

Air Liquide Benelux Industries

Stikstof (N2) leiding: omlegging leiding Bergen op Zoom

Kwantitatieve Risicoanalyse (QRA)



Docnr: ALDB-R-1-1
Revisie : 1
Datum: 30 november 2017

LievenseCSO Infra B.V.

CORRESPONDENTIEADRES
Postbus 3199
4800 DD Breda

BEZOEKADRES
Tram singel 2
4814 AB Breda

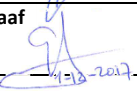
TELEFOON
+31 (0)88 91 020 00

E-MAIL
info@LievenseCSO.com

INTERNET
LievenseCSO.com

KVK NUMMER
20045963

Autorisatie

Docnr ALDB-R-1-1 rev 1	Datum 30-11-2017
Opgesteld: ing. D.M. Schilt	Paraaf 
Geverifieerd: ing. H. van Horssen	Paraaf 
Vrijgegeven: ing. G.J. ter Haar	Paraaf 

Documenthistorie

Rev.	Datum	Opmerking/reden wijziging
0	22-11-2017	Eerste uitgave
1	30-11-2017	Berekeningen en rapportage aangepast naar omlegging in 8inch

Inhoudsopgave

1	ALGEMEEN	1
1.1	Inleiding	1
1.2	Aanleiding	2
1.3	Opdracht	2
2	KWANTITATIEVE RISICO ANALYSE	3
2.1	Algemeen	3
2.2	Externe veiligheid	3
2.3	Toegepaste software	3
3	RICHTLIJNEN EXTERNE VEILIGHEID	4
3.1	Begrippen	4
3.2	Grenswaarden aanvaardbare risico's	4
4	PROJECTGEGEVENS	6
4.1	Algemeen	6
4.2	Leiding- en procesgegevens	6
4.3	Fysische en toxische gegevens	7
4.4	Modellering stikstof -breuk	8
5	TOEGEPASTE FAALFREQUENTIE	9
5.1	Algemeen	9
5.2	Gebeurtenissenboom vrijkomend product	10
5.3	Faalfrequenties	10
5.3.1	Opbouw gehanteerde faalfrequenties	10
5.3.2	Basis faalfrequenties	11
5.3.3	Faalfrequenties "Stand der Techniek" voorwaarden	11
5.3.4	Overige getroffen Algemene risico mitigerende maatregelen	13
5.4	Correctiefactor diepteligging	14
5.5	Gehanteerde faalfrequentie	14
5.6	Risico verhogende objecten	15
6	Modellering	16
6.1	Omgevingsomstandigheden	16
6.1.1	Gebiedsfuncties en populaties	16
6.1.2	Groepsrisico (GR)	19
6.1.3	Plaatsgebonden risico (PR)	19
6.1.4	Ruwheidslengte	19
6.1.5	Weerstation	19
6.2	Stofeigenschappen	19
6.3	Faalfrequentie transportleiding	20
6.4	Modellering leidinglengte	20
6.5	Modellering scenario's	20
7	RESULTATEN	21
7.1	Algemeen	21
7.2	Plaatsgebonden risico (PR)	21
7.3	Groepsrisico (GR)	22
8	CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN	23

Bijlagen

- Bijlage A: Air Liquide: MSDS-Stikstof
Bijlage B: Onderbouwing Stand der techniek en mitigerende maatregelen.
Bijlage C: Digitaal: Safeti NL projectbestanden
Bijlage D: Digitaal: Leidingbestand

Referenties

- [Ref. 1] Handleiding risicoberekeningen BEVB, RIVM, Versie 2.0: Module D, 1 juli 2014
[Ref. 2] Handleiding risicoberekeningen BEVI, RIVM, versie 3.3, 1 juli 2015
[Ref. 3] Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb),
<http://wetten.overheid.nl> document met identificatienummer BWBR0028265
[Ref. 4] SAFETI-NL, RIVM, versie 6.543, juni 2015
[Ref. 5] QRA-selectiemethodiek "toxisch en/of ontvlambaar", RIVM, 24 juni 2011
[Ref. 6] Google Earth versie 7.1.8.3036~2-2017
[Ref. 7] Bevolkingsdata van Populator, Relevant september 2017
[Ref. 8] Top25raster, Kadaster, 1 juni 2012
[Ref. 9] ALQN-R-8-0 - Air Liquide N2 7006 transportnetwerk Maasvlakte - Grens België rev. 0, LievenseCSO Infra B.V., 10 april 2017

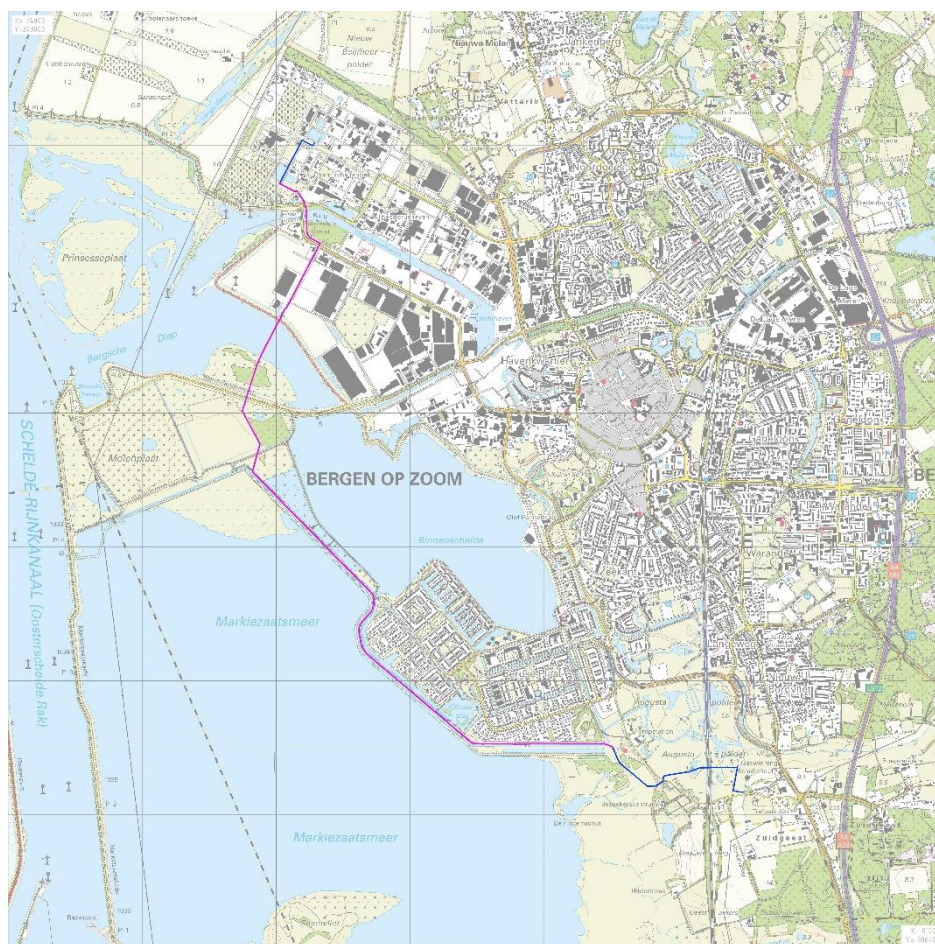
1 ALGEMEEN

1.1 Inleiding

Air Liquide Benelux Industries (Air Liquide) is voornemens om de huidige Ø6" stikstof (N₂) verbindingsleidingen 7015-a en 7015-c richting Bergen op Zoom grotendeels om te leggen in verband met de ruimtelijke ontwikkelingen binnen dit gebied.

De omlegging wordt uitgevoerd in Ø8" en vormt samen met de Ø6" 7015 als geheel een aftakking van de 7006 N₂ hoofdtransportleiding. De aftakking is hierbij gelegen tussen de aansluiting op de 7006 hoofdtransportleiding nabij Woensdrecht en het industriegebied ten noordwesten van Bergen op Zoom en heeft een lengte van circa 8,4 km.

In navolgend figuur 1 is het nieuwe tracé van de leiding weergegeven inclusief de (deels) gehandhaafde leidingdelen waarop aangesloten wordt.



Figuur 1: Tracé AL Stikstoftransportleiding (roze: nieuw tracé, blauw bestaand tracé)

In navolging van het ontwerp en aanleg van deze omlegging heeft Air Liquide aan LievenseCSO Infra B.V. (LievenseCSO) opdracht gegeven voor het uitvoeren van een kwantitatieve risicoanalyse (QRA) van deze Ø6" en Ø8" (nieuw) ondergrondse stikstof transportleiding.

Door deze leiding, opgebouwd uit een *bestaand* en *nieuw* deel, wordt de inerte stof stikstof (N₂) getransporteerd. Stikstof wordt als een gas onder hoge druk getransporteerd. Stikstof kan bij het vrijkomen in grote hoeveelheden verstikkend werken wat risico's met zich meebrengt. Leidingexploitanten zijn verplicht in het kader van *externe veiligheid* deze risico's te inventariseren en evalueren conform de "Handleiding risicoberekeningen Bevb" (Handleiding Bevb) [Ref. 1]. De leiding dient hierbij te voldoen aan de eisen van het "Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bebv)" [Ref. 3]. Indien een leiding niet aan het besluit voldoet is er sprake van een knelpunt ten aanzien van de vigerende wet- en regelgeving.

1.2 Aanleiding

Air Liquide heeft LieveenseCSO opdracht gegeven deze leidingen te toetsen in verband met externe veiligheid. Hierbij moet aan de eisen van het Bevb worden voldaan. In de Handleiding Bevb [Ref. 1] zijn inzichten beschreven en toegelicht welke de leidingexploitant de mogelijkheid biedt om de 'Stand der Techniek' eigenschappen van de leidingen en mitigerende maatregelen mee te nemen in de risico-inventarisatie.

1.3 Opdracht

In opdracht van Air Liquide voert LieveenseCSO een kwantitatieve risicoanalyse (QRA) uit voor de nieuwe aan te leggen stikstofleiding. De QRA is uitgevoerd op basis van de "Handleiding risicoberekeningen Bevb" Versie 2.0 [Ref. 1].

De volgende contactgegevens zijn relevant:

Opdrachtgever:

Air Liquide Benelux Industries
Noordensingel 19
2140 Borgerhout Antwerpen, België
Dhr. Karel Mees
Tel.: +32 3 217 31 50

Opdrachtnemer:

LieveenseCSO Infra B.V.
Postbus 3391
4800 DD Breda
Dhr. Gert Jan ter Haar
Tel.: +31 (0)88 91 020 00

2 KWANTITATIEVE RISICO ANALYSE

2.1 Algemeen

Teneinde te bepalen of leidingen voldoen aan de externe veiligheidseisen, vastgesteld in het Bevb, dient de leidingexploitant, een kwantitatieve risicoanalyse (QRA) uit te voeren. De QRA wordt gebruikt om beslissingen te nemen over de aanvaardbaarheid van risico's in relatie tot onder andere het leidingtracégebied van de transportleiding.

2.2 Externe veiligheid

Externe veiligheid beschrijft de grootte van het overlijdensrisico als gevolg van activiteiten met gevaarlijke stoffen. De mate van externe veiligheid wordt bepaald door de grootte van het plaatsgebonden risico (PR) en het groepsrisico (GR). Het plaatsgebonden risico en het groepsrisico worden als volgt omschreven:

Plaatsgebonden risico: *Risico op een plaats, uitgedrukt als de kans per jaar dat een persoon die onafgebroken en onbeschermd op die plaats zou verblijven, overlijdt als rechtstreeks gevolg van een ongewoon voorval waarbij een gevaarlijke stof betrokken is.*

Groepsrisico: *Cumulatieve kansen per jaar per kilometer buisleiding dat ten minste 10, 100 of 1000 personen overlijden als rechtstreeks gevolg van hun aanwezigheid in het invloedsgebied van een buisleiding en een ongewoon voorval met die buisleiding.*

De resultaten van de kwantitatieve risicoanalyse zijn getoetst aan de vastgestelde grenswaarde voor het plaatsgebonden risico en een oriëntatiewaarde (ORW) voor het groepsrisico.

2.3 Toegepaste software

Gerekend wordt met het door de overheid voorgeschreven en ontwikkelde software pakket SAFETI-NL [Ref. 4], hetwelk is gebaseerd op het rekenpakket Phast van DNV in Londen. Beheerder van het programma SAFETI-NL is RIVM.

Programma versie: 6.543 (Patch juni 2015)

3 RICHTLIJNEN EXTERNE VEILIGHEID

3.1 Begrippen

De externe veiligheid wordt gekarakteriseerd door twee begrippen, te weten (zie ook paragraaf 2.2):

- Plaatsgebonden Risico (PR);
- Groepsrisico (GR).

In de navolgende paragrafen worden de grens- en richtwaarden waaraan de beschouwde leiding dient te voldoen van beide begrippen beschreven en toegelicht.

3.2 Grenswaarden aanvaardbare risico's

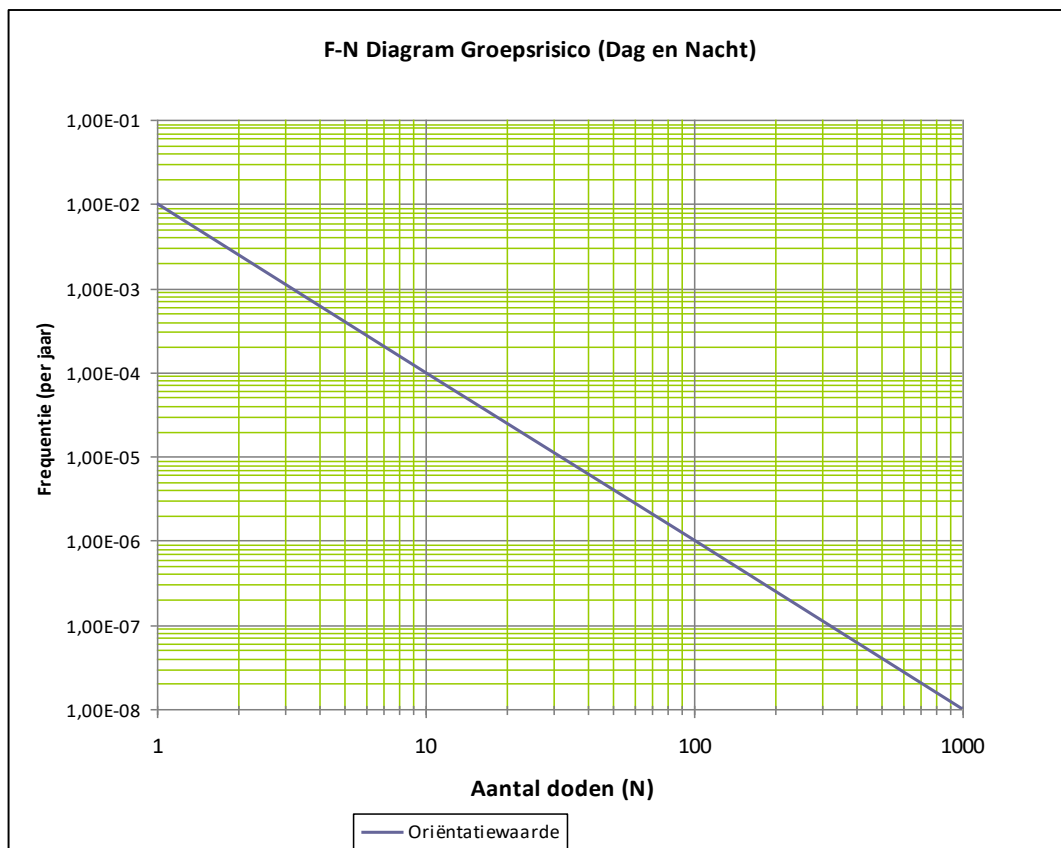
Het vaststellen van de aanvaardbaarheid van risico's is onderhevig aan het afwegen van verschillende belangen. De grenswaarde voor het plaatsgebonden risico is door de overheid in het Bevb [Ref. 3] vastgesteld op 1×10^{-6} per jaar voor woningen en kwetsbare objecten. Dit houdt in dat binnen deze iso-risicocontour (PR 10^{-6}) geen woningen of kwetsbare objecten aanwezig mogen zijn. Kwetsbare objecten zijn objecten waar een grotere hoeveelheid mensen bijeen kunnen komen of zijn, bijvoorbeeld een recreatieterrein, zieken- of verzorgingshuizen, een groot kantoor, winkel of een school. Voor beperkt kwetsbare objecten geldt deze waarde (PR 10^{-6}) als richtwaarde.

Voor het groepsrisico wordt uitgegaan van de door de overheid als richtlijn vastgestelde aanvaardbare waarden *per kilometer leiding* conform het Bevb [Ref. 3]:

- 10^{-4} per jaar voor 10 dodelijke slachtoffers
- 10^{-6} per jaar voor 100 dodelijke slachtoffers
- 10^{-8} per jaar voor 1000 dodelijke slachtoffers

In figuur 2 zijn de hiervoor vermelde grenswaarden uitgezet in een grafiek (F-N curve). Op de horizontale as is het aantal dodelijke slachtoffers weergegeven; op de verticale as de bijbehorende kans.

Wanneer het berekende groepsrisico de oriëntatiewaarde (ORW) niet overschrijdt, is het kleiner dan de door de overheid vastgestelde aanvaardbare waarde en wordt het dus acceptabel geacht. Als het GR wel wordt overschreden, blijkt een knelpunt aanwezig te zijn op basis van het wettelijk kader van het Bevb [Ref. 3]. In overleg met betrokken partijen, waaronder het bevoegd gezag, dienen deze knelpunten gesaneerd te worden.



Figuur 2: F-N diagram (groepsrisico)

4 PROJECTGEGEVENS

4.1 Algemeen

In dit hoofdstuk worden de door Air Liquide aangeleverde leiding- en procesgegevens weergegeven die benodigd zijn voor het uitvoeren van een risicoberekening en bijbehorende analyse.

4.2 Leiding- en procesgegevens

De leiding- en procesgegevens zien er als volgt uit:

Leidinggegevens	Eenheid	Ø6" (Bestaand)	Ø8" (Nieuw)
Leidingmateriaal	[-]	Staal	Staal
Materiaalkwaliteit ¹	[mm]	Grade B	L290
Elasticiteit	[GPa]	210	210
SMYS (= rekgrens)	[N/mm ²]	241	290
Uitwendige diameter	[mm]	168,3	219,1
	[inch]	6	8
Nominale wanddikte ¹	[mm]	5,56	6,35
Inwendige diameter	[mm]	157,18	206,4
Lengte	[km]	Ca. ±8,4	
Diepteligging (lees: minimale dekking)	[m]	0,84	1,20
Procesgegevens			
Medium	[-]	N ₂	
CAS-nummer		7727-37-9	
Maximale debiet in de leiding	[ton/uur]	n.b. ²	
Bedrijfsfrequentie (benuttingsgraad)	[%]	100	
Sluittijd ³	[sec]	1800	
Ontwerpdruk	[bar]	64	
Fase medium	[-]	gas	

Tabel 1: Overzicht leiding- en procesgegevens

¹ Materiaalkwaliteit en wanddikte kunnen afwijkend (hoger dan wel zwaarder) zijn bij bochten en kruisingen.

² Niet van belang voor de berekeningen van onderhavige stikstofleiding.

³ Met de "sluittijd" wordt bedoeld: de tijdperiode tussen falen van de buisleiding en het afsluiten van de buisleiding inclusief de tijd die de afsluiter nodig heeft om tot volledige afsluiting te komen in verband met terugslag.

4.3 Fysische en toxische gegevens

Voor het uitvoeren van een QRA-berekening worden verschillende rekenmethodieken gehanteerd die afhankelijk zijn van de classificatie van de stoffen. Deze leiding die stikstof transporteert valt in de categorie Chemicaliën leidingen en dient dan ook conform Module D van de Handleiding Bevb [Ref. 1] beschouwd te worden. In onderstaande tabel zijn conform de Handleiding Bevb de gevaarlijke stoffen, anders dan koolwaterstoffen, ingedeeld in diverse categorieën. Stikstof is daarbij geclassificeerd als een inert gas.

Eigenschap	Aggregatietoestand van de stof tijdens transport		
	Vloeistof	Tot vloeistof verdicht gas	Gas
Brandbaar	Isopreen 1,2-propenoxide Ongestabiliseerd condensaat	Etheen Butaan Buteen Propeen Vinylchloride LPG	Waterstof
Toxisch	Formaldehyde (46%)	Chloor Ammoniak	koolmonoxide Waterstofchloride
Brandbaar en toxisch	Etheenoxide		Synthesegas (H ₂ en CO)
Inert en overig			Kooldioxide Stikstof Zuurstof

Tabel 2: Gevaarlijke stoffen in de categorie Chemicaliënleidingen

Stikstof is in de database van SAFETI NL [Ref. 4] aanwezig met alle, voor de QRA van belang zijnde, stoffeigenschappen. In tabel 3 zijn de stoffeigenschappen stikstof weergegeven.

Fysische en toxische gegevens Stikstof		
CAS-nummer	[-]	7727-37-9
Reactiviteit ontvlambaarheid	[-]	Inert
LC ₅₀ -waarden [Ref. 5] (acute toxiciteit bij ademhaling) ⁴	[-]	Geen H330 en H331

Tabel 3: Fysische, chemische en toxische eigenschappen stikstof

Stikstof is op zichzelf geen toxische stof, wel kan het verstikkend werken wanneer dit onder hoge druk met grote hoeveelheden vrijkomt en daarmee de zuurstof in de lucht verdringt. Hierdoor ontstaat een risico op overlijden als gevolg van een te lage concentratie van zuurstof in de lucht. De Handleiding Bevb [Ref. 1] geeft in dit geval aan dat stikstof doorgerekend dient te worden als een toxische stof met een bijbehorende probit relatie

⁴ QRA selectiemethodiek “toxisch en/of ontvlambaar” [Ref. 5].

4.4 Modellerings stikstof -breuk

Voor de modellering van leidingen die gevaarlijke stoffen transporteren, anders dan brandbaar, wordt bij breuk gerekend met een tijdsafhankelijke uitstroming met 5 tijdssegmenten, waarvan het gemiddelde debiet wordt berekend door SAFETI NL [Ref. 4]. De totale 'duration of interest' is hierbij gesteld op 1800 seconden. [Ref. 1]

5 TOEGEPASTE FAALFREQUENTIE

5.1 Algemeen

In de Handleiding Bevb [Ref. 1] wordt er onderscheid gemaakt tussen “Algemene” leidingen en leidingen die voldoen aan de “Stand der Techniek” voorwaarden. Voor de leidingen die voldoen aan de “Stand der Techniek” voorwaarden mag een lagere faalfrequentie gehanteerd worden dan de “Algemene” leidingen.

In de Handleiding Bevb [Ref. 1] worden een zestal faaloorzaken vermeld. Voor elk van deze faaloorzaken is in de Handleiding Bevb [Ref. 1] een set risico mitigerende maatregelen gedefinieerd die door de wetgever als “Stand der Techniek” voorwaarden worden gezien. Als een leidingexploitant met betrekking tot een bepaalde faaloorzaak aan deze voorwaarden voldoet, mag een lagere faalfrequentie voor die betreffende faaloorzaak toegepast worden. Daar staat uiteraard een aantonningsplicht van de leidingexploitant tegenover.

Naast bovengenoemde “Stand der Techniek” voorwaarden kunnen er overige mitigerende maatregelen tijdens het ontwerp, aanleg, exploitatie of beheer van de leiding door de leidingexploitant genomen zijn, waardoor het risico verlaagd wordt. Deze extra inspanningen van de leidingexploitant, in de Handleiding aangeduid als “Maatregelen”, kunnen leiden tot een verlaging van de faalfrequentie behorende bij een faaloorzaak. Een “Maatregel” is alleen van toepassing op één faaloorzaak en indien meerdere “Maatregelen” bij één faaloorzaak getroffen zijn, mag slechts één “Maatregel” in rekening worden gebracht.

De verlaging van de faalfrequentie door het toepassen van een “Maatregel” wordt in het algemeen uitgedrukt in een zogenaamde “Clusterfactor”, bijvoorbeeld de waarde 2, 5 of 10. Met de reciproke waarde van deze “Clusterfactor”, mag de faalfrequentie van de desbetreffende faaloorzaak vermenigvuldigd worden; dit leidt tot een lagere faalfrequentie.

Daarnaast zijn er ook mitigerende “Maatregelen” mogelijk die niet als vaste “Clusterfactor” in rekening worden gebracht, maar als een verlopende “Reductiefactor”. Voorbeeld van een dergelijke maatregel is de boven de leiding aangebrachte gronddekking. Hoe meer gronddekking (meer dan 84 [cm]), hoe groter de reductie. Deze reductie is in een dergelijk geval dus geen vaste factor, zoals bij de “Clusterfactoren” het geval is, maar is afhankelijk van de gronddekking. Indien deze gegevens niet voorhanden zijn wordt de minimale gegarandeerde dekking meegenomen in de berekening.

Tevens is de bedrijfsfrequentie van de leiding van invloed op de hoogte van de faalfrequentie. Indien een leiding slechts een deel van de tijd gebruikt wordt voor verpompingen heeft dit invloed op de kans op een bepaald effect bij een calamiteit. Dit komt tot uitdrukking in een aanpassing van de faalfrequentie. Tenslotte is er in bepaalde gevallen sprake van een additioneel risico als gevolg van de aanwezigheid van risicoverhogende objecten nabij de leiding, zoals windturbines. In dergelijke gevallen dient de faalfrequentie van het leidingsegment binnen het invloedsgebied verhoogd te worden.

5.2 Gebeurtenissenboom vrijkomend product

Bij het onverhoopt vrijkomen van product uit een leiding kunnen afhankelijk van de stof verschillende gebeurtenissen optreden, zoals directe ontsteking, vertraagde ontsteking, et cetera.

De waarschijnlijkheid waarmee een dergelijke gebeurtenis optreedt is per stofcategorie gestandaardiseerd in de Handleiding Bevb [Ref. 1] en de Handleiding Bevi [Ref. 2]. In tabel 4 zijn de daaruit volgende kansen op gebeurtenissen weergegeven conform deze referenties, met de daarbij behorende gestandaardiseerde ontstekingskansen.

CAS-nummer	Stof naam	Classificatie stof [Ref. 1]	Waarschijnlijkheid gebeurtenis	
			Loss Of Containment (LOC)	
			Breuk	Lekkage
			[-]	[-]
7727-37-9	Stikstofgas	gas	0,25	0,75

Tabel 4: Waarschijnlijkheid gebeurtenissen bij falen van een leiding met Chemicaliënleidingen

De waarschijnlijkheid op een gebeurtenis wordt, zoals uit bovenstaande tabel blijkt, gekarakteriseerd door twee gebeurtenissen, te weten:

- kans op een breuk (25%) of kans op lekkage (75%)
- Geen ontsteking maar verstikkende effecten.

5.3 Faalfrequenties

5.3.1 Opbouw gehanteerde faalfrequenties

De voor de leidingen gehanteerde faalfrequenties zijn als volgt opgebouwd:

- De basis faalfrequenties, zie paragraaf 5.3.2;
- Eventuele gereduceerde faalfrequentie op basis van “Stand der Techniek” voorwaarden, zie paragraaf 5.3.3;
- Eventuele reductie van de faalfrequentie op basis van getroffen “Algemene Overige mitigerende maatregelen”, zie paragraaf 5.3.4;
- Eventuele reductie van de faalfrequentie op basis van een correctie voor een diepere ligging van de leiding, zie paragraaf 5.4;
- De uiteindelijk gehanteerde faalfrequenties zijn in paragraaf 5.5 weergegeven.
- En een additionele faalfrequentie door de aanwezigheid van risico verhogende objecten (windturbines) nabij de leidingen welke, indien van toepassing, per leiding segment zijn toegevoegd bovenop de vermelde faalfrequentie, zie 5.6;

5.3.2 Basis faalfrequenties

In de Handleiding Bevb [Ref. 1] wordt de faalfrequentie per kilometer leiding opgedeeld in een aantal faaloorzaken. Per faaloorzaak wordt een basis faalfrequentie weergegeven. Deze basis faalfrequenties zien er als volgt uit:

ALGEMENE BASIS FAALFREQUENTIE Voor niet nader onderzochte buisleidingen (Bevb / Revb)						
Faaloorzaak	Faaloorzaak	Faalfrequentie [$\text{km}^{-1}\text{a}^{-1}$]				
		Lek	%	Breuk	%	Lek+breuk
Beschadiging door derden	Beschadiging door Derden	9,86E-05	22	7,19E-05	48	1,71E-04
Mechanisch	Andere Factoren	1,45E-04	32	3,23E-05	22	1,77E-04
Inwendige corrosie		4,40E-05	10	5,71E-06	4	4,97E-05
Uitwendige corrosie		1,32E-04	29	1,72E-05	11	1,49E-04
Natuurlijke oorzaken		1,35E-05	3	9,15E-06	6	2,27E-05
Operationeel en overige oorzaken		1,71E-05	4	1,38E-05	9	3,09E-05
Totaal		4,50E-04	100	1,50E-04	100	6,00E-04

Tabel 5: Basis faalfrequenties

5.3.3 Faalfrequenties “Stand der Techniek” voorwaarden

Bij toepassing van de “Stand der Techniek” voorwaarden, biedt de Handleiding Bevb [Ref. 1] de mogelijkheid om een gereduceerde faalfrequentie voor de desbetreffend faaloorzaak toe te passen. Indien de leiding voldoet aan deze “Stand der Techniek” voorwaarden mogen de volgende faalfrequenties toegepast worden.

STAND DER TECHNIEK' FAALFREQUENTIE Voor buisleidingen die voldoen aan 'stand der techniek'-voorwaarden (Bevb / Revb)						
Faaloorzaak	Faaloorzaak	Faalfrequentie [$\text{km}^{-1}\text{a}^{-1}$]				
		Lek	%	Breuk	%	Lek+breuk
Beschadiging door derden	Beschadiging door Derden	2,63E-05	22	1,77E-05	48	4,40E-05
Mechanisch	Andere faaloorzaken	3,86E-05	32	7,96E-06	22	4,66E-05
Inwendige corrosie		1,17E-05	10	1,41E-06	4	1,31E-05
Uitwendige corrosie		3,52E-05	29	4,25E-06	11	3,95E-05
Natuurlijke oorzaken		3,60E-06	3	2,26E-06	6	5,86E-06
Operationeel en overige oorzaken		4,56E-06	4	3,40E-06	9	7,96E-06
Totaal		1,20E-04	100	3,70E-05	100	1,57E-04

Tabel 6: 'Stand der techniek' faalfrequenties

De totale faalfrequentie van “Breuk van de leiding” is, in het geval bij elke faaloorzaak aan de “Stand der Techniek” voorwaarden wordt voldaan, gereduceerd tot 24,7% van de oorspronkelijke faalfrequentie (de basis faalfrequentie). Per faaloorzaak is door de leidingexploitant Air Liquide beschouwd of deze leiding aan de “Stand der Techniek” voorwaarden voldoet, in tabel 7 staat de samenvatting hiervan weergegeven. Hiertoe zijn dezelfde eigenschappen gehanteerd als destijds in de door LieveenseCSO opgestelde QRA-rapportage van de 7015 N2 transportleiding met het kenmerk: ALQN-R-8-0 - Air Liquide N2 7006 transportnetwerk Maasvlakte - Grens België rev. 0 [Ref. 9].

Faaloorzaak	Stand der Techniek voorwaarde, conform Handleiding Bevb [Ref. 1]	Van toepassing	
		Bestaand Ø6"	Nieuw* Ø8"
Beschadiging door derden	Duidelijk aangegeven bovengrondse markeringen van de buisleiding die vanuit elk gezichtspunt waarneembaar zijn. Van de regel kan worden afgeweken bij praktische beperkingen zoals bij bochten, bossages en obstakels	Ja	Ja
	Periodieke communicatie met landeigenaren om deze bewust te maken en te houden van de aanwezigheid van de buisleiding	Nee	Nee
	Geïmplementeerd KLIC/WION systeem met actief rappel	Nee	Nee
Mechanisch	Leiding voor 1980 aangelegd: Mechanical Assessment van de leiding beschikbaar.	Nee	Ja
	Leiding na 1980 aangelegd: geen, is afgedekt door sterk verbeterde kwaliteitscontrole en kwaliteitsborging (QA/QC) bij de aanleg van een buisleiding	Ja	Ja
Inwendige corrosie	Bepaling van product corrosiviteit	Ja Productblad	Ja Productblad
	Toepassing van ontwerpmaatregelen gebaseerd op corrosiviteit (bijvoorbeeld corrosietoeslag op wanddikte, toepassen corrosie inhibitie, toepassen corrosiebestendige staallegering van de buiswand en eventuele inwendige coating / "liner")	Ja Staalkwaliteit	Ja Staalkwaliteit
	Effectief monitoring programma (bijvoorbeeld bewaking product kwaliteit middels sampling, chemicaliën injectie, sampling op metaalafgifte)	Ja Proces	Ja Proces
Uitwendige corrosie	Toepassing van passende coating en kathodische bescherming conform NEN 3654. Effectief monitoring programma van kathodische bescherming en van coating.	Ja	Ja
Natuurlijke oorzaken	Het constructief ontwerp in relatie tot zettingen en spanningen is bekend, gedocumenteerd en er zijn passende maatregelen getroffen.	Nee	Nee
Operationeel en Overige	Gespecificeerd werkgebied m.b.t. debiet, druk, temperatuur, trip settings	Ja	Ja
	Geautomatiseerde procesbewaking en procesbeveiliging	Ja	Ja
	Monitoring van relevante DCS of Scada-data om binnen dit werkgebied te blijven opereren.	Ja Operation	Ja Operation
	Verandering van werkgebied alleen toegestaan middels vastgestelde procedures, zoals bij wijzigingen (Management of Change, MoC)	Ja Beschreven in procedure	Ja Beschreven in procedure

Tabel 7: Van toepassing zijnde "Stand der Techniek" voorwaarden.

N.B. * Voor het nieuw aan te leggen leidingdeel zijn dezelfde "Stand der Techniek" eigenschappen aangehouden als voor de bestaande leidingen met uitzondering van voor de faaloorzaak Mechanisch, daar dit gedeelte na 1980 aangelegd wordt.

Op basis van de getroffen “Stand der Techniek” voorwaarden worden de volgende faalfrequenties toegepast:

GEHANTEERDE FAALFREQUENTIE								
Berekening faalkans aspecten Basis-/stand der techniek'- faalfrequentie								
Faaloorzaak	Voorwaarden	Faaloorzaak	Loss of Containment door		Faalfrequentie [$\text{km}^{-1}\text{j}^{-1}$]			
			Lek	Breuk	Lek	%	Breuk	%
Beschadiging door derden	basis	Beschadiging door Derden	32%	59%	9,86E-05	32	7,19E-05	59
Mechanisch	basis	Andere faaloorzaken	68%	41%	1,45E-04	47	3,23E-05	26
Inwendige corrosie	stand der techniek				1,17E-05	4	1,41E-06	1
Uitwendige corrosie	stand der techniek				3,52E-05	11	4,25E-06	3
Natuurlijke oorzaken	basis				1,35E-05	4	9,15E-06	7
Operationeel en overige oorzaken	stand der techniek				4,56E-06	1	3,40E-06	3
Totaal			100%	100%	3,09E-04	100	1,22E-04	100

Tabel 8: Faalfrequenties op basis van door Air Liquide getroffen “Stand der Techniek” maatregelen voor de Ø6” leidingdelen die gehandhaafd blijven of waarop aangesloten wordt (7015 en deel 7015-a)

GEHANTEERDE FAALFREQUENTIE								
Berekening faalkans aspecten Basis-/stand der techniek'- faalfrequentie								
Faaloorzaak	Voorwaarden	Faaloorzaak	Loss of Containment door		Faalfrequentie [$\text{km}^{-1}\text{j}^{-1}$]			
			Lek	Breuk	Lek	%	Breuk	%
Beschadiging door derden	basis	Beschadiging door Derden	49%	73%	9,86E-05	49	7,19E-05	73
Mechanisch	stand der techniek	Andere faaloorzaken	51%	27%	3,86E-05	19	7,96E-06	8
Inwendige corrosie	stand der techniek				1,17E-05	6	1,41E-06	1
Uitwendige corrosie	stand der techniek				3,52E-05	17	4,25E-06	4
Natuurlijke oorzaken	basis				1,35E-05	7	9,15E-06	9
Operationeel en overige oorzaken	stand der techniek				4,56E-06	2	3,40E-06	3
Totaal			100%	100%	2,02E-04	100	9,81E-05	100

Tabel 9: Faalfrequenties op basis van door Air Liquide getroffen “Stand der Techniek” maatregelen voor het Nieuwe Ø8” leidingdeel bij BoZ

5.3.4 Overige getroffen Algemene risico mitigerende maatregelen

Naast de in de voorgaande paragrafen vermelde “Stand der Techniek” maatregelen kunnen ook overige maatregelen getroffen zijn die risico reducerend zijn en als reducerende factor op de betreffende faalfrequentie in rekening mogen worden gebracht. Een eis hierin is wel dat de mitigerende maatregelen op in de handleiding en besluit voorgeschreven wijze zijn aangebracht en van kracht zijn.

Voor de beschouwde transportleidingen zijn geen reductiefactoren in rekening gebracht voor de betreffende faaloorzaken.⁵

⁵ Voor de faalfrequentie inwendige corrosie, die conform tabel 8 circa 17-25% deel uitmaakt van de totale faalfrequentie breuk, zou eventueel een reductiefactor kunnen worden toegepast daar het een inerte stof is. In de berekeningen is hier geen gebruik van gemaakt en zijn de resultaten derhalve conservatief.

5.4 Correctiefactor diepteligging

In de Handleiding Bevb [Ref. 1] wordt aangegeven dat op de faalfrequentie Beschadiging door derden een correctiefactor voor de diepteligging mag worden toegepast. Deze correctiefactor wordt middels onderstaande vergelijking in rekening gebracht:

$$\text{Correctie factor} = e^{-2,4(z_1 - z_0)} \quad \text{Vergelijking 1}$$

Waarbij:

- z_0 = werkelijke diepteligging van de leiding (bovenkant buis)
- z_1 = referentiediepte van 0,84m

De bestaande leidingen liggen in het publieke terrein met een dekking van 0,84m of meer. In de berekening is derhalve een correctiefactor van 1 toegepast.

De nieuw aan te leggen leiding heeft een minimale dekking van 1,20m in veldstrekking oplopend tot meer dan 10m waar de leiding middels een HDD wordt aangelegd.

In de berekening is dan ook op basis van deze minimale dekking van 1,20m voor het nieuwe leidingdeel een correctiefactor toegepast op de faaloorzaak beschadiging door derden van 0,421.

5.5 Gehanteerde faalfrequentie

Met alle door de leidingexploitant getroffen risico mitigerende maatregelen, stand der techniek voorwaarden worden de volgende faalfrequenties gehanteerd, zie tabel 10 en tabel 11. Dit is inclusief de correctiefactor voor de diepteligging, echter exclusief het additionele risico door de aanwezigheid van risicoverhogende effecten.

GEHANTEERDE FAALFREQUENTIE								
Berekening faalkans aspecten Basis-/stand der techniek- faalfrequentie								
Faaloorzaak	Voorwaarden	Faaloorzaak	Loss of Containment door		Faalfrequentie [$\text{km}^{-1}\text{j}^{-1}$]			
			Lek	Breuk	Lek	%	Breuk	%
Beschadiging door derden	basis	Beschadiging door Derden	32%	59%	9,86E-05	32	7,19E-05	59
Mechanisch	basis	Andere faaloorzaken	68%	41%	1,45E-04	47	3,23E-05	26
Inwendige corrosie	stand der techniek				1,17E-05	4	1,41E-06	1
Uitwendige corrosie	stand der techniek				3,52E-05	11	4,25E-06	3
Natuurlijke oorzaken	basis				1,35E-05	4	9,15E-06	7
Operationeel en overige oorzaken	stand der techniek				4,56E-06	1	3,40E-06	3
Totaal			100%	100%	3,09E-04	100	1,22E-04	100

Tabel 10: Gehanteerde faalfrequentie exclusief additionele risico's voor de Ø6" leidingdelen die gehandhaafd blijven of waarop aangesloten wordt (7015 en deel 7015-a)

GEHANTEERDE FAALFREQUENTIE								
Berekening faalkans aspecten Basis-/stand der techniek- faalfrequentie								
Faaloorzaak	Voorwaarden	Faaloorzaak	Loss of Containment door		Faalfrequentie [$\text{km}^{-1}\text{j}^{-1}$]			
			Lek	Breuk	Lek	%	Breuk	%
Beschadiging door derden	basis	Beschadiging door Derden	29%	54%	4,16E-05	29	3,03E-05	54
Mechanisch	stand der techniek	Andere faaloorzaken	71%	46%	3,86E-05	27	7,96E-06	14
Inwendige corrosie	stand der techniek				1,17E-05	8	1,41E-06	2
Uitwendige corrosie	stand der techniek				3,52E-05	24	4,25E-06	8
Natuurlijke oorzaken	basis				1,35E-05	9	9,15E-06	16
Operationeel en overige oorzaken	stand der techniek				4,56E-06	3	3,40E-06	6
Totaal			100%	100%	1,45E-04	100	5,65E-05	100

Tabel 11: Gehanteerde faalfrequentie exclusief additionele risico's voor het Nieuwe Ø8" leidingdeel bij B0Z

5.6 Risico verhogende objecten

De faalfrequenties van leidingen kunnen nog lokaal beïnvloed worden door de aanwezigheid van nabijgelegen risico verhogende objecten.

Rondom het nieuw aan te leggen leidingdeel zijn geen risicoverhogende objecten aanwezig zoals bijvoorbeeld windturbines waarvan het invloedsgebied is gelegen over de leiding.

6 Modelling

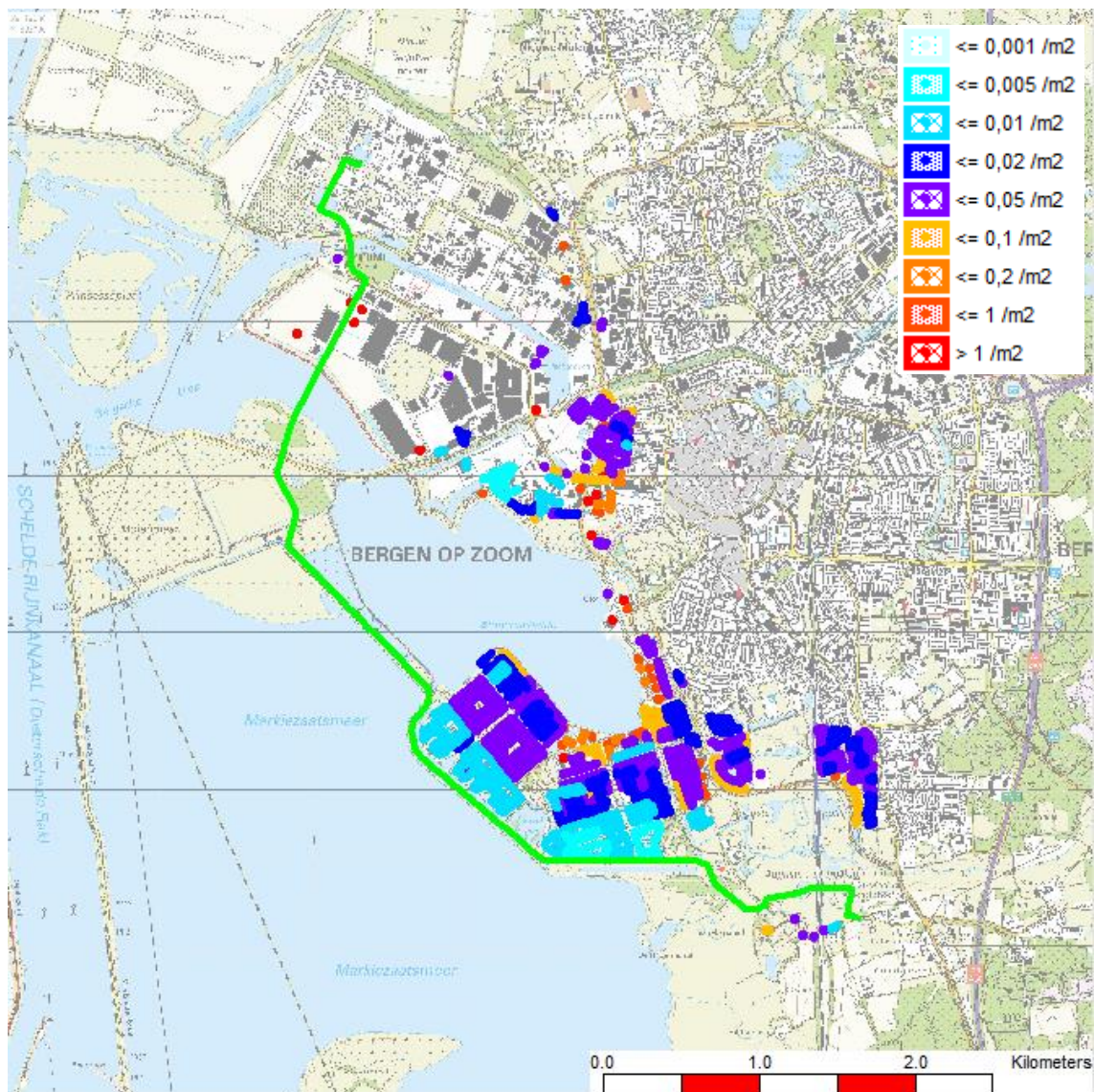
6.1 Omgevingsomstandigheden

6.1.1 Gebiedsfuncties en populaties

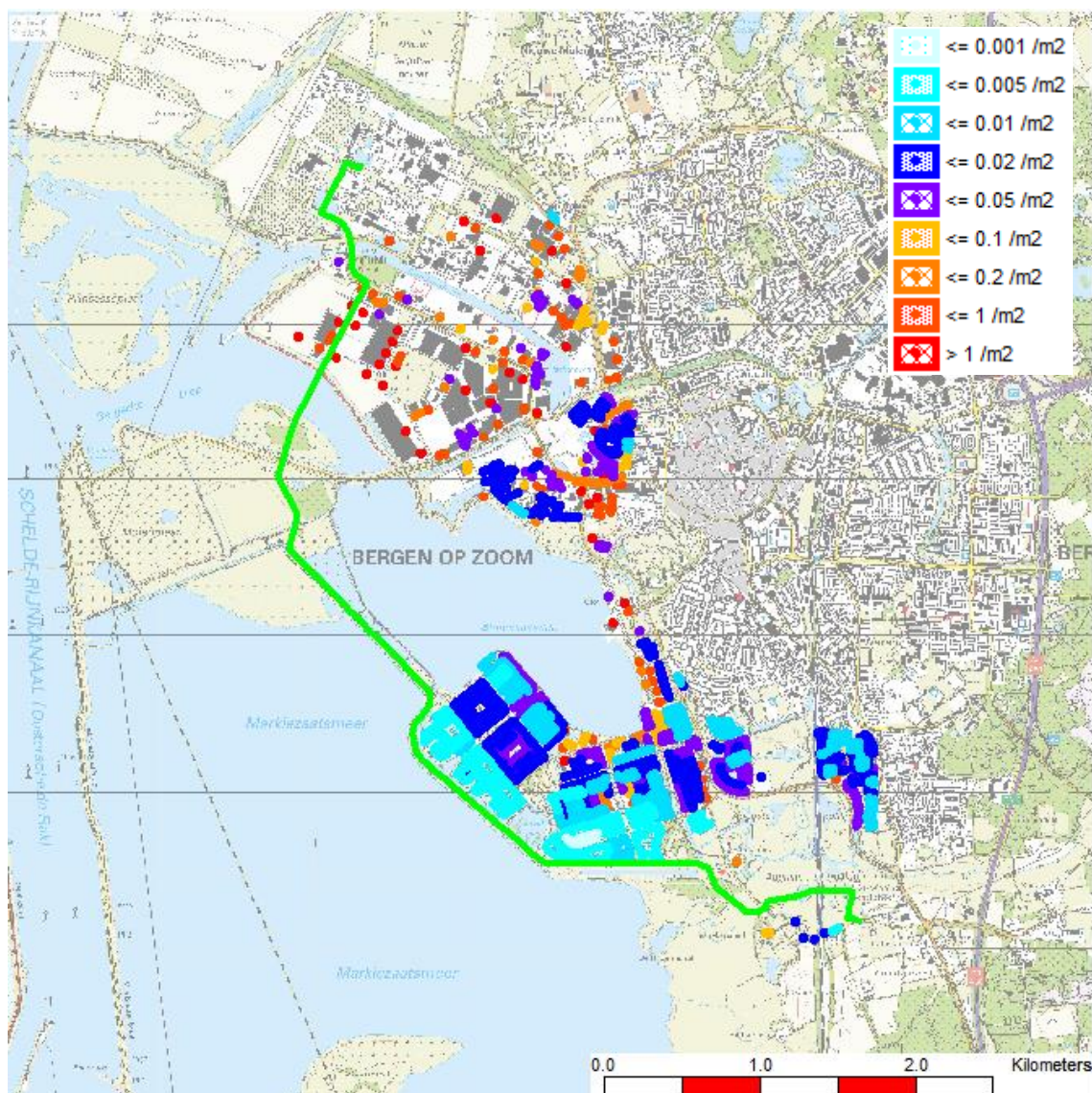
Het toepassingsgebied van het Bevb [Ref. 3] is de openbare ruimte. De Ø6" N2 leiding is gelegen tussen de aftakking van de hoofdtransportleiding nabij Woensdrecht tot aan het industriegebied ten noordwesten van Bergen op Zoom. De totale lengte van de aftakking leiding bedraagt circa. 8,4 km.

De leiding loopt hierbij door hoofdzakelijk dunbevolkt gebied en is buitenom de woonbestemming van Bergse Plaat gesitueerd. Lopen naar het noorden wordt het Zoommeer middels een HDD gekruist waarna de leiding uitkomt in het industriegebied.

De topografie vanuit het Kadaster [Ref. 8] is als ondergrond in het rekenmodel gebruikt. Hierbij zijn enkel de relevante delen van deze kaart gebruikt. Voor de populatiegegevens is gebruik gemaakt van de Populatie data in beheer van Relevant [Ref. 7]. In figuur 3 en figuur 4 is de gehanteerde populatie weergegeven zoals gemodelleerd in SAFETI-NL.



Figuur 3: Nacht populatie vanuit Populator [Ref. 8], zie arcering (bron kaart: Kadaster, [Ref. 8])



Figuur 4: Dag populatie vanuit Populator [Ref. 7], zie arcering (bron kaart: Kadaster, [Ref. 8])

6.1.2 Groepsrisico (GR)

De bepaling van het groepsrisico (GR) en het plaatsgebonden risico (PR) gebeurt aan de hand van het type populatie en de aantallen binnen het invloedgebied van de transportleiding. Een belangrijk onderdeel hierin zijn de aanwezigheidspercentages en of de personen zich binnen of buiten een gebouw bevinden.

In het populatiebestand van Relevant [Ref. 7] is een onderverdeling in de dag- en nacht-populatie gemaakt. Ook voor de aanwezigheidspercentages zijn de standaardwaarden voor de dag (44%) en nacht (56%) van het gehanteerde rekenprogramma SAFETI-NL [Ref. 4] aangehouden. De kansverdeling van de bevolking voor binnen of buiten een gebouw is conform [Ref. 1]:

- gedurende de dag binnen (93%) en buiten (7%) én;
- gedurende de nacht binnen (99%) en buiten (1%).

De kansverdeling binnen en buiten uit het populatiebestand is ongewijzigd gelaten.

6.1.3 Plaatsgebonden risico (PR)

Voor het bepalen van de plaatsgebonden risico's zijn de actuele topografische kaarten gekalibreerd aan het RD-stelsel in SAFETI-NL. Hierbij is eerst kwantitatief bepaald of objecten binnen de 10^{-6} PR risicocontouren vallen, waarna kwalitatief beoordeeld is of de objecten mogelijk knelpunten vormen.

6.1.4 Ruwheidslengte

Bij het onverhoopt vrijkomen van product is de mate van verspreiding onder andere afhankelijk van de ruwheidslengte, waarin de oneffenheden in het gebied zijn verdisconteerd. In de risicoberekeningen wordt, conform [Ref. 1], uitgegaan van 300 mm als standaard ruwheidslengte. Hiervan mag worden afgeweken en gebruik worden gemaakt van de ruwheidskaart van lenM. Hiervan is in de voorliggende rapportage geen gebruik van gemaakt.

6.1.5 Weerstation

Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van de weerros van het weerstation Woensdrecht. De parameters behorende bij deze weerrosen kunnen niet worden gewijzigd in het gehanteerde rekenprogramma SAFETI-NL [Ref. 4].

6.2 Stofeigenschappen

De programmatuur SAFETI-NL [Ref. 4] beschikt in haar stoffendatabase over de stof stikstof met daarbij alle, voor de berekening van belang zijnde fysische eigenschappen. De gebruiker kan hierin geen veranderingen aanbrengen.

6.3 Faalfrequentie transportleiding

Voor de gehanteerde faalfrequentie van deze leiding wordt verwezen naar Hoofdstuk 5. Eventuele additionele risico's als gevolg van aanwezige objecten rondom de leiding zijn conform in paragraaf 5.6 beschreven wijze in de berekening verwerkt.

6.4 Modellerings leidinglengte

Voor het scenario breuk is de leidinglengte aangehouden van de totale lengte van de aftakking inclusief de lengte van de 7006 hoofdtransportleiding tot aan de Nederland-Belgische grens. De gehanteerde leidinglengte is 20.170m.

6.5 Modellerings scenario's

Conform het Bevb zijn de volgende scenario's gemodelleerd. Een 'Vessel - Long Pipeline' model is gebruikt voor het breuk scenario. Voor het scenario lek is een 'Vessel – leak' model toegepast. Voor beide modellen is een verticale richting van uitstroom gehanteerd.

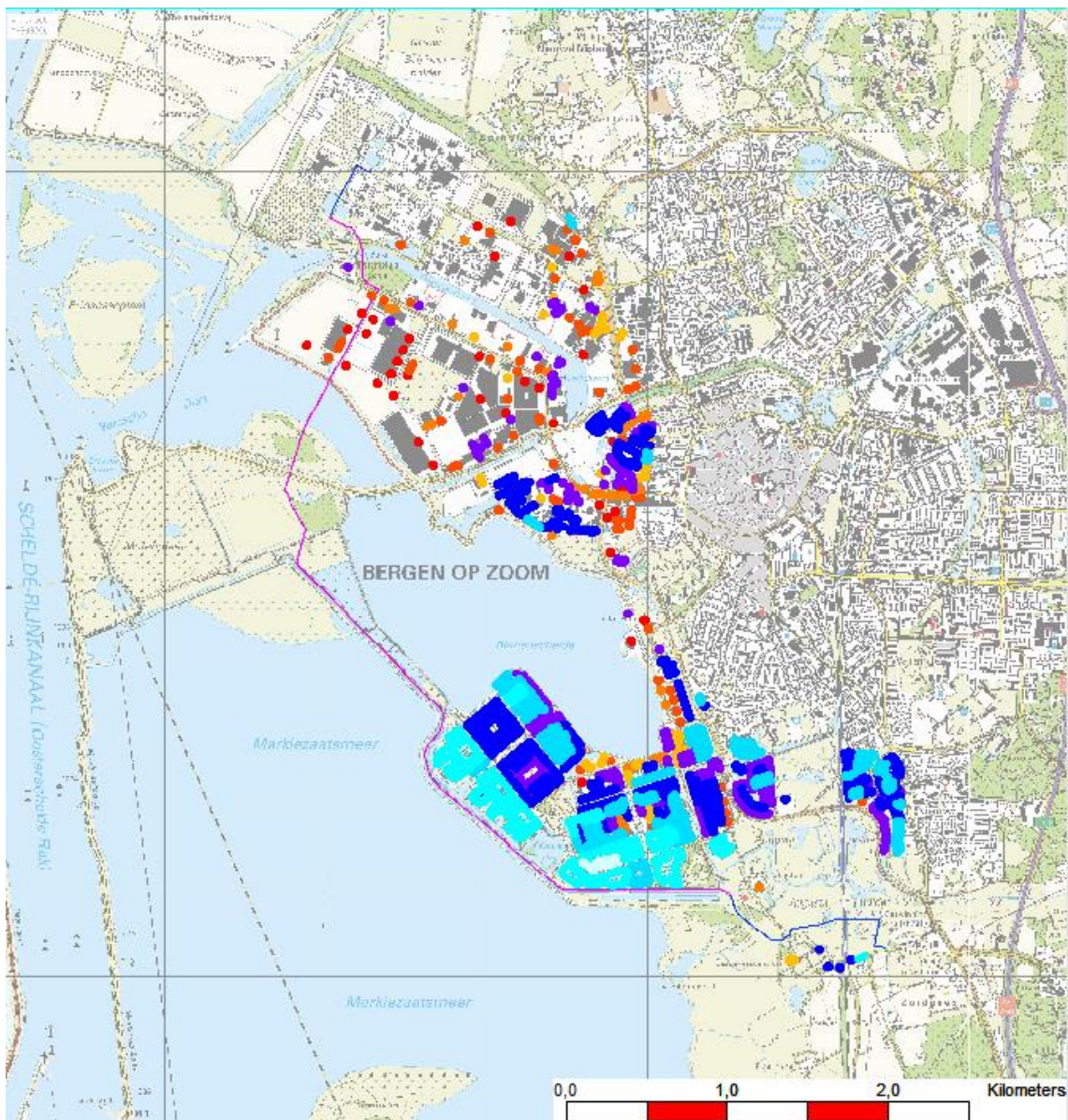
7 RESULTATEN

7.1 Algemeen

In paragraaf 3.2 zijn de toelaatbare grenswaarden voor het Plaatsgebonden en Groepsrisico beschreven. In de navolgende paragrafen worden de resultaten weergegeven van de beschouwde transportleiding.

7.2 Plaatsgebonden risico (PR)

Op basis van de aangegeven modellering treden er geen $PR 10^{-6}$, $PR 10^{-7}$ en $PR 10^{-8}$ risicocontouren op rondom de transportleiding 7015 inclusief verlegging. Zie ook resultaten van de berekeningen in Bijlage C.



Figuur 5: Geen PR-risicocontouren (Paars: leidingtracé)

Hieruit valt te concluderen dat het plaatsgebonden risico lager is dan $PR10^{-8}$, ofwel verwaarloosbaar, en er derhalve er geen PR knelpunten zijn met betrekking tot de gestelde eisen in het Bevb [Ref. 3].

7.3 Groepsrisico (GR)

Ter bepaling van de hoogte van het GR dient de maatgevende kilometer van de leiding beschouwd te worden. Vanuit de resultaten van de berekeningen is op te maken dat er zich geen Groepsrisico voordoet als gevolg van het transporteren van stikstof door zowel het nieuwe leidingdeel alsook de bestaande leidingdelen.

8 CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

Air Liquide heeft LieveenseCSO opdracht gegeven een kwantitatieve risicoanalyse (QRA) uit te voeren voor de voornemens zijnde omlegging van de bestaande Ø6" stikstof leiding gelegen tussen de aftakking van de 7006 N2 hoofdtransportleiding tot aan het industriegebied ten noordwesten van Bergen op Zoom conform de laatste versie van de Handleiding Bevb [Ref. 1]. Het deel wat verlegd wordt zal tevens uitgevoerd worden in Ø8" welke wordt aangesloten op de gehandhaafde Ø6" leidingdelen.

In de berekeningen is rekening gehouden met de genomen "Stand der Techniek" voorwaarden en de getroffen "mitigerende maatregelen".

De volgende conclusies kunnen op basis van de berekeningen getrokken worden:

- Er treden geen PR 10^{-6} , PR 10^{-7} en PR 10^{-8} risicocontouren op;
- Er treedt geen Groepsrisico op.

De omlegging van de leiding voldoet met inachtneming van de getroffen maatregelen aan de eisen van het Bevb [Ref. 3].

Bijlagen

- Bijlage A: Air Liquide: MSDS-Stikstof
- Bijlage B: Onderbouwing Stand der techniek en mitigerende maatregelen.
- Bijlage C: Digitaal: Safeti NL projectbestanden
- Bijlage D: Digitaal: Leidingbestand

Bijlage A:

Air Liquide: MSDS-Stikstof

Bijlage B:

Onderbouwing Stand der techniek en mitigerende maatregelen.

Bijlage C:

Digitaal: Safeti NL projectbestanden

Bijlage D:

Digitaal: Leidingbestand