaan vrijkomen van de inhoud en continu vrijkomen van de inhoud in 10 min zijn daarom gemodelleerd als breuk van de toevoerleiding met het pompdebiet.

Het pompdebiet is gelijk aan 160 l/min. Uitgaande van de condities in het opslagvat is dit debiet gelijk aan circa 1.0 kg/s. Bij breuk van de leiding zal gedurende korte tijd uitstroming plaatsvinden met een bronsterkte die afhangt van de condities in de leiding op het moment van de breuk. De leiding is relatief kort, zodat de pompdruk snel wegvalt. Voor breuk van de leiding stroomafwaarts van de pomp is conform de voorbeeldstudie RIVM de bronsterkte gelijk aan 150% van het pompdebiet.

Een VRE is 2.6% van de tijd in gebruik voor aflevering naar de dispenser. Als deze niet in gebruik is, dan staan de leidingen ingeblokt. De gevolgen van het falen van een ingeblokte leiding zijn verwaarloosbaar. Tabel 8 toont de ongevalsscenario's.

Onderdeel	Scenario	Toelichting frequentie
VRE	Instantaan	0.026 (tijdsfractie in bedrijf) x 5.0 10 ⁻⁵ (frequentie breuk per jaar in bedrijf)
	Continu 10 min	0.026 (tijdsfractie in bedrijf) x 5.0 10 ⁻⁵ (frequentie breuk per jaar in bedrijf)
	Continu 10 mm	0.026 (tijdsfractie in bedrijf) x 1.0 10 ⁻³ (frequentie breuk per jaar in bedrijf)

Onderdeel	Scenario	Frequentie [/jr]	Bronsterkte [kg/s]	Toelichting
VRE	Instantaan	1.3 10 ⁻⁶	1.5	Pompdebiet 150%, duur 1800 s
	Continu 10 min	1.3 10 ⁻⁶	1.5	Pompdebiet 150%, duur 1800 s
	Continu 10 mm	2.6 10 ⁻⁵	1.1	Diameter 10 mm, druk 7 bar(g), duur 1800 s

Tabel 8. Ongevalsscenario's VRE

3.7 Ongevalsscenario's overslag tankauto

De doorzet van LNG is 5000 m³/jr. Er is aangenomen dat de bevoorrading plaatsvindt met een dubbelwandige geïsoleerde tankauto. Bij aankomst is de druk 1.4 bar(g) bij een temperatuur van -150 °C. De tankauto heeft een bruto inhoud van 52 m³ en een effectieve inhoud van 44.3 m³ (95% vulling bij de afstedruk van de veerveiligheid van 8 bar(g)). Het pompdebiet is 500 l/min. De tijd voor het lossen is dan 167 uur per jaar. Aangenomen is dat

² In de Rekenmethodiek LNG-Tankstations zijn scenario's gegeven voor warmtewisselaars als leidingsegment. Aangezien de gebruikte warmtewisselaars de karakteristieken hebben van plaatwarmtewisselaars is ervoor gekozen deze te modelleren conform de Handleiding risicoberekeningen BEVI. Dit is een conservatieve benadering.

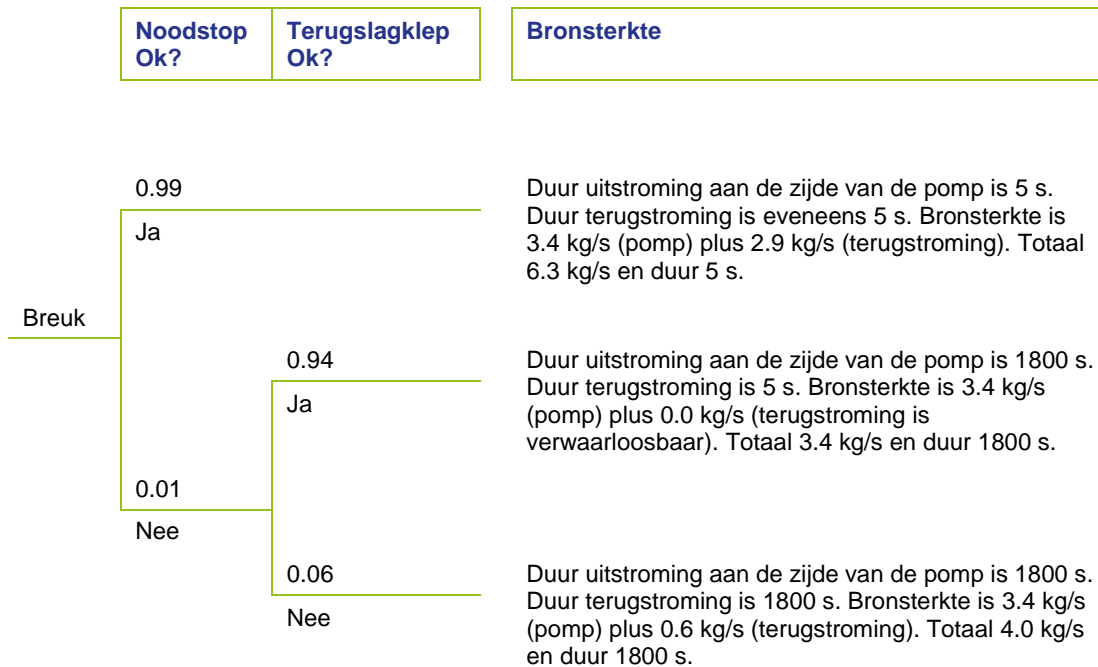
de tankauto 1.5 keer zo lang op de inrichting aanwezig is (totaal 250 uur, dit is 2.9% van het jaar). Het lossen vindt plaats met een composiet losslang.

Bij het scenario breuk van de pomp zal de operator ingrijpen en wordt onmiddellijk de pomp gestopt en de bodemklep van de tankauto gesloten. Conform de handleiding is aangenomen dat de kans op succes ingrijpen door de operator gelijk is aan 0.9 en de uitstroomduur is dan 120 s. Bij het scenario lekkage van de pomp is ingrijpen niet gemodelleerd. De bronsterkte bij breuk van de pomp is berekend door uit te gaan van breuk van de zuigleiding (3") bij de pomp. De bronsterkte daarvan is berekend met Safeti-NL door uit te gaan van een leiding aan een vat met een lengte van 5 m. De bronsterkte is 10.9 kg/s bij een druk van 1.4 bar(g) in de tankauto.

Bij het scenario breuk van de losslang mag worden aangenomen dat de druk in de slang vrijwel onmiddellijk wegvalt, omdat de inhoud van de slang relatief klein is. Er is een lage druk sensor geïnstalleerd die is aangesloten op het ESD-systeem van de installatie en de tankauto. Dit systeem detecteert automatisch een breuk van de losslang, stopt de pomp en sluit de bodemklep van de tankauto en de ESD-klep bij de tank. De kans op succes is gelijk aan 0.99 en de uitstroomduur is dan 5 s. Het is te conservatief om de bronsterkte te baseren op de condities in de slang vlak voordat de breuk optreedt. Deze condities bepalen weliswaar de initiële bronsterkte, maar de afname in bronsterkte door het wegvallen van de pompdruk is snel. De vulleiding lost in de tank boven het vloeistofniveau. Bij breuk van de slang zal eerst de inhoud van de leiding vanaf de plaats van de breuk tot de tank uitstromen en vervolgens dient rekening te worden gehouden met terugstroming van damp uit de ontvangende tank.

Terugstroming wordt eveneens verhinderd door terugslagkleppen in de vulleiding. Voor de uitstroomtijd bij het juist functioneren van een terugslagklep is 5 s voorgeschreven. Deze tijdsduur is gelijk aan de gekozen tijdsduur voor het juist functioneren van het noodstopstelsel. Gelet hierop is het juist functioneren van de terugslagklep niet aanvullend gemodelleerd.

Het scenario breuk van de losslang is gemodelleerd als een "fixed duration" uitstroming. De bronsterkte wordt bepaald door de pomp en door terugstroming uit het opslagvat. Het pompdebiet is 500 l/min. De bronsterkte aan de zijde van de pomp is dan 3.4 kg/s. Voor het bepalen van de bronsterkte door terugstroming vanuit het opslagvat wordt uitgegaan van vulling aan de dampzijde van het opslagvat. Tijdens het vullen zal de druk in het opslagvat snel dalen vanaf de maximale werkdruk van 6 bar(g) tot minimaal 1.4 bar(g). Terugstroming leidt tot uitstroming van de vloeistof aanwezig in de vulleiding en vervolgens van damp uit een 2" gat uit een leiding 20 m vanaf het opslagvat met een druk van 1.4 bar(g) en een temperatuur van -150 °C. De inhoud van de vulleiding is circa 16 kg vloeistof. Deze leiding loopt dan leeg met een debiet van circa 2.9 kg/s. Deze benadering is conservatief, er kan ook worden aangenomen dat geen terugstroming optreedt, zoals bij het vaststellen van het interim beleid wordt gedaan. Als de noodstop en de terugslagklep niet succesvol zijn, dan vindt na het leeglopen van de leiding nog uitstroming van damp plaats met een debiet van circa 0.6 kg/s.



Voor een omgevingsbrand geldt dat de afstand tussen de opstelplaats van de LNG-tankauto en een aantal met name genoemde objecten groter moet zijn dan de minimaal benodigde afstand. Toetsing wordt uitgevoerd voor de benzine en LNG/LPG-afleverzuil, gebouwen en voor de opstelplaats van de benzinetankauto. Tabel 9 vat de beoordeling samen. De frequentie op een omgevingsbrand voor 100 verladingen met een duur van 50 uur is dan afgerond $2 \cdot 10^{-7}$.

Object omgevingsbrand		Toetsings afstand [m]	Vulpunt binnen deze afstand?
LNG/LPG-afleverzuil personenauto's		17.5	Nee
Benzine afleverzuil personenauto's		5	Nee
Opstelplaats benzinetankauto		25	Nee
Gebouw zonder brandbescherming	Hoogte < 5 m	10	Nee
	5 m < hoogte < 10 m	15	Nee
	Hoogte > 10 m	20	Nee
Gebouw met brandbescherming (en maximaal 50% gevelopeningen)	Hoogte < 5 m	5	Nee
	5 m < hoogte < 10 m	10	Nee
	Hoogte > 10 m	15	Nee

Tabel 9. Toetsing bijdrage omgevingsbrand aan de BLEVE-frequentie

De insteldruk van de veerveiligheid van de tankauto is 8 bar(g). Voor de BLEVE bij verhoogde druk is uitgegaan van een druk van 9.8 bar(g) (dit is 1.2 keer de absolute insteldruk van de veerveiligheid).

Een BLEVE van de tankauto kan ook plaatsvinden door externe impact (aanrijdingen). De frequentie is afhankelijk van het type opstelplaats. Voor dit tankstation wordt uitgegaan van de waarde voor een opstelplaats op een (wegrij)strook met een toegestane snelheid van maximaal 70 km/uur van $4.8 \cdot 10^{-8}$ voor 100 verladings met een duur van 50 uur. Dit is een conservatieve veronderstelling, aangezien de tankauto zodanig staat opgesteld ten opzichte van de draaicirkel van de binnenkomende vrachtvoertuigen dat een botsing met grote snelheid onwaarschijnlijk wordt geacht. Een mogelijkheid zou dan zijn om de lagere frequentie voor een geïsoleerde opstelplaats te hanteren. Deze keuze is vooralsnog niet gedaan. Externe impact is gemodelleerd als een BLEVE bij een druk van 1.4 bar(g).

Tabel 10 toont de ongevalsscenario's voor de overslag van LNG per tankauto. Het lossen kan zowel overdag (tussen 7:00 en 19:00 uur) als 's avonds plaatsvinden (tussen 19:00 en 23:00 uur). Aangenomen is dat het lossen 75% overdag en 25% 's avonds plaatsvindt.

Scenario	Toelichting frequentie
Instantaan	0.029 (tijdsfractie aanwezig) $\times 5.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie per jaar)
Continu grootste aansluiting	0.029 (tijdsfractie aanwezig) $\times 5.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie per jaar)
Breuk pomp noodstop Ok	167 (uren in bedrijf) / 8760 (uren per jaar) $\times 1.0 \cdot 10^{-4}$ (frequentie breuk per jaar in bedrijf) $\times 0.9$ (kans noodstop succesvol)
Breuk pomp noodstop niet Ok	167 (uren in bedrijf) / 8760 (uren per jaar) $\times 1.0 \cdot 10^{-4}$ (frequentie breuk per jaar in bedrijf) $\times 0.1$ (kans noodstop niet succesvol)
Lekkage pomp	167 (uren in bedrijf) / 8760 (uren per jaar) $\times 4.4 \cdot 10^{-3}$ (frequentie breuk per jaar in bedrijf)
Breuk losslang noodstop Ok	167 (uren in bedrijf) $\times 4.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie breuk per uur in bedrijf) $\times 0.99$ (kans noodstop succesvol)
Breuk losslang noodstop niet Ok en terugstroomklep Ok	167 (uren in bedrijf) $\times 4.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie breuk per uur in bedrijf) $\times 0.01$ (kans noodstop niet succesvol) $\times 0.94$ (kans terugslagklep succesvol)
Breuk losslang noodstop niet Ok en terugstroomklep niet Ok	167 (uren in bedrijf) $\times 4.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie breuk per uur in bedrijf) $\times 0.01$ (kans noodstop niet succesvol) $\times 0.06$ (kans terugslagklep niet succesvol)
Lekkage losslang	167 (uren in bedrijf) $\times 4.0 \cdot 10^{-5}$ (frequentie lekkage per uur in bedrijf)
BLEVE door brand tijdens lossen	167 (uren in bedrijf) $\times 5.8 \cdot 10^{-10}$ (frequentie per uur in bedrijf) $\times 0.05$ (kans BLEVE voor een dubbelwandige vacuüm geïsoleerde tankauto)
BLEVE door brand in de omgeving	250 (uren aanwezig) / $50 \times 2.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie per 50 uur aanwezig) $\times 0.19$ (kans aanstraling damp ruimte) $\times 0.05$ (kans BLEVE voor een dubbelwandige vacuüm geïsoleerde tankauto)
BLEVE door externe impact	250 (uren aanwezig) / $50 \times 4.8 \cdot 10^{-8}$ (frequentie per 50 uur aanwezig voor een (wegrij)strook kleiner dan 70 km/uur)

Scenario	Frequentie [/jr]	Bronsterkte	Toelichting
Instantaan	$1.4 \cdot 10^{-8}$	17.9 ton	Maximale inhoud
Continu grootste aansluiting	$1.4 \cdot 10^{-8}$	29.3 kg/s	Vloeistof 75 mm gat, duur 612 s
Breuk pomp noodstop Ok	$1.7 \cdot 10^{-6}$	10.9 kg/s	Diameter 75 mm, leidinglengte 5 m, duur 120 s
Breuk pomp noodstop niet Ok	$1.9 \cdot 10^{-7}$	10.9 kg/s	Diameter 75 mm, leidinglengte 5 m, duur 1642 s

Scenario	Frequentie [Jr]	Bronsterkte	Toelichting
Lekkage pomp	$8.4 \cdot 10^{-5}$	0.3 kg/s	Vloeistof 7.5 mm gat, duur 1800 s
Breuk losslang noodstop Ok	$6.6 \cdot 10^{-5}$	6.3 kg/s	Bronsterkte zie tekst, duur 5 s
Breuk losslang noodstop niet Ok en terugstroomklep Ok	$6.3 \cdot 10^{-7}$	3.4 kg/s	Bronsterkte zie tekst, duur 1800 s
Breuk losslang noodstop niet Ok en terugstroomklep niet Ok	$4.0 \cdot 10^{-8}$	4.0 kg/s	Bronsterkte zie tekst, duur 1800 s
Lekkage losslang	$6.7 \cdot 10^{-3}$	0.2 kg/s	Vloeistof 5 mm gat, duur 1800 s
BLEVE door brand tijdens lossen	$4.8 \cdot 10^{-9}$	17.9 ton	Maximale inhoud, druk 9.8 bar(g)
BLEVE door brand in de omgeving	$9.5 \cdot 10^{-9}$	17.9 ton	Maximale inhoud, druk 9.8 bar(g)
BLEVE door externe impact	$2.4 \cdot 10^{-7}$	17.9 ton	Maximale inhoud, druk 1.4 bar(g), temperatuur -150 °C

Tabel 10. Ongevalsscenario's overslag tankauto

3.8 Ongevalsscenario's ondergrondse vulleiding tankauto

De ondergrondse vulleiding van het vulpunt naar het opslagvat heeft een diameter van 50 mm en een lengte van circa 40 m. De leiding wordt gedurende 167 uur per jaar gebruikt voor vullen (dit is 1.9% per jaar). Het pompdebiet is 500 l/min. Tevens vindt er bij breuk terugstroming plaats vanuit het opslagvat. Conform de rekenmethodiek leidt dit niet tot een hogere uitstroomsnelheid, alleen de uitstroomduur neemt toe. Tabel 11 toont de ongevalsscenario's. De frequentie is berekend voor de lengte van een leidingsectie van 10 m. De bronsterkte is dezelfde als voor de losslang scenario's.

Scenario	Toelichting frequentie
Breuk vulleiding noodstop Ok terugslagklep Ok	0.019 (tijdsfractie in bedrijf) $\times 5.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie breuk per meter per jaar in bedrijf) $\times 40$ (leidinglengte in m) $\times 0.99$ (kans noodstop succesvol)
Breuk vulleiding noodstop niet Ok terugslagklep Ok	0.019 (tijdsfractie in bedrijf) $\times 5.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie breuk per jaar in bedrijf) $\times 40$ (leidinglengte in m) $\times 0.01$ (kans noodstop niet succesvol) $\times 0.94$ (kans terugslagklep succesvol)
Breuk vulleiding noodstop niet Ok terugslagklep niet Ok	0.019 (tijdsfractie in bedrijf) $\times 5.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie breuk per jaar in bedrijf) $\times 40$ (leidinglengte in m) $\times 0.01$ (kans noodstop niet succesvol) $\times 0.06$ (kans terugslagklep niet succesvol)
Lekkage vulleiding	0.019 (tijdsfractie in bedrijf) $\times 1.5 \cdot 10^{-6}$ (frequentie lekkage per jaar in bedrijf) $\times 40$ (leidinglengte in m)

Scenario	Frequentie [1/jr]	Bronsterkte	Toelichting
Breuk vulleiding noodstop Ok terugslagklep Ok	$3.8 \cdot 10^{-7}$	6.3 kg/s	Bronsterkte zie tekst paragraaf 2.8, duur 5 s
Breuk vulleiding noodstop niet Ok terugslagklep Ok	$3.6 \cdot 10^{-9}$	3.4 kg/s	Bronsterkte zie tekst paragraaf 2.8, duur 1800 s
Breuk vulleiding noodstop niet Ok terugslagklep niet Ok	$2.3 \cdot 10^{-10}$	4.0 kg/s	Bronsterkte zie tekst paragraaf 2.8, duur 1800 s
Lekkage vulleiding	$1.1 \cdot 10^{-6}$	0.1 kg/s	Vloeistof 5 mm gat, duur 1800 s

Tabel 11. Ongevalsscenario's ondergrondse vulleiding

3.9 Ongevalsscenario's ondergrondse afleverleiding

De beide ondergrondse afleverleidingen van de VRE naar de dispensers hebben een diameter van 25 mm en een lengte van circa 15 en 20 m. Elke leiding is circa 2.6% van het jaar in gebruik. Het maximale pompdebiet is 160 l/min. Voor de bronsterkte bij breuk wordt 1.5 kg/s aangenomen, zoals eerder afgeleid voor het falen van de bovengrondse leidingsectie. Deze bronsterkte wordt onafhankelijk verondersteld van de afleverdruk. Voor de lekkage wordt uitgegaan van 7 bar(g). De bijdrage van deze ongevalsscenario's aan het risico is gering, er is daarom geen rekening gehouden met het noodstopstelsel. Tabel 12 toont de ongevalsscenario's voor een lengte van 20 m. Voor een lengte van 15 m is de frequentie proportioneel kleiner.

Leiding	Scenario	Toelichting frequentie
VRE naar dispenser	Breuk	0.026 (tijdsfractie in bedrijf) $\times 5.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie breuk per meter per jaar) $\times 20$ (leidinglengte in m)
	Lekkage	0.026 (tijdsfractie in bedrijf) $\times 1.5 \cdot 10^{-6}$ (frequentie lekkage per jaar) $\times 20$ (leidinglengte in m)

Leiding	Scenario	Frequentie [1/jr]	Bronsterkte	Toelichting
VRE naar dispenser	Breuk	$2.6 \cdot 10^{-7}$	1.5	Pompdebiet 150%, duur 1800 s
	Lekkage	$7.7 \cdot 10^{-7}$	0.1	Vloeistof 2.5 mm gat, 7 bar(g), duur 1800 s

Tabel 12. Ongevalsscenario's ondergrondse afleverleidingen

3.10 Ongevalsscenario's dispenser

De beide dispensers (aflever-installaties) zijn elk circa 2.6% van het jaar in gebruik voor het afleveren van LNG naar een vrachtauto (dit is 224 uur). Het pompdebiet is maximaal 160 l/min. Voor de faalfrequentie van de afleververbinding is die van een composiet losslang gebruikt. De diameter van de slang is 25 mm. Er is een automatisch noodstopstelsel gebaseerd op gasdetectie en meting van flow en druk. De kans op falen per aanspraak van het noodstopstelsel is 0.001 en de tijd nodig voor het sluiten van de inlokafsluiters is

120 s. Tevens zal bij een incident de operator de bekrachtigingsknop loslaten (kans op falen 0.01 en de uitstroomtijd is 5 s). De gevolgen van een lekkage zijn verwaarloosbaar, het noodstopstelsel is voor dit scenario niet gemodelleerd. Voor de bronsterkte bij breuk wordt 1.5 kg/s aangenomen, zoals eerder afgeleid voor het falen van de bovengrondse leidingsectie. Deze bronsterkte is onafhankelijk van de afleverdruk. Voor de lekkage wordt uitgegaan van 7 bar(g). Tabel 13 toont de ongevalsscenario's.

Slang	Scenario	Toelichting frequentie
Dispenser	Breuk bekrachtigingsknop Ok	224 (uren in bedrijf) x 4.0 10 ⁻⁷ (frequentie breuk per uur in bedrijf) x 0.99 (bekrachtigingsknop succesvol)
	Breuk bekrachtigingsknop niet Ok, noodstop Ok	224 (uren in bedrijf) x 4.0 10 ⁻⁷ (frequentie breuk per uur in bedrijf) x 0.01 (bekrachtigingsknop niet succesvol) x 0.999 (kans noodstop succesvol)
	Breuk bekrachtigingsknop niet Ok, noodstop niet Ok	224 (uren in bedrijf) x 4.0 10 ⁻⁷ (frequentie breuk per uur in bedrijf) x 0.01 (bekrachtigingsknop niet succesvol) x 0.001 (kans noodstop niet succesvol)
	Lekkage	224 (uren in bedrijf) x 4.0 10 ⁻⁵ (frequentie lekkage per uur in bedrijf)

Slang	Scenario	Frequentie [/jr]	Bronsterkte	Toelichting
Dispenser	Breuk bekrachtigingsknop Ok	8.9 10 ⁻⁵	1.5	Zie tekst, duur 5 s
	Breuk bekrachtigingsknopniet Ok, noodstop Ok	8.9 10 ⁻⁷	1.5	Zie tekst, duur 120 s
	Breuk bekrachtigingsknopniet Ok, noodstop niet Ok	9.0 10 ⁻¹⁰	1.5	Zie tekst, duur 1800 s
	Lekkage	9.0 10 ⁻³	0.1	Vloeistof 2.5 mm gat, druk 7 bar(g), duur 1800 s

Tabel 13. Ongevalsscenario's dispenser

3.11 Ongevalsscenario's LCNG

De aangevraagde doorzet LCNG is 700 m³/jr (gebaseerd op LNG). De plunjerpomp heeft een capaciteit van 10 l/min. De pomp zal dan circa 1167 uur per jaar in bedrijf zijn (dit is 13.3% van het jaar). De leiding van het opslagvat naar de plunjerpomp heeft een diameter van 1" en is bovengronds. Tabel 14 toont de ongevalsscenario's.

Slang	Scenario	Toelichting frequentie
Leiding	Breuk	0.133 (tijdsfractie in bedrijf) x 1.0 10 ⁻⁶ (frequentie breuk per meter per jaar in bedrijf) x 10 (leidinglengte in m)
	Lekkage	0.133 (tijdsfractie in bedrijf) x 5.0 10 ⁻⁶ (frequentie breuk per meter per jaar in bedrijf) x 10 (leidinglengte in m)

Slang	Scenario	Toelichting frequentie
Pomp	Breuk	0.133 (tijdsfractie in bedrijf) x 1.0 10 ⁻⁴ (frequentie breuk per jaar in bedrijf)
	Lekkage	0.133 (tijdsfractie in bedrijf) x 4.4 10 ⁻³ (frequentie breuk per jaar in bedrijf)
Warmte wisselaar	Breuk	0.133 (tijdsfractie in bedrijf) x 1.0 10 ⁻⁵ (frequentie breuk per jaar in bedrijf)

Slang	Scenario	Frequentie [jr]	Bronsterkte	Toelichting
Leiding	Breuk	1.3 10 ⁻⁶	1.9	Diameter 25 mm, lengte 5 m, duur 1800 s
	Lekkage	6.7 10 ⁻⁶	0.1	Vloeistof 2.5 mm gat, druk 6.0 bar(g), duur 1800 s
Pomp	Breuk	1.3 10 ⁻⁵	1.9	Diameter 25 mm, lengte 5 m, duur 1800 s
	Lekkage	5.9 10 ⁻⁴	0.1	Vloeistof 2.5 mm gat, druk 6.0 bar(g), duur 1800 s
Warmte wisselaar	Breuk	1.3 10 ⁻⁶	1.9	Diameter 25 mm, lengte 5 m, duur 1800 s

Tabel 14. Ongevalscenario's LCNG

4 Ongevalsscenario's waterstof

Het realiseren van de waterstofinstallatie gebeurt in verschillende fasen. Uiteindelijk moet er een installatie komen te staan die ter plaatse waterstof genereerd door middel van elektrolyse. Voordat deze wordt gerealiseerd zal gebruik worden gemaakt van aanvoer per as. De volgende fasen worden onderscheiden:

1. Fase 1: waterstof wordt opgeslagen in zeven flessenpakketten met elk 16 flessen. Deze worden gevuld afgeleverd en met slangen aan het waterstof-systeem verbonden.
2. Aangevraagde fase: Waterstof wordt aangeleverd met tube trailers. Deze blijven op de inrichting staan en worden met slangen aan het waterstof-systeem verbonden.
3. Eindfase: Waterstof wordt ter plekke gegenereerd met elektrolyse van leidingwater. De waterstof wordt opgeslagen in een bufferopslag in cilinders. Deze fase zal te zijner tijd apart worden aangevraagd en is niet verder meegenomen in deze QRA.

In bijlage 2 worden de risico's getoond van de opstartfase en deze vergeleken met de risico's van de aangevraagde fase. In dit hoofdstuk worden alle uitgangspunten getoond voor de uiteindelijke situatie.

4.1 Selectie van bedrijfsonderdelen

De risicoanalyse is uitgevoerd voor het waterstofvulstation. De volgende inluitsystemen en/of activiteiten zijn gemodelleerd voor zowel het 350 als het 700 bar station:

- De bufferopslag met cilinders.
- De ondergrondse leidingen tussen de cilinders en de dispenser.
- De losverbinding tussen de dispenser en het motorvoertuig.

Vooralsnog zijn geen ongevalsscenario's gemodelleerd voor de elektrolyse en compressie. De inhoud van deze installatie-onderdelen is gering.

De bufferopslag met cilinders is opgesteld in een omkasting. Voor de risicoanalyse is de invloed van de omkasting op de gevolgen van de ongevalsscenario's niet gemodelleerd. Met Safeti-NL is het niet goed mogelijk om de gevolgen van het vrijkomen van een gas in een omkasting te modelleren. Aangenomen is dat de waterstof in de open lucht vrijkomt.

4.2 Initiële faalfrequentie

Tabel 15 toont de initiële faalfrequentie voor onderdelen van de installatie zoals voorgeschreven in de Handleiding risicoberekeningen Bevi [1] en een specifiek rekenvoorschrift voor gascilinders [5] en een recente notitie voor waterstof tankstations [7].

Component	Faalwijze	Frequentie
Cilinder	Breuk	$5.0 \cdot 10^{-7}$ /jr
	Lekkage 3.3 mm gat	$5.0 \cdot 10^{-7}$ /jr
	Brand in de omgeving van de gascilinder	Zie tekst
Cilinderpakket	Zie tekst	Zie tekst
Leiding ondergronds < 3"	Breuk	$5.0 \cdot 10^{-7}$ /m-jr
	Lekkage	$1.5 \cdot 10^{-6}$ /m-jr
Losslang	Breuk	$4.0 \cdot 10^{-6}$ /uur
	Lekkage	$4.0 \cdot 10^{-5}$ /uur

Tabel 15. Initiële faalfrequentie onderdelen van de installatie

Voor een cilinderpakket met N gascilinders dient alleen het scenario 'instantaan falen' meegenomen te worden met een faalfrequentie gelijk aan $N \times 5.0 \cdot 10^{-7}$ /jr. Bij het instantaan falen van één gascilinder zal de gehele inhoud van het cilinderpakket vrijkomen. De uitstroming kan worden beschouwd als het instantaan falen van de eerste cilinder, waarna de inhoud van de overige $N - 1$ cilinders door middel van een 5 mm gat uitstroomt. Het instantaan falen van het gehele cilinderpakket wordt niet aannemelijk geacht.

Het is niet aannemelijk dat een langdurige brand uitbreekt door het falen van een cilinder met brandbaar gas. Daarvoor is de inhoud van een gascilinder namelijk te klein. Wel kan een brand uitbreken door de aanwezigheid van brandbare (vloeistof)stoffen in de directe nabijheid van de opslaglocatie, waardoor gascilinders worden aangestraald (of midden in een plasbrand komen te staan). Pas bij een langdurige brand zal een deel van de opgeslagen cilinders kunnen falen. Het meenemen van het brandscenario is dus afhankelijk van locatiespecifieke omstandigheden. In veel gevallen kan dit scenario worden uitgesloten.

- Wanneer er geen brandbare vloeistoffen en vaste stoffen in de nabijheid van een opslag van gascilinders aanwezig zijn, worden de scenario's "plasbrand" en "brand overig" niet aannemelijk geacht.
- Voor scenario "gevelbrand" geldt dat het betreffende gebouw volgens de PGS 15 richtlijn in ieder geval 60 minuten brandwerend dient te zijn uitgevoerd. Desondanks is een gevelbrand niet volledig uit te sluiten.
- Scenario "brand in een in pandige opslag" tenslotte wordt niet aannemelijk geacht indien de constructie van de betreffende opslagruimte van onbrandbaar materiaal is vervaardigd en er geen brandbare vloeistoffen en vaste stoffen in zowel dezelfde ruimte als in aangrenzende ruimten zijn opgeslagen. De effecten van een in pandige opslag worden gemodelleerd als buiten zijnde.
- Indien brandbare vloeistoffen in de nabijheid van gascilinders aanwezig zijn, kan een plasbrand ontstaan waarbij simultaan falen van meerdere gascilinders niet is uit te sluiten. Bij opslagen van cilinders met brandbare (tot vloeistof verdichte) gassen resulteert dit in gecumuleerde warmtestraling, hetgeen tot grotere effectafstanden zal leiden. Bij de overige gassen heeft het simultaan falen geen extra effecten tot gevolg.

Indien brand niet kan worden uitgesloten, moet de kans op brand van $1.0 \cdot 10^{-5}$ /jr voor elke opslag afzonderlijk toegepast worden.

Voor deze installatie wordt een brand in de omgeving van de gascilinders door bovenstaande oorzaken uitgesloten geacht.

De opstelling van de waterstof-installatie in een container vormt een voldoende afscherming met de LNG-installatie. Door de opstelling in een container is niet te verwachten dat een LNG-opslagvat kan worden blootgesteld aan een warmtebelasting groter dan 35 kW/m² door een ongevalscenario met waterstof (er is geen fakkel mogelijk). Ook omgekeerd is niet te verwachten dat een ongevalscenario met LNG leidt tot een zodanig grote warmtebelasting van de waterstof-installatie.

4.3 Tubetrailer

De tube trailer bestaat uit negen tubes met elk 2 m³ en is gemodelleerd als een cilinderpakket. De druk is 300 bar(g). De tubetrailer is aan het waterstof-systeem verbonden met een metalen slang met diameter 8 mm. Tabel 16 toont de frequentie en bronsterkte voor de ongevalscenario's voor de tube trailer.

Scenario	Frequentie [jr]	Bronsterkte	Toelichting
Instantaan	4.5 10 ⁻⁶	42 kg	Maximale inhoud enkele tube
Continu 3.3 mm	4.5 10 ⁻⁶	0.134 kg/s	Inhoud van 336 kg (8 tubes), uitstroomduur 1095 s.
Breuk slang	3.5 10 ⁻²	0.8 kg/s	Diameter 8 mm, duur 374 s
Lekkage slang	3.5 10 ⁻¹	< 0.1 kg/s	Diameter 0.8 mm, duur 1800 s

Tabel 16. Ongevalscenario's tube trailer H₂

4.4 Bufferopslag

De bufferopslag bestaat uit drie verschillende buffers met ieder een eigen druk. Bij het afnemen van waterstof zal dit in cascade worden gevuld afhankelijk van de benodigde druk. Nadien zullen deze buffers door het compressiestation opnieuw wordt gevuld. Buffer opslag totaal is 1000 l. Dit is onderverdeeld in de drukken 300 bar, 480 bar en 950 bar.

Tabel 17 toont de frequentie en bronsterkte voor de ongevalscenario's. Er is aangenomen dat de bufferopslag kan worden beschouwd als één flessenpakket. De kans op instantaan falen van een cilinder is dan $3 \times 5.0 \cdot 10^{-7} = 1.5 \cdot 10^{-6}$ /jr. Daarna vindt uitstroming plaats van de gehele inhoud van het pakket door een gat van 5 mm. In Safeti-NL is het niet mogelijk om beide bronsterktes in één scenario te modelleren. Er wordt daarom apart een instantaan en een continu scenario doorgerekend. Conservatief wordt alleen van de hoogste druk uitgegaan.

Scenario	Frequentie [jr]	Bronsterkte	Toelichting
Instantaan	$1.5 \cdot 10^{-6}$	15.7 kg	Maximale inhoud van één buffer
Continu 5 mm	$1.5 \cdot 10^{-6}$	0.87 kg/s	Inhoud van 666 l (rest van de buffer), uitstroomduur 36 s.

Tabel 17. Ongevalsscenario's bufferopslag

4.5 Ongevalsscenario's 350 bar station

4.5.1 Leidingwerk

Het leidingwerk vanaf de cilinders naar de dispenser wordt gemodelleerd door uit te gaan van een leiding met een diameter van 9 mm en een lengte van 30 m. De bronsterkte is berekend met Safeti-NL door uit te gaan van een leiding aan een vat met een lengte van 5 m (deze lengte is aangenomen om de frictie in de leiding te modelleren tussen de bufferopslag en het uitstroompunt). Tabel 17 toont de ongevalsscenario's.

Scenario	Toelichting frequentie
Breuk	$5.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie per meter per jaar) x 30 (lengte leiding)
Lekkage	$1.5 \cdot 10^{-6}$ (frequentie per meter per jaar) x 30 (lengte leiding)

Scenario	Frequentie [jr]	Bronsterkte	Toelichting
Breuk	$1.5 \cdot 10^{-5}$	0.53	Diameter 9 mm, inhoud van 5600 l (112 cilinders), uitstroomduur 304 s.
Lekkage	$4.5 \cdot 10^{-5}$	0.015	Diameter 0.9 mm, inhoud van 5600 l (112 cilinders), uitstroomduur 1800 s.

Tabel 18. Ongevalsscenario's leidingen 350 bar station

4.5.2 Dispenser

De doorzet van deze dispenser is 9.3 ton waterstof per jaar. Het afleverdebiet is 0.06 kg/s, zodat de dispenser maximaal circa 43 uur van het jaar in gebruik is. De afleverleiding is voorzien van een flowmeter met een doorstroombegrenzer. Bij breuk van de slang is de kans dat de doorstroombegrenzer niet werkt gelijk aan 0.06. Als de doorstroombegrenzer wel werkt is de uitstroomduur 5 s. De gevolgen van een lekkage zijn verwaarloosbaar, het noodstopsysteem is voor dit scenario niet gemodelleerd. De bronsterkte is berekend met Safeti-NL door uit te gaan van een leiding aan een vat met een lengte van 60 m. Tabel 18 toont de ongevalsscenario's.

Scenario	Toelichting frequentie
Breuk noodstop Ok	43 (uren in bedrijf) x 4.0 10 ⁻⁶ (frequentie breuk per uur in bedrijf) x 0.94 (kans noodstop succesvol)
Breuk noodstop niet Ok	43 (uren in bedrijf) x 4.0 10 ⁻⁶ (frequentie breuk per uur in bedrijf) x 0.06 (kans noodstop niet succesvol)
Lekkage	43 (uren in bedrijf) x 4.0 10 ⁻⁵ (frequentie breuk per uur in bedrijf)

Scenario	Frequentie [jr]	Bronsterkte	Toelichting
Breuk noodstop Ok	1.6 10 ⁻⁴	0.17	Diameter 9 mm, inhoud van 5600 l (112 cilinders), uitstroomduur 5 s.
Breuk noodstop niet Ok	1.0 10 ⁻⁵	0.17	Diameter 0.9 mm, inhoud van 5600 l (112 cilinders), uitstroomduur 968 s.
Lekkage	1.7 10 ⁻³	0.015	Diameter 0.9 mm, inhoud van 5600 l (112 cilinders), uitstroomduur 1800 s.

Tabel 19. Ongevalsscenario's dispenser 350 bar station

4.6 Ongevalsscenario's 700 bar station

4.6.1 Leidingwerk

Het leidingwerk vanaf de cilinders naar de dispenser wordt gemodelleerd door uit te gaan van een leiding met een inwendige diameter van 7.9 mm en een lengte van 30 m. De bronsterkte is berekend met Safeti-NL door uit te gaan van een leiding aan een vat met een lengte van 5 m (deze lengte is aangenomen om de frictie in de leiding te modelleren tussen de bufferopslag en het uitstroompunt). Tabel 20 toont de ongevalsscenario's.

Scenario	Toelichting frequentie
Breuk	5.0 10 ⁻⁷ (frequentie per meter per jaar) x 30 (lengte leiding)
Lekkage	1.5 10 ⁻⁶ (frequentie per meter per jaar) x 30 (lengte leiding)

Scenario	Frequentie [jr]	Bronsterkte	Toelichting
Breuk	1.5 10 ⁻⁵	0.72	Diameter 7.9 mm, inhoud van 1020 l (4 cilinders), uitstroomduur 66 s.
Lekkage	4.5 10 ⁻⁵	0.02	Diameter 0.8 mm, inhoud van 1020 l, uitstroomduur 1800 s.

Tabel 20. Ongevalsscenario's leidingen 700 bar station

4.6.2 Dispenser

De doorzet van deze dispenser is 9.3 ton waterstof per jaar. Het afleverdebiet is gemiddeld 0.06 kg/s, zodat de dispenser maximaal circa 43 uur van het jaar in gebruik is. De

afleverleiding is voorzien van een flowmeter met een doorstroombegrenzer. Bij breuk van de slang is de kans dat de doorstroombegrenzer niet werkt gelijk aan 0.06. Als de doorstroombegrenzer wel werkt is de uitstroomduur 5 s. De gevolgen van een lekkage zijn verwaarloosbaar, het noodstopsysteem is voor dit scenario niet gemodelleerd. De bronsterkte is berekend met Safeti-NL door uit te gaan van een leiding aan een vat met een lengte van 60 m. Tabel 21 toont de ongevalsscenario's.

Scenario	Toelichting frequentie
Breuk noodstop Ok	$43 \text{ (uren in bedrijf)} \times 4.0 \cdot 10^{-6} \text{ (frequentie breuk per uur in bedrijf)} \times 0.94 \text{ (kans noodstop succesvol)}$
Breuk noodstop niet Ok	$43 \text{ (uren in bedrijf)} \times 4.0 \cdot 10^{-6} \text{ (frequentie breuk per uur in bedrijf)} \times 0.06 \text{ (kans noodstop niet succesvol)}$
Lekkage	$43 \text{ (uren in bedrijf)} \times 4.0 \cdot 10^{-5} \text{ (frequentie breuk per uur in bedrijf)}$

Scenario	Frequentie [jr]	Bronsterkte	Toelichting
Breuk noodstop Ok	$1.6 \cdot 10^{-4}$	0.22	Diameter 7.9 mm, inhoud van 1020 l (4 cilinders), uitstroomduur 5 s.
Breuk noodstop niet Ok	$1.0 \cdot 10^{-5}$	0.22	Diameter 7.9 mm, inhoud van 1020 l (4 cilinders), uitstroomduur 214 s.
Lekkage	$1.7 \cdot 10^{-3}$	0.02	Diameter 0.8 mm, inhoud van 1020 l (4 cilinders), uitstroomduur 1800 s.

Tabel 21. Ongevalsscenario's dispenser 700 bar station

5 Overige aspecten

5.1 Parameters

De standaard parameters van Safeti-NL versie 6.54 zijn gebruikt voor de berekening. De gegevens voor het weerstation Eelde worden gebruikt voor de kans op het voorkomen van een bepaalde weersklasse. Voor de ruwheidslengte is de standaard waarde van 0.3 m gehanteerd.

Als externe ontstekingsbron zijn het spoor ten oosten van de inrichting en de autosnelweg ten westen van de inrichting gemodelleerd.

5.2 Aanwezigen rond de inrichting

Figuur 3 toont het gebied rond de inrichting begrensd door de maximale effectafstand van circa 300 m rond het opslagvat (zie hoofdstuk 7).

De invulling van de meeste gemodelleerde gebieden is nog niet definitief. Er is voor de bedrijven uitgegaan van 40 personen per hectare overdag (kencijfer voor een gemiddeld druk industrieterrein). 's Avonds en 's nachts zijn vijf procent van de personen overdag aanwezig. Voor het bestaande tuincentrum wordt uitgegaan van 1 persoon per 30 m² bvo. De horecavoorziening heeft een oppervlak van circa 1335 m² en is gemodelleerd met een maximale aanwezigheid van 426 personen.

Tabel 22 toont het aantal personen. De aanduiding in de kolom label stemt overeen met de markering van het gebied in figuur 3 (roze gekleurd).

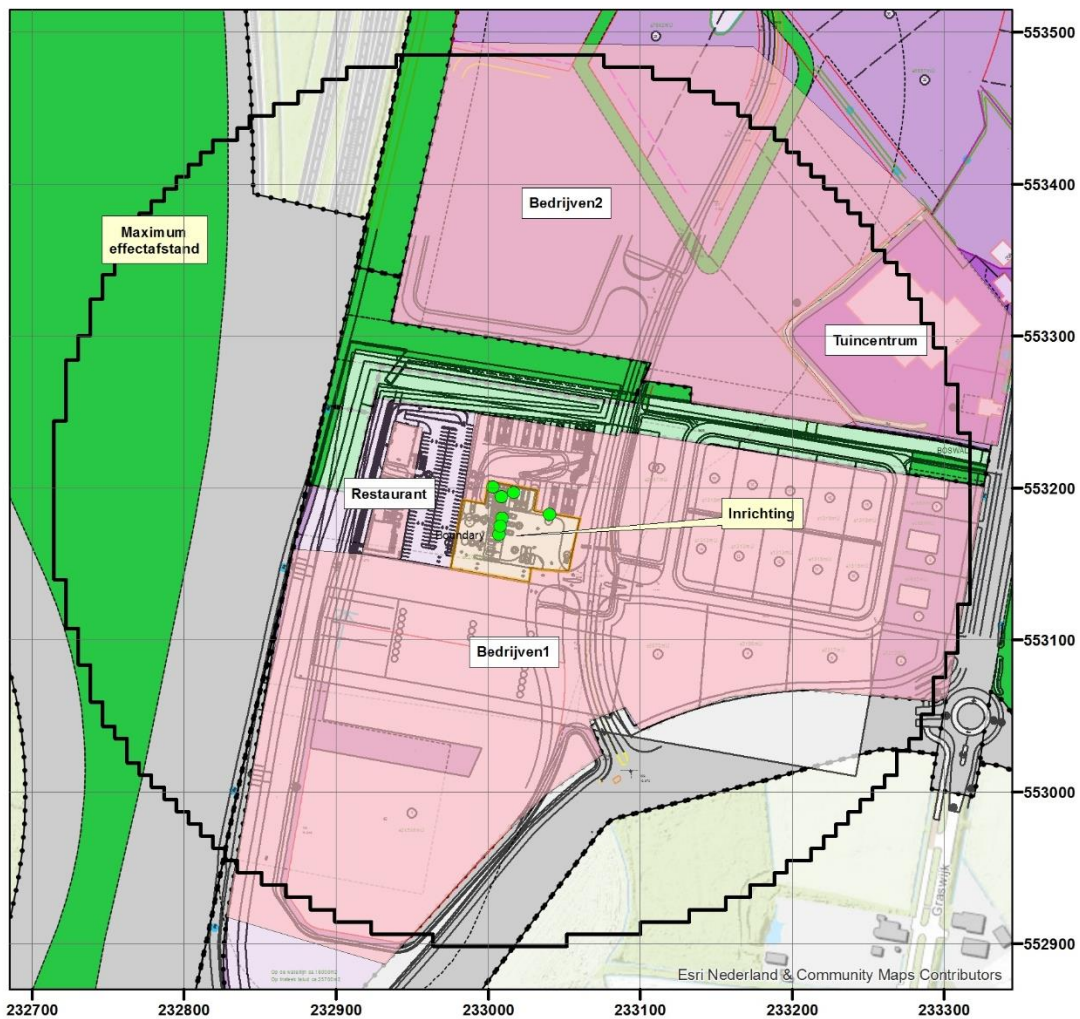
Label	Aantal dag	Aantal avond	Aantal nacht	Opmerking
Bedrijven1	367.2	18.4	18.4	Dichtheid 40 personen per hectare overdag en 2 personen per hectare 's avonds en 's nachts.
Bedrijven2	238.1	11.9	11.9	Dichtheid 40 personen per hectare overdag en 2 personen per hectare 's avonds en 's nachts.
Tuincentrum	114.2	0	0	Dichtheid 1 per 30 m ² bvo. Totaal 3425 m ² .
Horeca	-	-	-	Zie verdeling tabel 23

Tabel 22. Aantal personen aanwezig rond de inrichting

Voor de horeca is het aantal aanwezigen nog afhankelijk van het tijdstip. Tabel 24 toont de modellering.

Label	Periode	% Maximum	Aantal	Kans opslag	Kans tankauto
Dag1	7:00-11:00	30	128	0.1667	0.2500
Dag2	11:00-12:00	40	170	0.0417	0.0625
Dag3	12:00-14:00	50	213	0.0833	0.1250
Dag4	14:00-18:00	20	85	0.1667	0.2500
Dag5	18:00-19:00	50	213	0.0417	0.0625
Avond1	19:00-20:00	50	213	0.0139	0.0625
Avond2	20:00-23:00	30	128	0.1528	0.1875
Nacht	23:00-7:00	0	0	0.3333	-

Tabel 23. Aantal personen aanwezig in de horeca en kans op onderscheiden tijdsperiodes voor opslag en verlading



Figuur 3. Bevolkingsgebieden rond de inrichting

6 Resultaat risicoberekening

6.1 Plaatsgebonden risico

Het plaatsgebonden risico is de kans per jaar dat een persoon, die zich continu en onbeschermd op een bepaalde plaats in de omgeving van een inrichting bevindt, overlijdt door een ongeval met gevaarlijke stoffen. Plaatsen met een gelijk risico worden door risicocontouren op een kaart weergegeven. Het plaatsgebonden risico van $1.0 \cdot 10^{-6}$ /jr dient volgens het Bevi (Besluit externe veiligheid inrichtingen) gehanteerd te worden als grenswaarde voor kwetsbare objecten en als richtwaarde voor beperkt kwetsbare objecten.

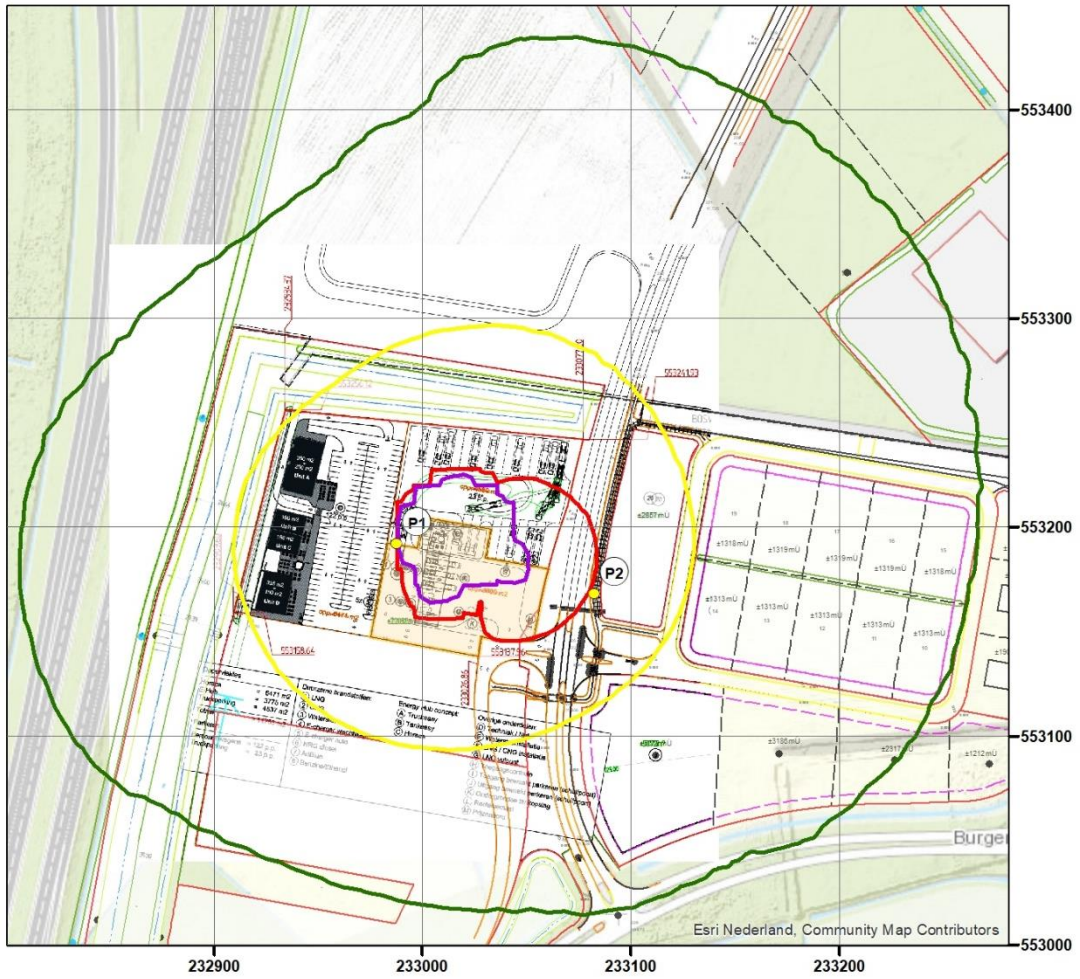
Figuur 4 toont de plaatsgebonden risicocontouren. De contour voor de grenswaarde van het plaatsgebonden risico van $1.0 \cdot 10^{-6}$ /jr ligt gedeeltelijk buiten de inrichting. Binnen de contour bevindt zich aan de noordzijde gebied dat is bestemd voor bedrijven ((geprojecteerd) beperkt kwetsbare objecten). Op de situatietekening van de opdrachtgever is dit terrein ingevuld als parkeerplaats voor vrachtwagens.

Tabel 24 toont de relatieve bijdrage van de ongevalsscenario's aan het plaatsgebonden risico in de punten P1 en P2 (zie figuur 4 voor de ligging van deze punten). Deze punten zijn representatief voor de grenswaarde van het plaatsgebonden risico. Scenario's met een relatief kleine bijdrage zijn niet afgedrukt. Bepalend voor de ligging van de contour van $1.0 \cdot 10^{-6}$ /jr in punt P1 is het scenario breuk van de CNG compressor, breuk van de pomp van de tankauto en instantaan falen van de LNG tank en in punt P2 zijn de scenario's breuk van de slang van de tankauto en de BLEVE door externe impact van de tankauto.

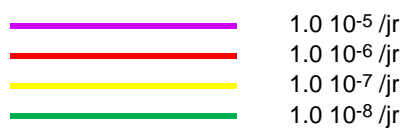
Punt	Waarde	Scenario	Bijdrage [%]
P1	6.4 10 ⁻⁷	CNG\BreukCompressor	27.3
		Opslagvat\Instantaan	20.8
		Tankauto\BreukPompNoodstopOk	17.0
		Opslagvat\Continu10min	6.9
		Tankauto\BLEVE door externe impact	4.0
		Dispenser LNG\BreukKnopOk	3.0
		Opslagvat\PompContinu75mm	2.8
		Opslagvat\PompContinu75mm	2.8
		CNG\BreukWarmtewisselaar	2.7
		CNG\BreukLeiding	2.7
		Tankauto\BreukPompNoodstopNietOk	1.9
		Tankauto\BLEVE door omgevingsbrand	1.5
		Tankauto\BreukSlangNoodstopOk	1.4
		P2	1.0 10 ⁻⁶
Tankauto\BLEVE door externe impact	23.3		
Tankauto\BreukPompNoodstopOk	12.6		
Opslagvat\Instantaan	7.6		
Opslagvat1Continu10min	3.7		
Tankauto\BreukPompNoodstopNietOk	1.4		
Opslagvat\PompContinu75mm	1.1		
Opslagvat\PompContinu75mm	1.1		
Tankauto\ Instantaan	1.0		

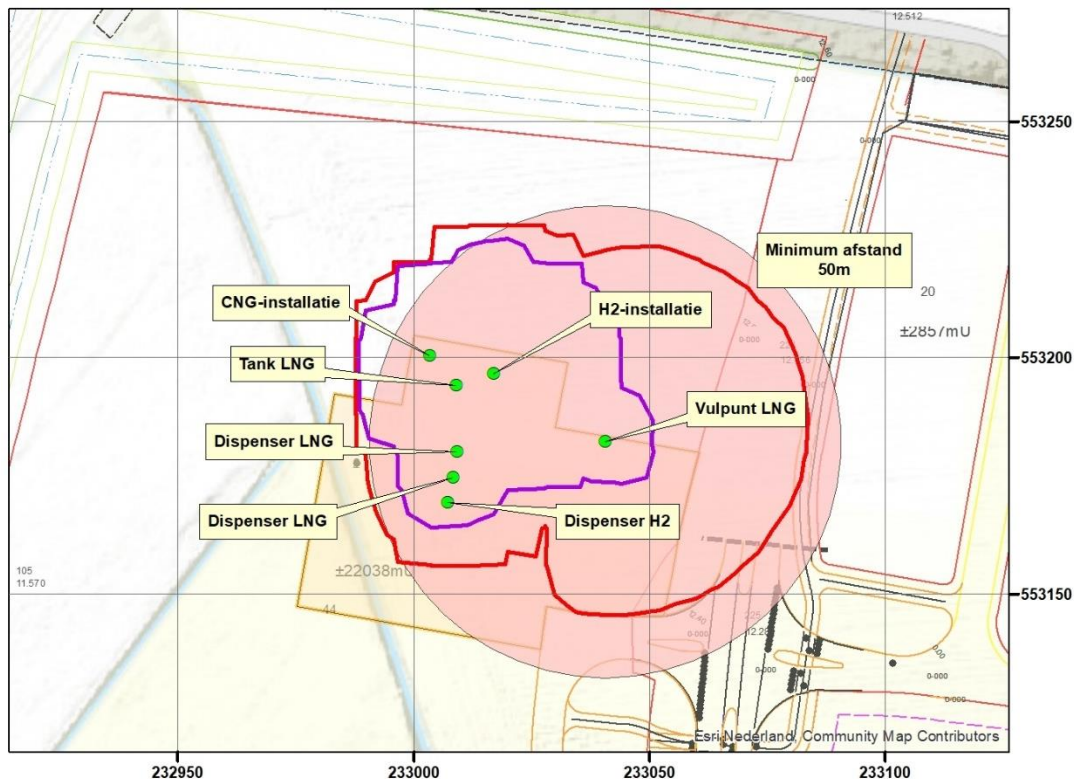
Tabel 24. Relatieve bijdrage scenario's

Het ministerie I&M heeft een interim beleid voor LNG-tankstations ontwikkeld [6]. Eén van de uitgangspunten is een minimum afstand voor het plaatsgebonden risico van 50 m aan te houden vanaf het vulpunt tot (beperkt) kwetsbare objecten, onafhankelijk van de berekende grenswaarde van het plaatsgebonden risico. Een ander uitgangspunt is de locatie van het LNG-tankstation danwel objecten in de omgeving zo te kiezen dat in het gebied tussen de grenswaarde van het plaatsgebonden risico en de effectafstand van het LNG-tankstation geen kwetsbare objecten zijn gelegen of gerealiseerd kunnen worden. Beperkt kwetsbare objecten zijn mogelijk, maar hieraan moet een motivering ten grondslag liggen. Deze effectafstand is minimaal 50 m en kan groter zijn afhankelijk van de wijze waarop de installatie is ontworpen. Voor de hier beschreven installatie (ESD-systeem waarmee de uitstroming bij breuk van de losslang wordt gedetecteerd en ingeblokt, vullen van het opslagvat via de dampruimte, lossen vanuit de tankauto met een pomp en een voordruk kleiner dan 3.2 bar(g)) is de effectafstand gelijk aan 50 m. Figuur 5 toont de minimum afstand en de effectafstand samen met de berekende grenswaarde van het plaatsgebonden risico. De grenswaarde ligt gedeeltelijk binnen het gebied van 50 m rond het vulpunt. Voor de beoordeling is dan het gebied begrensd door de omhullende van de minimum afstand van 50 m en de grenswaarde maatgevend. Ook binnen dit gebied bevinden zich geen (beperkt) kwetsbare objecten, maar wel (geprojecteerde) beperkt kwetsbare objecten.



Figuur 4. Plaatsgebonden risicocontouren





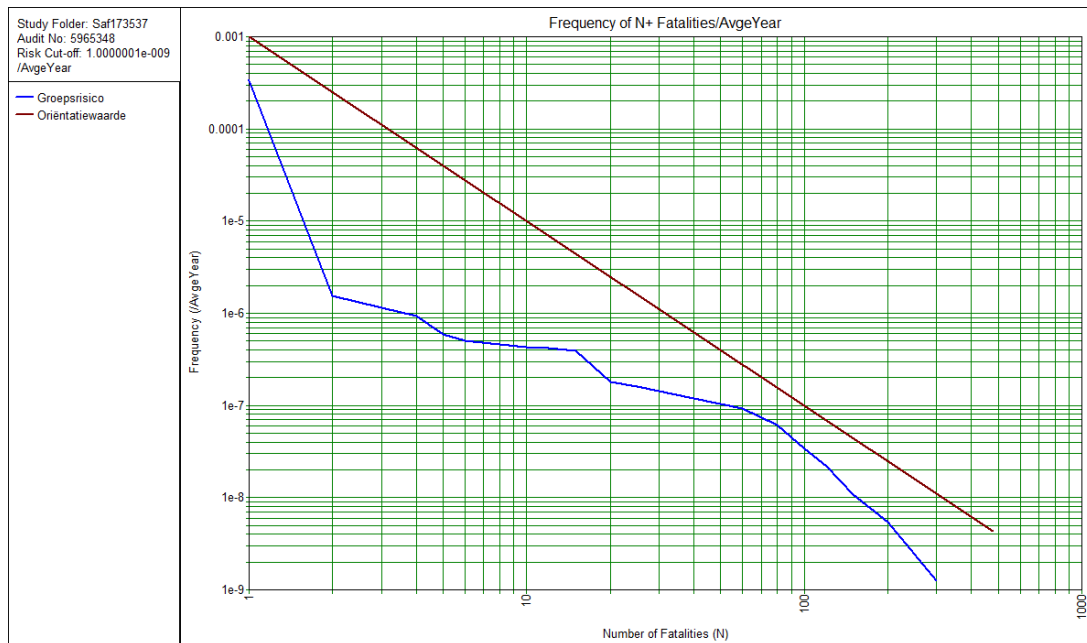
Figuur 5. Ministerie I&M interim beleid LNG-tankstations (roze gebied rond het vulpunt met een straal van 50 m) en de grenswaarde van het plaatsgebonden risico (rode contour)

6.2 Groepsrisico

Het groepsrisico geeft aan wat de kans is op een ongeval met tien of meer dodelijke slachtoffers in de omgeving van de inrichting. Het aantal personen dat in de omgeving van de inrichting verblijft, bepaalt daardoor mede de hoogte van het groepsrisico. Het groepsrisico wordt weergegeven in een zogenaamde fN-curve: op de verticale as staat de cumulatieve kans per jaar f op een ongeval met N of meer slachtoffers en op de horizontale as het aantal slachtoffers N. De oriëntatiewaarde voor het groepsrisico is gelijk aan $10^{-3} / N^2$, dat wil zeggen een frequentie van 10^{-5} /jr voor 10 slachtoffers, 10^{-7} /jr voor 100 slachtoffers en geldt vanaf het punt met 10 slachtoffers.

Figuur 6 toont het berekende groepsrisico (blauwe lijn) en de oriëntatiewaarde $fN^2 = 10^{-3}$ (bruine lijn). Het groepsrisico ligt onder de oriëntatiewaarde. Het maximaal aantal slachtoffers is circa 300.

Tabel 25 toont de scenario's die bepalend zijn voor het groepsrisico. De scenario's zijn gerangschikt naar de relatieve bijdrage aan de risico integraal (het oppervlak van de bijdrage van dit scenario aan de fN-curve). Tevens is aangeduid de frequentie in het bereik > 10 slachtoffers. De belangrijkste scenario's zijn het falen van het opslagvat en BLEVE door externe impact.



Figuur 6. Groepsrisico

Scenario	Risico integraal [/jr]	Risico integraal [% totaal]	Freq > 10 [/jr]
Tubetrailer\Breukslang	3.3E-04	93.1	0.0E+00
Opslagvat\Instantaan	5.0E-06	1.4	5.1E-08
Tankauto\BLEVE door externe impact	3.3E-06	0.9	1.8E-07
Opslagvat\Continu10min	3.1E-06	0.9	6.9E-08
Tankauto\LekkageSlang	3.0E-06	0.8	0.0E+00
Tankauto\BreukPompNoodstopOk	2.1E-06	0.6	3.7E-08
Tubetrailer\Instantaan	1.6E-06	0.5	0.0E+00
Tankauto\BreukSlangNoodstopOk	1.3E-06	0.4	0.0E+00
Opslagvat\PompContinu75mm	1.0E-06	0.3	2.6E-08
Opslagvat\PompContinu75mm	1.0E-06	0.3	2.6E-08
Tankauto\Instantaan	8.1E-07	0.2	8.6E-09
Tankauto\BLEVE door omgevingsbrand	7.7E-07	0.2	9.5E-09
Tankauto\BreukPompNoodstopNietOk	5.4E-07	0.2	1.0E-08
Tankauto\BLEVE tijdens verlading	3.9E-07	0.1	4.8E-09

Tabel 25. Relatieve bijdrage scenario's

7 Effectafstand

Effectafstanden zijn berekend voor alle scenario's. Tabel 26 toont de afstand tot 1% kans op overlijden (bij onbeschermd blootstelling) voor weersklasse D-5.0 overdag (neutraal weer met een windsnelheid van 5 m/s) en weersklasse F-1.5 's nachts (zeer stabiel weer met een windsnelheid van 1.5 m/s) voor LNG. De aanduiding in de kolommen onderdeel en scenario zijn een referentie naar de tekst in hoofdstuk 3.

Onderdeel	Scenario	D-5.0	F-1.5
Hoofdopslagvat	Instantaan	230	174
	Continu10min	146	167
	Continu10mm	20	25
Pomp hoofdopslagvat	Breuk	115	131
	Lekkage	16	19
VRE	Instantaan	24	29
	Continu10min	24	29
	Continu10mm	21	25
Tankauto	Instantaan	277	230
	ContinuGrootsteAansluiting	127	172
	BreukPompNoodstopOk	76	111
	BreukPompNoodstopNietOk	76	128
	LekkagePomp	13	16
	BreukSlangNoodstopOk	52	62
	BreukSlangNoodstopNietOk- TerugslagklepOk	39	62
	BreukSlangNoodstopNietOk- TerugslagklepNietOk	42	72
	LekkageSlang	9	11
	BLEVE tijdens verlading	199	199
	BLEVE omgevingsbrand	199	199
	BLEVE externe impact	68	68
	Vulleiding	BreukNoodstopOk	30
BreukNoodstopNietOkTerugslag- klepOk		23	21
BreukNoodstopNietOkTerugslag- klepNietOk		24	22
Lekkage		6	1
Aflerverleiding dispenser	Breuk	13	8
	Lekkage	4	2
Slang dispenser	BreukKnopOk	24	29
	BreukNoodstopOk	24	29
	BreukNoodstopNietOk	24	29
	Lekkage	6	7
LCNG leiding	Breuk	27	33
	Lekkage	6	7

Onderdeel	Scenario	D-5.0	F-1.5
LCNG pomp	Breuk	27	33
	Lekkage	6	7
LCNG heater	Breuk	27	33

Tabel 26. Effectafstand LNG tot 1% kans op overlijden

Tabel 27 toont de afstand tot 1% kans op overlijden voor waterstof. De aanduiding in de kolommen onderdeel en scenario zijn een referentie naar de tekst in hoofdstuk 4.

Druk	Onderdeel	Scenario	D-5.0	F-1.5
-	Tubetrailer	Instantaan	26	26
		Continu 3.3 mm	14	13
		Breuk slang	22	20
		Lekkage slang	2	4
	Cascadebuffer	Breuk	19	20
		Continu 5 mm	23	21
350	Leiding	Breuk	6	
		Lekkage		
	Slang dispenser	BreukNoodstopOk	11	10
		BreukNoodstopNietOk	11	10
	Lekkage	3	5	
700	Leiding	Breuk	7	
		Lekkage		
	Slang dispenser	BreukNoodstopOk	12	11
		BreukNoodstopNietOk	12	11
		Lekkage	4	5

Tabel 27. Effectafstand waterstof tot 1% kans op overlijden

8 Conclusie

Het voornemen is een tankstation met een LNG- en waterstofinstallatie te plaatsen op bedrijventerrein Graswijk in Assen. In het kader van de aanvraag voor de omgevingsvergunning is deze risicoanalyse opgesteld.

De contour voor de grenswaarde van het plaatsgebonden risico van $1.0 \cdot 10^{-6}$ /jr ligt gedeeltelijk buiten de inrichting. Binnen de contour bevindt zich aan de noordzijde gebied dat is bestemd voor bedrijven ((geprojecteerd) beperkt kwetsbare objecten). Op de situatietekening van de opdrachtgever is dit terrein ingevuld als parkeerplaats voor vrachtwagens.

Het ministerie I&M heeft een interim beleid voor LNG-tankstations ontwikkeld. Eén van de uitgangspunten is een minimum afstand voor het plaatsgebonden risico van 50 m aan te houden vanaf het vulpunt tot (beperkt) kwetsbare objecten, onafhankelijk van de berekende grenswaarde van het plaatsgebonden risico. Een ander uitgangspunt is de locatie van het LNG-tankstation danwel objecten in de omgeving zo te kiezen dat in het gebied tussen de grenswaarde van het plaatsgebonden risico en de effectafstand van het LNG-tankstation geen kwetsbare objecten zijn gelegen of gerealiseerd kunnen worden. Beperkt kwetsbare objecten zijn mogelijk, maar hieraan moet een motivering ten grondslag liggen. Deze effectafstand is minimaal 50 m en kan groter zijn afhankelijk van de wijze waarop de installatie is ontworpen. Voor de hier beschreven installatie (ESD-systeem waarmee de uitstroming bij breuk van de losslang wordt gedetecteerd en ingeblokt, vullen van het opslagvat via de dampruimte, lossen vanuit de tankauto met een pomp en een voordruk kleiner dan 3.2 bar(g)) is deze minimum afstand gelijk aan 50 m. De grenswaarde ligt gedeeltelijk binnen het gebied van 50 m rond het vulpunt. Voor de beoordeling is dan het gebied begrensd door de omhullende van de minimum afstand van 50 m en de grenswaarde maatgevend. Ook binnen dit gebied bevinden zich geen (beperkt) kwetsbare objecten, maar wel (geprojecteerde) beperkt kwetsbare objecten.

Het groepsrisico is kleiner dan de oriëntatiewaarde. Het maximaal aantal slachtoffers is circa 300. De belangrijkste scenario's zijn het falen van het opslagvat en BLEVE door externe impact.

Referenties

1. RIVM 2015 Handleiding risicoberekeningen BEVI
Versie 3.3 gedateerd 1 juli 2015
2. RIVM 2008 QRA berekening LPG-tankstations
Versie 1.1 gedateerd 29 mei 2008
3. RIVM 2015 Rekenmethodiek LNG-Tankstations
Versie 1.0.1 gedateerd 2 februari 2015
4. VROM 2007 Handreiking verantwoordingsplicht groepsrisico
Versie 1.0 gedateerd november 2007
5. RIVM 2008 Modelling gascilinders uit Handleiding
risicoberekeningen BEVI concept versie 1.4
6. I&M 2015 Circulaire externe veiligheid LNG-tankstations
Kenmerk IENM/BSK-20 14/270558 gedateerd 28 januari
2015
7. RIVM 2016 Risico- en effectafstanden waterstof-tankstations
Memo kenmerk 20160149 VLH HAS/Sta/sij gedateerd 3
oktober 2016

Bijlage 1 vergelijking druk opslagtank

Indien gebruik wordt gemaakt van 'saturation on the fly' zal de werkdruk in het opslagvat lager blijven. De gevolgen voor het externe veiligheidsrisico worden weergegeven in deze bijlage. Er wordt uitgegaan van een werkdruk van 2 bar.

Tabel 28 toont de kenmerken van het opslagvat benodigd voor de modellering.

Kenmerk	Opslagvat
Inhoud bruto [m ³]	60
Vulgraad maximaal	95%
Werktemperatuur [°C]	-146.4
Werkdruk [bar(g)]	2.0
Insteldruk veerveiligheid [bar(g)]	10

Tabel 28. Kenmerken opslagvat

Tabel 29 toont de frequentie en bronsterkte voor de ongevalsscenario's van een opslagvat. Bij het instantaan vrijkomen wordt geen BLEVE gemodelleerd bij verhoogde druk, omdat het opslagvat dubbelwandig is uitgevoerd. Het afblazen van de veiligheid op hoogte is wegens te verwaarlozen letale effecten op grondniveau niet meegenomen in de risicoberekening.

Scenario	Frequentie [1/jr]	Bronsterkte	Toelichting
Instantaan	5.0 10 ⁻⁷	22.7 ton	Maximale inhoud
Continu 10 min	5.0 10 ⁻⁷	37.9 kg/s	Maximale inhoud in 600 s
Continu 10 mm	1.0 10 ⁻⁵	0.6 kg/s	Diameter 10 mm

Tabel 29. Ongevalsscenario's opslagvat

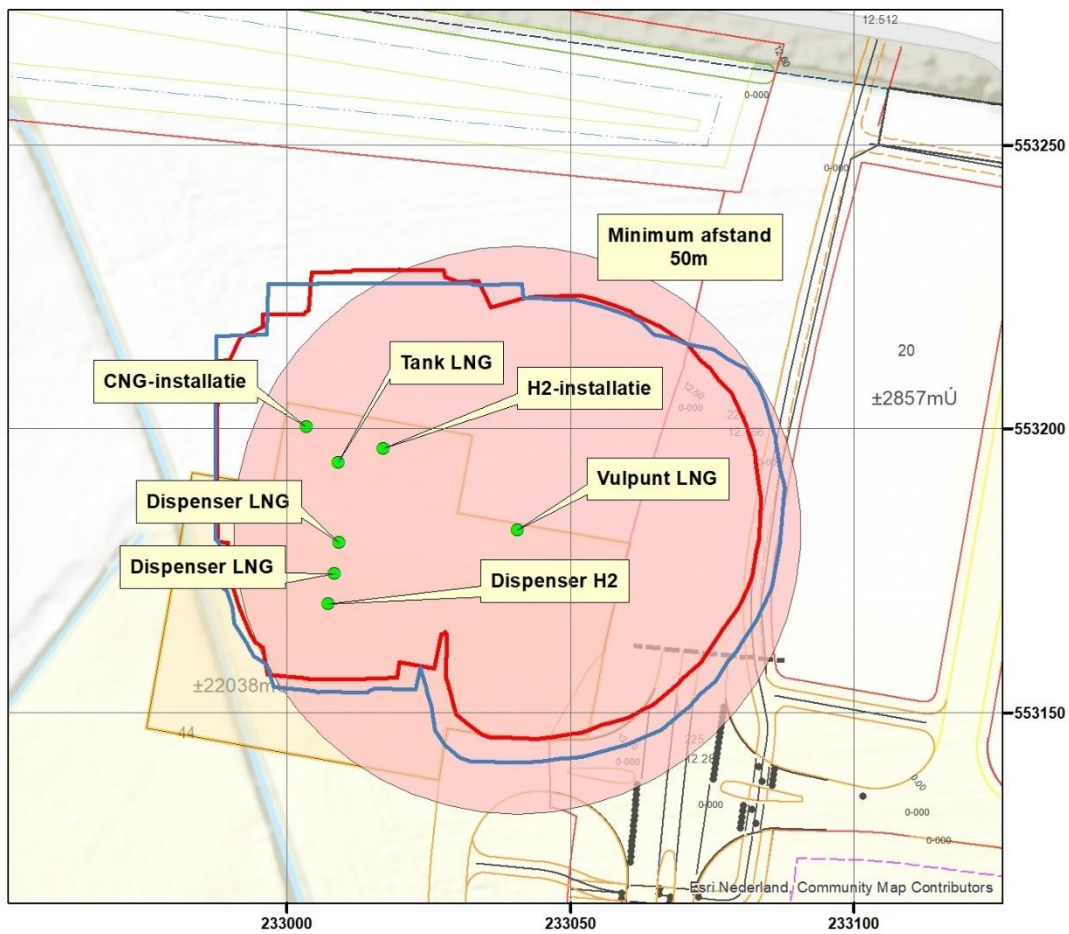
Bij het opslagvat staat bovengronds een pomp opgesteld. Het betreft een pomp die werkt vanaf het opslagvat via de VRE naar de dispenser. Voor de faalfrequentie wordt deze pomp gemodelleerd als canned (zonder pakking). Een pomp is circa 2.6% van de tijd in gebruik voor aflevering. Er zijn twee pompen geplaatst. Een breuk van de pomp leidt tot uitstroming uit een leiding met een diameter van maximaal 3" die rechtstreeks is verbonden met het opslagvat.

Tabel 30 toont de ongevalsscenario's zonder doorstroombegrenzer in de leiding tussen het opslagvat en de pomp. De bronsterkte is berekend met Safeti-NL door uit te gaan van een leiding aan een vat met een lengte van 5 m.

Scenario	Toelichting frequentie		
Breuk	0.026 (tijdsfractie in bedrijf) x 1.0 10 ⁻⁵ (frequentie breuk per jaar in bedrijf)		
Lekkage	0.026 (tijdsfractie in bedrijf) x 5.0 10 ⁻⁵ (frequentie lekkage per jaar in bedrijf)		
Scenario	Frequentie [1/jr]	Bronsterkte [kg/s]	Toelichting
Breuk	2.6 10 ⁻⁷	20.6	Diameter 75 mm, lengte 5 m, duur 1103 s
Lekkage	1.3 10 ⁻⁶	0.4	Diameter 7.5 mm, duur 1800 s

Tabel 30. Ongevalsscenario's dispenser pomp aangesloten aan het opslagvat

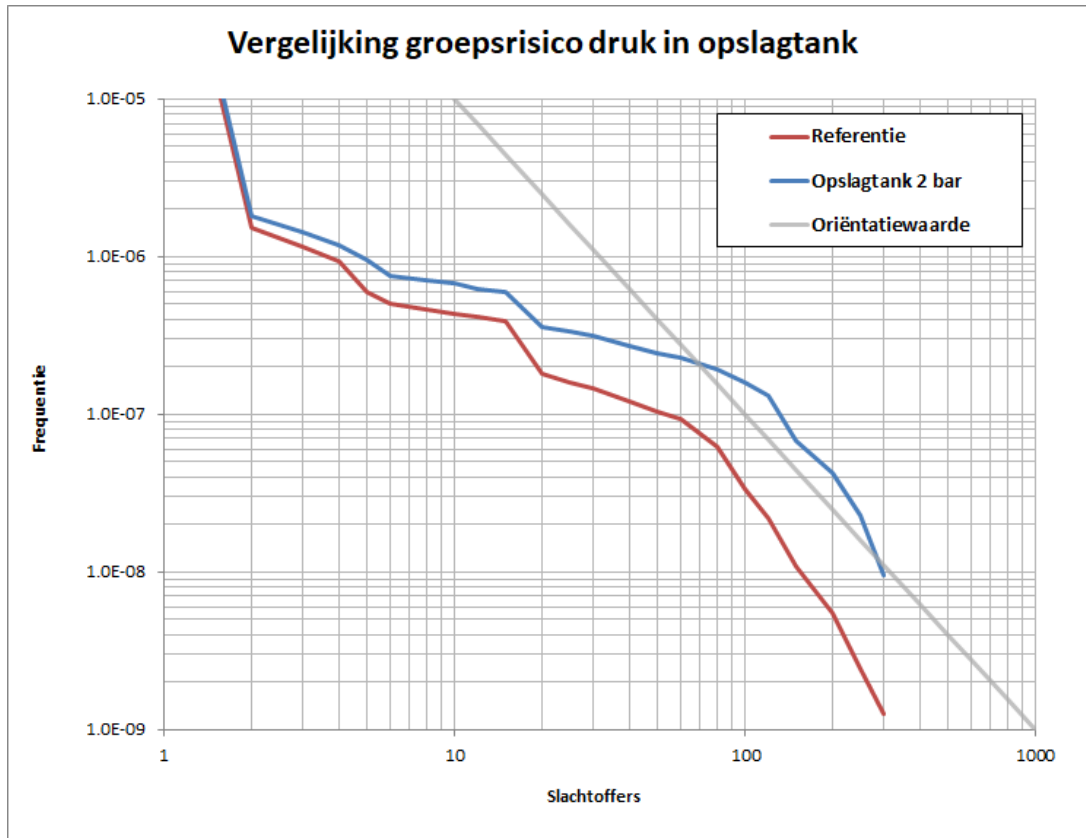
Figuur 7 toont het plaatsgebonden risico in vergelijking met de referentiesituatie. Uit de figuur blijkt dat het plaatsgebonden risico toeneemt, maar grotendeels binnen de 50 m afstand blijft.



Figuur 7. Plaatsgebonden risicocontouren vergelijking referentie en 2 bar in opslagtank



Figuur 8 toont het groepsrisico in vergelijking met de referentiesituatie. Uit deze figuur blijkt dat het groepsrisico toeneemt tot boven de oriëntatiewaarde.



Figuur 8. Groepsrisico vergelijking referentie en 2 bar in opslagtank

Bijlage 2 vergelijking waterstof-installatie

De waterstof installatie wordt niet direct gerealiseerd zoals weergegeven in hoofdstuk 4. In deze bijlage wordt het risico getoond van de tussenfase. De waterstof wordt eerst opgeslagen in flessenpakketten (fase 1). Deze worden dus gemodelleerd in plaats van de tubetrailer (paragraaf 4.3).

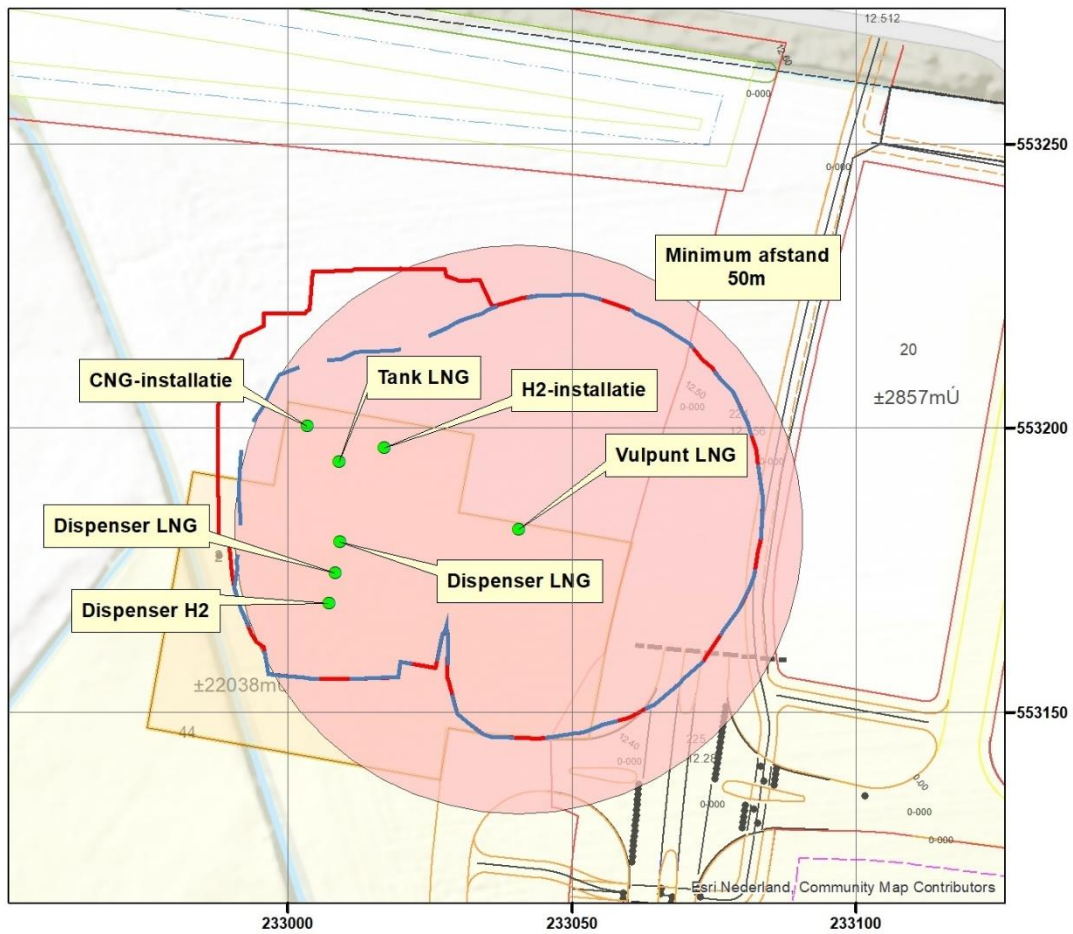
De flessenpakketten bestaan uit zestien flessen met elk 1.5 kg. Er zullen zeven flessenpakketten worden geplaatst. De druk is 300 bar(g). Tabel 30 toont de frequentie en bronsterkte voor de ongevalsscenario's voor de flessenpakketten.

Scenario	Frequentie [jr]	Bronsterkte	Toelichting
Instantaan	$5.6 \cdot 10^{-5}$	1.5 kg	Maximale inhoud enkele fles
Continu 3.3 mm	$5.6 \cdot 10^{-5}$	0.134 kg/s	Inhoud van 166.5 kg (111 flessen), uitstroomduur 542 s.

Tabel 31. Ongevalsscenario's flessenpakketten H₂ fase 1

Figuur 9 toont het plaatsgebonden risico van de tussenfase in vergelijking met de eindsituatie zoals getoond in het hoofdrapport. Uit de figuur blijkt dat het plaatsgebonden risico kleiner is in fase 1 en deels buiten de 50 meter afstand ligt.

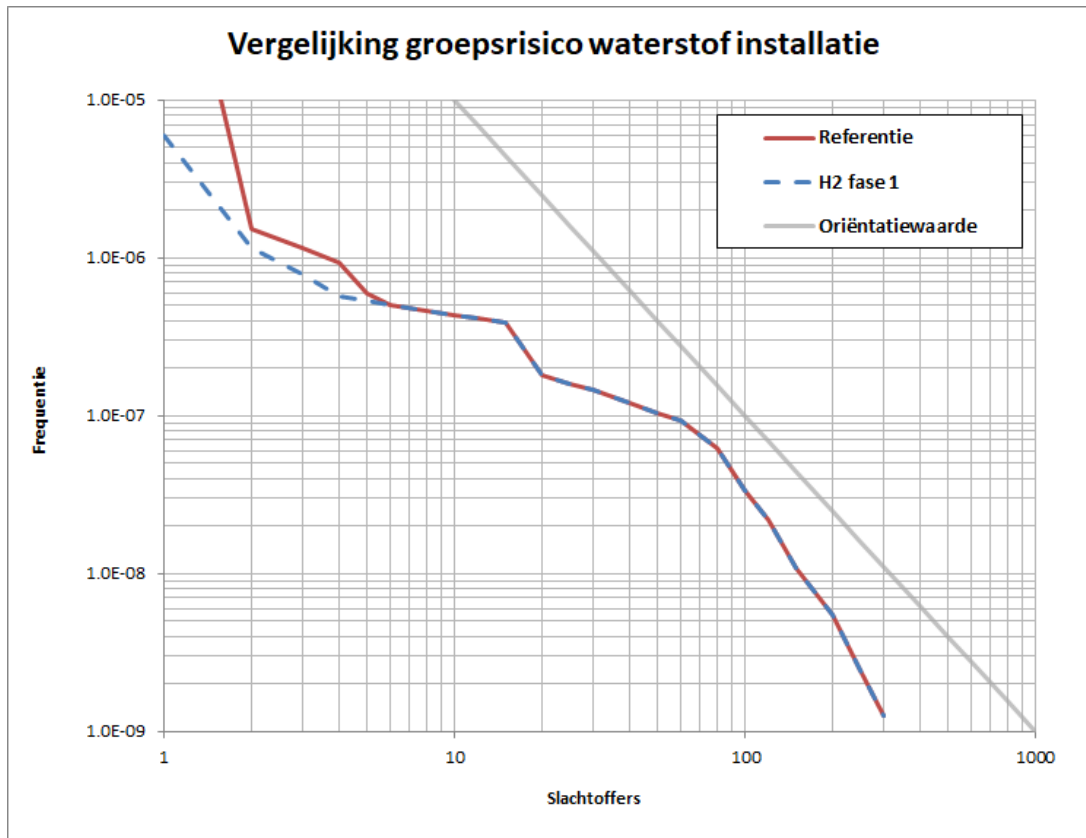
Figuur 9 toont het plaatsgebonden risico van beide tussenfases in vergelijking met de eindsituatie zoals getoond in het hoofdrapport. Uit de figuur blijkt dat het plaatsgebonden risico kleiner is in fase 1 en grotendeels binnen de 50 meter afstand blijft.



Figuur 9. Plaatsgebonden risicocontouren vergelijking referentie en fase 1 van de H2-installatie



Figuur 10 toont het groepsrisico van de tussenfase in vergelijking met de eindsituatie zoals getoond in het hoofdrapport. Uit deze figuur blijkt dat het groepsrisico niet wijzigt ten opzichte van de eindsituatie.



Figuur 10. Groepsrisico vergelijking referentie en fase 1 van de waterstofinstallatie