



Transportleidingen Air Liquide van en naar compressorstation Moerdijk

Kwantitatieve risicoanalyse (QRA)

Opdrachtgever: Air Liquide Benelux Industries

Lievens Infra B.V.

Telefoon
+31 (0)88 910 20 00

Documentnummer
ALHM-R-1-2 / SMP00973

Adres
Tramsingel 2
4814 AB Breda

Datum
24 januari 2020

Versie
2

Colofon

Rapporthistorie

0	29-08-2019	Eerste uitgave
1	17-09-2019	Nieuwe windturbines in de QRA berekeningen toegevoegd
1.1	18-09-2019	Tekstuele wijzigingen aangebracht
1.2	20-09-2019	Correctie additionele faalfrequentie t.g.v. de nieuwe windturbines
1.3	20-09-2019	Tweede correctie additionele faalfrequentie t.g.v. de nieuwe windturbines
1.4	23-09-2019	Tekstuele wijzigingen aangebracht
2	23-01-2020	Aanpassing proces- en materiaalgegevens leidingen

Verantwoording

Plaatsgebonden risico en groepsrisico volgens het BEVB

Contactgegevens

ir. S.S. Dharampal

088 910 23 15

SDharampal@Lieveense.com

Autorisatie

Documentnummer	Versie	Status
ALHM-R-1-2 / SMP00973	2	Definitief

Opgesteld door	Functie	Datum	Paraaf
ir. S.S. Dharampal	Projectingenieur Pijpleidingen	24-01-2020	
Geverifieerd door	Functie	Datum	Paraaf
ir. R.R. van der Meer	Vakgroepmanager	24-01-2020	
Akkoord projectleider	Functie	Datum	Paraaf
ir. R.R. van der Meer	Vakgroepmanager	24-01-2020	

Inhoudsopgave

1	Algemeen	6
1.1	Inleiding	6
1.2	Opdracht	8
1.3	Aanleiding	9
1.4	Kwantitatieve risicoanalyse (QRA)	10
2	Kwantitatieve risicoanalyse	11
2.1	Algemeen	11
2.2	Externe veiligheid	11
2.3	Toegepaste software	11
3	Richtlijn externe veiligheid	12
3.1	Begrippen	12
3.2	Grenswaarden aanvaardbare risico's	12
4	Projectgegevens	14
4.1	Algemeen	14
4.2	Leiding- en procesgegevens	14
4.2.1	TP01 leiding – Ingaande Hydrogen feed	14
4.2.2	TP02 leiding – Uitgaande compressed Hydrogen feed	15
4.2.3	TP03 leiding – Stikstof	16
4.3	Risico verhogende objecten: windturbines	17
4.3.1	Algemeen	17
4.3.2	Gegevens bestaande windturbine	17
4.3.3	Gegevens nieuwe windturbines	19
4.4	Risico verhogende objecten: hoogspanningsmasten	20
5	Modellering	21
5.1	Parameters specifiek voor een QRA in Nederland	21
5.2	Gebiedsfuncties en populaties	21
5.3	Groepsrisico (GR)	21
5.4	Plaatsgebonden risico (PR)	22
5.5	Stofeigenschappen	22
5.6	Ruwheidslengte	24
5.7	Weerstation	24
5.8	Risico verhogende ontstekingsbronnen	24
5.9	Risico verhogende objecten: windturbines	24
5.9.1	Invloedsgebied windturbines	25
5.9.2	Leidingsegmenten in het invloedsgebied	25
5.9.3	Rekenmethode additioneel risico windturbines	26
5.9.4	Additionele faalfrequentie	32
5.10	Faalfrequentie transportleidingen	32

6	Toegepaste faalfrequentie	33
6.1	Algemeen	33
6.2	Gebeurtenissenboom vrijkomend product	34
6.3	Faalfrequenties	34
6.3.1	Opbouw van de faalfrequenties	34
6.3.2	Basis Faalfrequenties	34
6.3.3	Faalfrequenties 'Stand der Techniek' voorwaarden	35
6.3.4	Overige getroffen algemene risico mitigerende maatregelen	37
6.3.5	Correctiefactoren diepteligging	37
6.3.6	Risico verhogende objecten	37
6.3.7	Gehanteerde faalfrequentie	38
7	Resultaten	39
7.1	Algemeen	39
7.2	Plaatsgebonden risico (PR)	39
7.3	Groepsrisico (GR)	40
7.3.1	Algemeen	40
7.3.2	Air Liquide leidingen	40
7.3.3	Conclusie Groepsrisico	40
8	Conclusies en aanbevelingen	42

Referenties

- [Ref. 1] Handleiding Risicoberekeningen Bevb, RIVM, versie 2.0, 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 (inclusief Patch 1 t/m 3), juni 2015
- [Ref. 5] QRA-selectiemethodiek "toxisch en/of ontvlambaar", RIVM, 24 mei 2016
- [Ref. 6] Handboek Risicozonering Windturbines, Agentschap NL – Ministerie van Economische Zaken, herziene versie 3.1, september 2014
- [Ref. 7] Bevolkingsdata van Populator, Relevant, ~ januari 2020
- [Ref. 8] Top25raster, Kadaster, ~juli 2019

Afkortingen

AF	Andere Faaloorzaken
AMvB	Algemene Maatregel van Bestuur
BEVB	Besluit Externe Veiligheid Buisleidingen
BEVI	Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen
BRZO	Besluit Risico's Zware Ongevallen 1999
CAROLA	Computer Applicatie voor Risicoberekeningen aan Ondergrondse Leidingen met Aardgas
CAS	Chemical Abstracts Service
CEV	Centrum Externe Veiligheid
CF	Clusterfactor
CLP	Classification, Labelling & Packaging
DN	Diameter Nominal
DNV	Det Norske Veritas
GR	Groepsrisico
ILT	Inspectie Leefomgeving en Transport (onderdeel van MIM)
KLIC	Kabels- en Leidingen Informatie Centrum
LC ₅₀	Lethal Concentration for 50 % of subjects (animals, typically mice or rats)
LOC	Loss Of Containment
LVR	Leidingenverordening Rotterdam 2005
MIM	Ministerie van Infrastructuur & Milieu
MSDS	Material Safety Data Sheet
NNI	Nederlands Normalisatie-instituut
ORW	Oriëntatiewaarde (oriënterende waarde)
PR	Plaatsgebonden Risico
QRA	Quantitative Risk Assessment (kwantitatieve risicoanalyse)
RD	Rijksdriehoeksnet
REVB	Regeling externe veiligheid buisleidingen
REVI	Regeling externe veiligheid inrichtingen
RION	Regeling informatie-uitwisseling ondergrondse netten
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
RRZO	Regeling risico's zware ongevallen 1999
RRGS	Register Risicosituaties Gevaarlijke Stoffen
SAFETI	Software for the Assessment of Flammable, Explosive and Toxic Impact
TPI	Third Party Interference
UDS	User Defined Source
WION	Wet informatie-uitwisseling ondergrondse netten
Wm	Wet milieubeheer
Wro	Wet ruimtelijke ordening
WT	Windturbine

1 Algemeen

1.1 Inleiding

Air Liquide Benelux Industries (Air Liquide) is voornemens in het Haven- en Industriegebied van Moerdijk een nieuwe waterstofcompressor te realiseren in haar bestaande leidingnetwerk.

Dit nieuwe compressorstation bevindt zich op enkele tientallen meters van het bestaande leidingnetwerk van Air Liquide, tussen dit compressorstation en het leidingnetwerk dienen derhalve nieuwe aansluitleidingen gerealiseerd te worden. Tussen dit nieuwe compressorstation en het bestaande leidingnet dienen 3 nieuwe leidingen te worden aangelegd, zie figuur 1, figuur 2 en figuur 3.

Het transporteren van risicovol geachte producten brengt risico's met zich mee voor de omgeving. Buisleidingexploitanten zijn verplicht in het kader van externe veiligheid deze risico's te inventariseren en te evalueren conform de 'Handleiding Risicoberekeningen Bevb' [ref. 1]. De leidingen dienen hierbij te voldoen aan de eisen van het 'Besluit Externe Veiligheid Buisleidingen (BEVB)' [ref. 3]. De toetsing van deze risico's wordt middels een kwantitatieve risicoanalyse (QRA) uitgevoerd. De bevindingen zijn in dit QRA-rapport geresumeerd.

Ten behoeve van de vergunningsverlening, was hiervoor een QRA-rapport opgesteld, onze referentie ALHM-R-1-1.4_SMP00973. Bij bestelling van de leidingmaterialen voor deze leidingen bleken de voorziene materialen niet tijdig beschikbaar en is overgegaan op ander geschikt leidingmateriaal. Deze verandering in leidingmateriaal heeft tot gevolg dat de QRA aangepast moet worden om ook bij dit leidingmateriaal aan te kunnen tonen dat de Externe Veiligheid geborgd blijft.

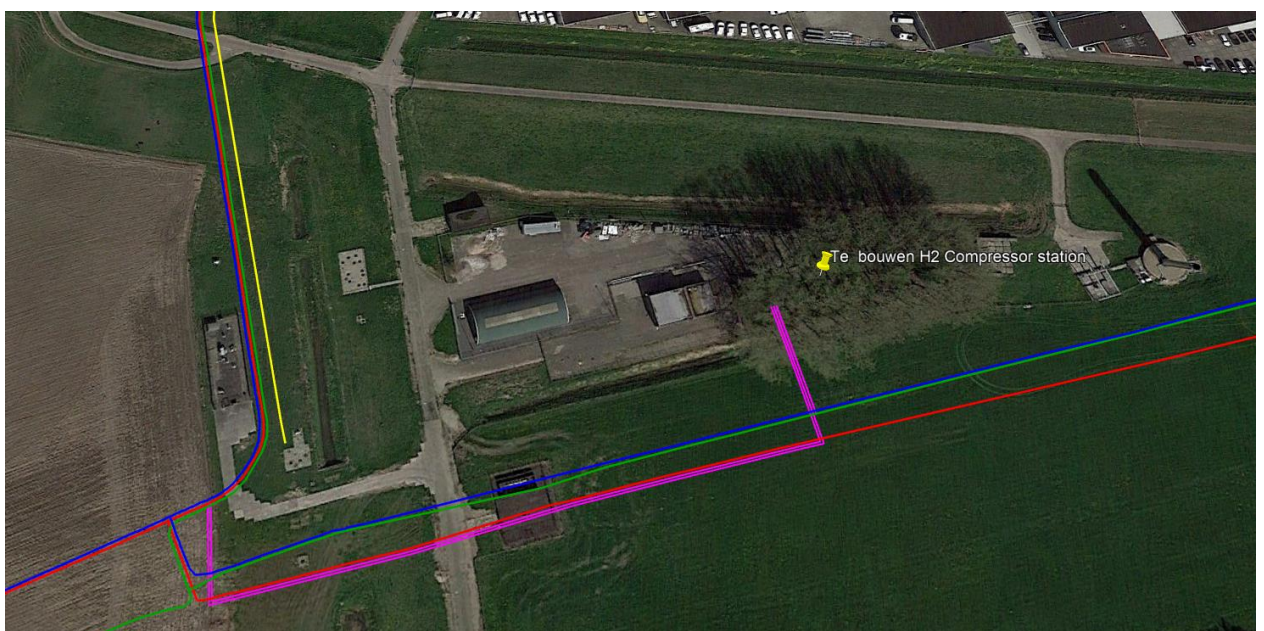
In deze versie van het QRA rapport is de aanpassing van het leidingmateriaal verwerkt. De volgende wijzigingen ten opzichte van de voorgaande revisie zijn tevens toegepast:

1. Wijziging leidingmateriaal (toepassing van andere wanddikte);
2. Meer gedetailleerde informatie van de nabije nieuwe windturbines;
3. Aanpassing stand der techniek factoren: inwendige corrosie en natuurlijke oorzaken.

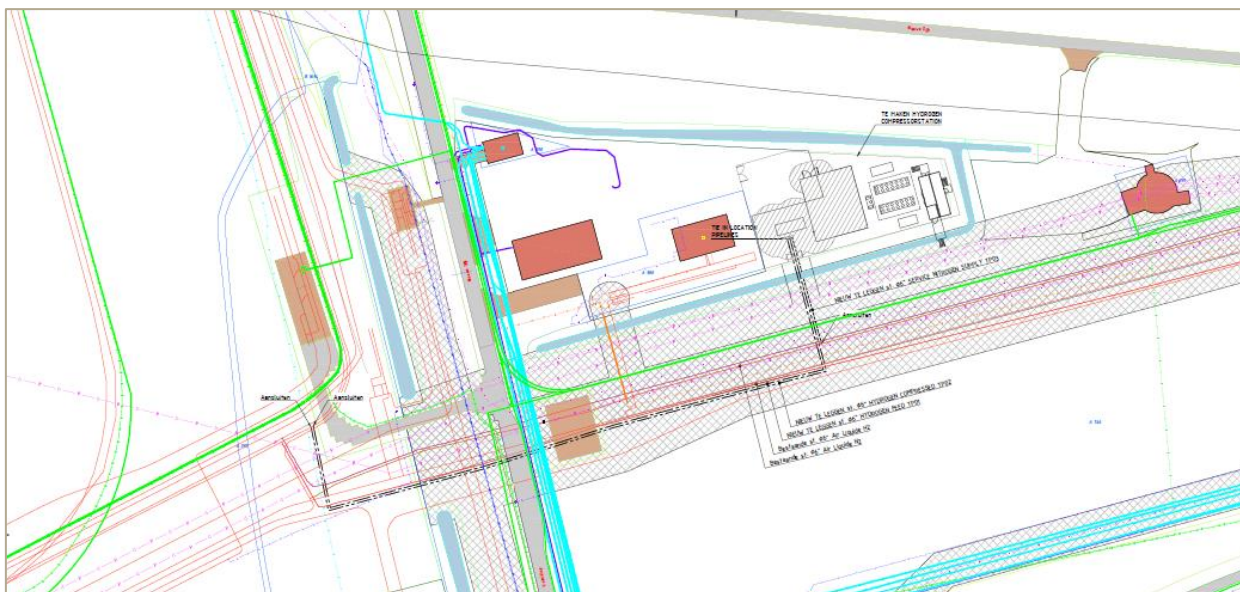


Figuur 1: Locatie compressorstation en leidingnetwerk Air Liquide

Het vorige figuur laat het huidige leidingnetwerk van Air Liquide zien rondom het Haven- en Industriegebied van Moerdijk. In figuur 2 en figuur 3 is de locatie rondom het te bouwen waterstof compressorstation meer in detail weergegeven.



Figuur 2: Nieuwe aansluitingen (3 leidingen, roze gemarkeerd) tussen het te bouwen compressorstation en het bestaande leidingnetwerk van Air Liquide



Figuur 3: Als boven, waarbij overige ondergrondse infrastructuur (transportleidingen van derden) is aangegeven

In figuur 1, figuur 2 en figuur 3 is te zien, dat het compressorstation gelokaliseerd is nabij het 'kruispunt' van diverse ondergrondse transportleidingen, die gelegen zijn in de Leidingenstraat van LSNed en de leidingenstrook naar het Haven- en Industriegebied van Moerdijk.

Door deze 3 nieuwe aansluitleidingen zullen waterstof en stikstof worden getransporteerd:

- Leiding TP01 – Ingaande Hydrogen feed (waterstof);
- Leiding TP02 – Uitgaande Compressed Hydrogen feed (waterstof);
- Leiding TP03 – Stikstof aansluiting.

De QRA berekeningen worden uitgevoerd met het door de overheid voorgeschreven softwarepakket SAFETI-NL. Gevoeligheidsberekeningen, welke genoemd worden in de 'Handleiding Risicoberekeningen Bevb' [ref. 1], laten overigens zien dat de effectafstanden bij stikstof verwaarloosbaar zijn (= 0 m), om die reden wordt de stikstofleiding (een inerte stof, die verstikkend is) niet meegenomen in de QRA. Deze conclusie komt overeen met eerdere door Lieveense uitgevoerde QRA berekeningen van Air Liquide stikstofleidingen.

Waterstof is zeer licht ontvlambaar. Hoewel bij vrijkomen van waterstof het product vrijwel direct verticaal uit zal gaan stromen, omdat waterstof veel lichter is dan lucht, worden bij waterstof wel effectafstanden berekend.

1.2 Opdracht

In opdracht van Air Liquide voert Lieveense een kwantitatieve risicoanalyse (QRA) uit volgens het BEVB voor de nieuw te leggen transportleidingen betreffende het openbare gedeelte van de leidingtracés. De QRA is uitgevoerd op basis van de 'Handleiding risicoberekeningen Bevb' Versie 2.0 [ref. 1].

N.B. Het te realiseren waterstof compressorstation dient op externe veiligheid beschouwd te worden op basis van het Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen (BEVI). Deze analyse is uitgevoerd in een afzonderlijke toetsing. Dit betreft de externe veiligheid van de nieuwe aansluitleidingen in het openbare gebied, op basis van het Besluit Externe Veiligheid Buisleidingen (BEVB).

De volgende contactgegevens zijn relevant:

Opdrachtgever:

Air Liquide Benelux Industries - Large Industries
44 Avenue du Bourget, 1130 Brussels, Belgium
Dhr. F. Coppens
Tel.: +32 475 95 30 41

Opdrachtnemer:

Lievense Infra B.V.
Tramsingel 2
4814 AB Breda, Nederland
Dhr. R.R. van der Meer
Tel.: +31 (0)88 91 020 00

1.3 Aanleiding

Air Liquide heeft Lievense Infra B.V. om advies gevraagd ten aanzien van het Externe Veiligheid risico ten gevolge van de aansluitleidingen in relatie tot de omgeving van het waterstof compressorstation in Moerdijk.

In het Besluit externe veiligheid buisleidingen zijn de milieukwaliteitseisen externe veiligheid voor het vervoer van gevaarlijke stoffen door buisleidingen beschreven.

Bij het vrijkomen van bepaalde gevaarlijke stoffen uit buisleidingen bestaat de kans dat zich een explosie voordoet, dat vergiftiging van mensen of dieren in de omgeving plaatsvindt of dat het milieu op andere wijze wordt verontreinigd. Buisleidingen voor het transport van gevaarlijke stoffen vormen een risico voor de externe veiligheid.

Buisleidingen die in de grond liggen zijn vaak zodanig aangelegd dat bovengronds rekening moet worden gehouden met risicoafstanden tussen bebouwing en buisleiding. Het risico van buisleidingen hangt bijvoorbeeld samen met de stof die door de leiding gaat, de wanddikte van de leiding en de diepteligging van de leiding. De risicoafstanden rond buisleidingen houden een planologisch relevante beperking in, omdat binnen die afstand in principe niet gebouwd mag worden.

De laatste stand van zaken en inzichten op het gebied van externe veiligheid zijn onder het beheer van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM-CEV), vallende onder het Ministerie van Infrastructuur en Milieu (MIM).

In de 'Handleiding risicoberekeningen Bevb' [ref. 1] zijn richtlijnen beschreven met betrekking tot de 'risicogevaarlijke buisleidingen'. Verder worden er inzichten beschreven en toegelicht welke de leidingexploitant de mogelijkheid biedt om de 'Stand der Techniek' eigenschappen van de leiding en mitigerende maatregelen mee te nemen in de risico inventarisatie.

Voor het ruimtelijk inpassen van buisleidingen met externe veiligheidsaspecten of het toetsen van ruimtelijke ontwikkelingen nabij deze buisleidingen, bevat het besluit BEVB en de regeling REVB het wettelijk toetsingskader. Deze zijn gebaseerd op het externe veiligheidsbeleid voor buisleidingen en zijn vastgesteld door de overheid. De AMvB voor buisleidingen heeft zijn grondslag in de wet- en regelgeving.

De wet- en regelgeving is van toepassing voor de exploitant en overheden (bijvoorbeeld gemeenten) over het opnemen van buisleidingen in bestemmingsplannen en regels voor het melden van ongewone voorvallen. De afweging van de externe veiligheidssituatie van buisleidingen en inrichtingen heeft op deze manier een grondslag in de Wet milieubeheer (Wm) en in de Wet ruimtelijke ordening (Wro).

1.4 Kwantitatieve risicoanalyse (QRA)

Teneinde te bepalen of het leidingwerk buiten de inrichting (het compressor station) voldoet aan de externe veiligheidseisen, vastgelegd in de wet- en regelgeving, dient de exploitant, 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 de omgeving van de transportleiding. Voor het uitvoeren van QRA berekeningen is door de overheid in artikel 1 van de REVB een tweetal softwarepakketten voorgeschreven. Dit betreft voor aardgas het rekenpakket CAROLA en respectievelijk voor aardolieproducten het rekenpakket SAFETI-NL [ref. 4]. De beheerder van deze pakketten is RIVM-CEV. Deze zijn eveneens gevalideerd door RIVM-CEV. Lievense is een geregistreerd licentiehouders van deze rekenpakketten.

Bij de uitvoering van de QRA is er gerekend met het voorgeschreven en ontwikkelde rekenpakket, Software for the Assessment of Flammable, Explosive and Toxic Impact (SAFETI-NL). Dit rekenprogramma is alleen voor Nederland van toepassing, hetwelk is gebaseerd op het rekenpakket Phast van Det Norske Veritas (DNV) in Londen. De QRA berekening van het buisleidingsysteem zijn in de navolgende hoofdstukken nader beschouwd.

2 Kwantitatieve risicoanalyse

2.1 Algemeen

Teneinde te bepalen of leidingen voldoen aan de externe veiligheidseisen, vastgesteld in het BEVB [ref. 3], 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]. Beheerder van het programma SAFETI-NL is RIVM.

Programma versie: 6.543 (versie 2009 inclusief Patch 1 t/m 3)

3 Richtlijn 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 deze paragraaf worden de grens- en richtwaarden waaraan de beschouwde leiding dient te voldoen van beide begrippen beschreven en toegelicht.

3.2 Grenswaarden aanvaardbare risico's

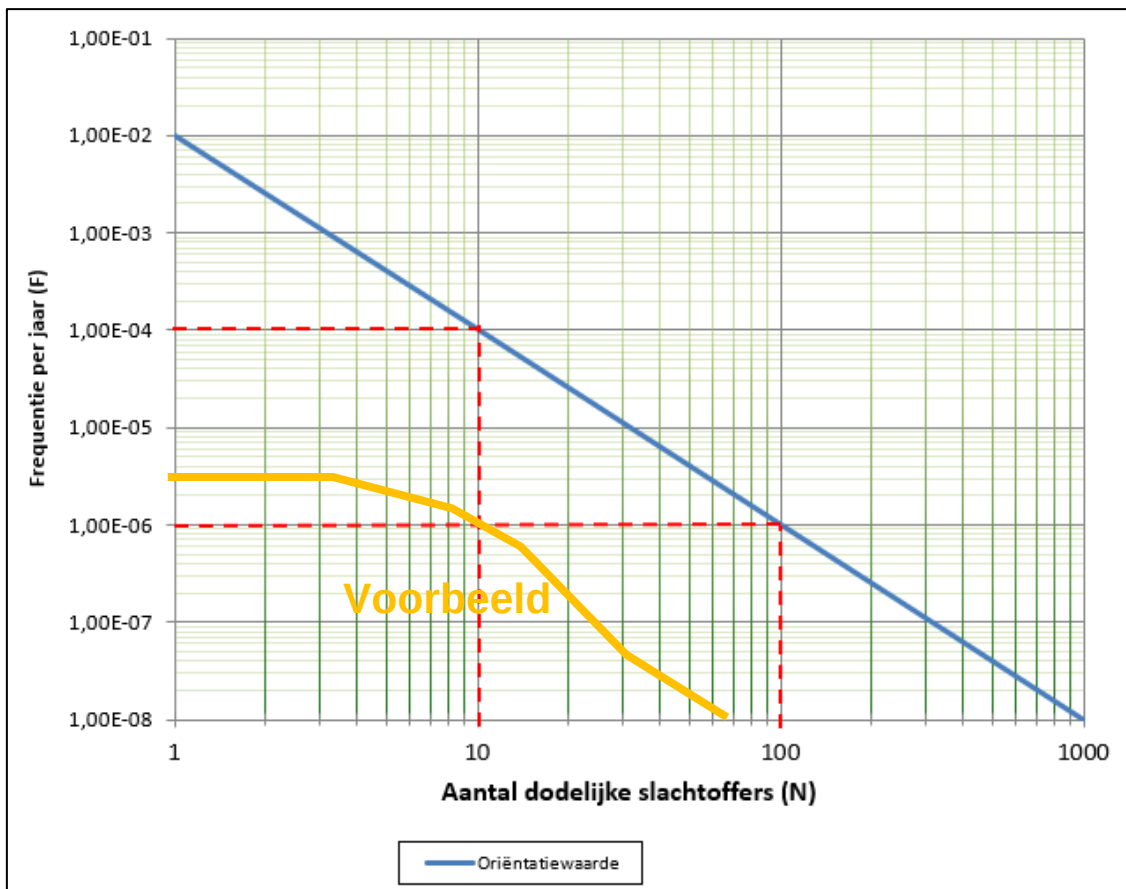
Het vaststellen van de aanvaardbaarheid van risico's is onderhevig aan het afwegen van verschillende belangen. De grenswaarde voor het plaatsgebonden risico is door de overheid in het BEVB [ref. 3] vastgesteld op 1×10^{-6} per jaar voor kwetsbare objecten, welke begrensd wordt door de zakelijk rechtzone van 5 m aan weerszijden van een buisleiding. Dit houdt in dat binnen deze iso-risicocontour (PR 10^{-6}) geen 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 4 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.

In dit voorbeeld is de in het BEVB aangeduide oriëntatiewaarde (ORW) aangeduid door een dikke blauwe lijn. Het door de programma's berekende groepsrisico is in het figuur aangeduid met een oranje lijn. Zolang de oranje lijn in de resultaatsgrafieken van de rekenprogramma's zich onder de blauwe lijn (ORW) bevindt, is het berekende groepsrisico lager dan de door het BEVB aangeduide oriëntatiewaarde van het groepsrisico.



Figuur 4: Oriënterende waarde F-N diagram (groepsrisico) conform het BEVB (Bron: RIVM)

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.

4 Projectgegevens

4.1 Algemeen

In dit hoofdstuk worden de proces- en leidinggegevens weergegeven, die benodigd zijn voor het uitvoeren van een risicoberekening en bijbehorende analyse. Tevens worden de gegevens van de nabijgelegen windturbine Klundert opgenomen (welke bij falen als domino-effect invloed kan hebben op het risico).

4.2 Leiding- en procesgegevens

4.2.1 TP01 leiding – Ingaande Hydrogen feed

De leiding- en procesgegevens van de TP01 leiding zien er als volgt uit:

Leidinggegevens	Eenheid	TP01 leiding
Jaar ingebruikname	[-]	n.t.b. (2020)
Leidingmateriaal	[-]	Staal
Materiaalkwaliteit bovengronds / ondergronds	[-]	ASTM A333 grade 6 / NEN-EN-ISO 3183 L360
Elasticiteitsmodulus	[GPa]	213
SMYS (= gegarandeerde minimale rekgrens) bovengronds / ondergronds	[N/mm ²]	240 / 359,9
Uitwendige diameter	[mm]	168,3
	[inch]	6
Nominale wanddikte rechte bovengronds / ondergronds	[mm]	14,27 / 7,92
Lengte	[m]	±200
Diepteligging (lees: gronddekking)	[m]	0 tot 3,6
Procesgegevens		
CAS-nummer	[-]	1333-74-0
Medium	[-]	Hydrogen feed
Fase medium	[-]	Gas onder druk
Maximale bedrijfsdruk	[barg]	33
Bedrijfstemperatuur	[°C]	-20 tot 50
Bedrijfsfrequentie (benuttingsgraad)	[%]	100
Sluittijd afsluiters (conform Bevb)	[sec]	1800
Maximale stroomsnelheid in de leiding op basis van de bedrijfsdruk en diameter (behorende bij een maximale bedrijfsdruk van 33 barg en ontwerptemperatuur 50 graden Celsius)	[m/s]	37
	[kg/s]	14
Luchtinmenging (behorende bij een maximale bedrijfsdruk van 33 barg)	[kg/s]	344

Tabel 1: Overzicht leiding- en procesgegevens TP01 leiding

4.2.2 TP02 leiding – Uitgaande compressed Hydrogen feed

De leiding- en procesgegevens van de TP02 leiding zien er als volgt uit:

Leidinggegevens	Eenheid	TP02 leiding
Jaar ingebruikname	[-]	n.t.b. (2020)
Leidingmateriaal	[-]	Staal
Materiaalkwaliteit bovengronds / ondergronds	[-]	ASTM A333 grade 6 / NEN-EN-ISO 3183 L360
Elasticiteitsmodulus	[GPa]	213
SMYS (= gegarandeerde minimale rekgrens) bovengronds / ondergronds	[N/mm ²]	240 / 359,9
Uitwendige diameter	[mm]	168,3
	[inch]	6
Nominale wanddikte rechte bovengronds / ondergronds	[mm]	14,27 / 7,92
Lengte	[m]	±200
Diepteligging (lees: gronddekking)	[m]	0 tot 3,6
Procesgegevens		
CAS-nummer	[-]	1333-74-0
Medium	[-]	Hydrogen feed
Fase medium	[-]	Gas onder druk
Maximale bedrijfsdruk	[barg]	80
Bedrijfstemperatuur	[°C]	-20 tot 50
Sluittijd afsluiters (conform Bevb)	[sec]	1800
Maximale stroomsnelheid in de leiding op basis van de bedrijfsdruk en diameter (behorende bij een maximale bedrijfsdruk van 80 barg en ontwerptemperatuur 50 graden Celsius)	[m/s]	54
	[kg/s]	50
Luchtinmenging (behorende bij een maximale bedrijfsdruk van 80 barg)	[kg/s]	616
Bedrijfsfrequentie (benuttingsgraad)	[%]	100

Tabel 2: Overzicht leiding- en procesgegevens TP02 leiding

4.2.3 TP03 leiding – Stikstof

De leiding- en procesgegevens van de TP03 leiding zien er als volgt uit:

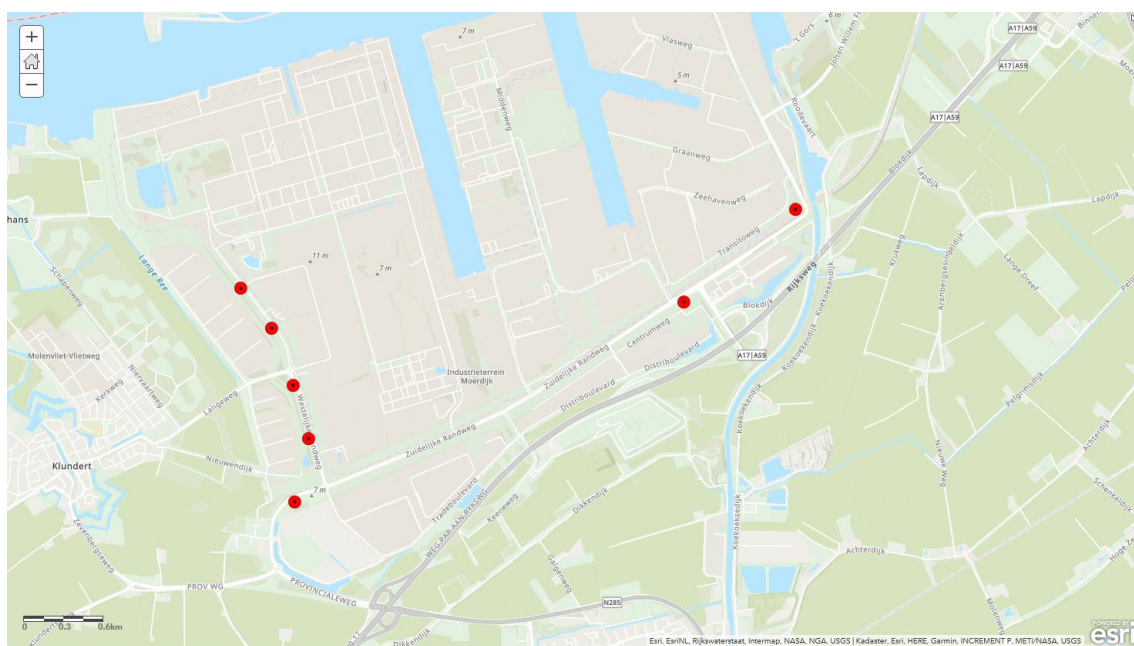
Leidinggegevens	Eenheid	TP03 leiding
Jaar ingebruikname	[-]	n.t.b. (2020)
Leidingmateriaal	[-]	Staal
Materiaalkwaliteit	[-]	NEN-EN-ISO 3183 L360
Elasticiteitsmodulus	[GPa]	213
SMYS (= gegarandeerde minimale rekgrens)	[N/mm ²]	359,9
Uitwendige diameter	[mm]	114,3
	[inch]	4
Nominale wanddikte	[mm]	7,1
Lengte	[m]	±30
Diepteligging (lees: gronddekking)	[m]	0 tot 3,1
Procesgegevens		
CAS-nummer	[-]	-1
Medium	[-]	Nitrogen (asphyxiating)
Fase medium	[-]	Gas onder druk
Maximale bedrijfsdruk	[barg]	64
Bedrijfstemperatuur	[°C]	-20 tot 50
Bedrijfsfrequentie (benuttingsgraad)	[%]	100
Sluittijd afslutiers (conform Bevb)	[sec]	1800

Tabel 3: Overzicht leiding- en procesgegevens TP03 leiding

4.3 Risico verhogende objecten: windturbines

4.3.1 Algemeen

Voor het bepalen van het additionele risico van bestaande windturbines worden de databasegegevens van 'Kaart met windparken' aangehouden. Daarnaast zijn de gegevens van nieuw vergunde windturbines (7 stuks) op het industrieterrein van Moerdijk ('Haven- en Industriegebied van Moerdijk') toegevoegd in de QRA berekeningen, zie figuur 5. Deze nieuwe windturbines zullen in 2020 operationeel zijn en zullen een totaal vermogen van 25 MW opleveren. Deze windturbines kunnen daarmee conform het BEVB gekarakteriseerd worden als potentieel risico verhogende objecten.



Figuur 5: Vergunde windturbines (met een rood gekleurde plaatsmarkering aangegeven, bron: <https://windparkindustrieterreinmoerdijk.nl/>)

4.3.2 Gegevens bestaande windturbine

In de nabijheid van de te realiseren leidingen is op enige afstand een bestaande windturbine (zie figuur 6) aanwezig, welke binnen de effectzone van de leidingen valt in geval van bladafworp bij nominaal toeren.

In tabel 4 en tabel 5 zijn de gegevens van deze bestaande windturbine weergegeven.

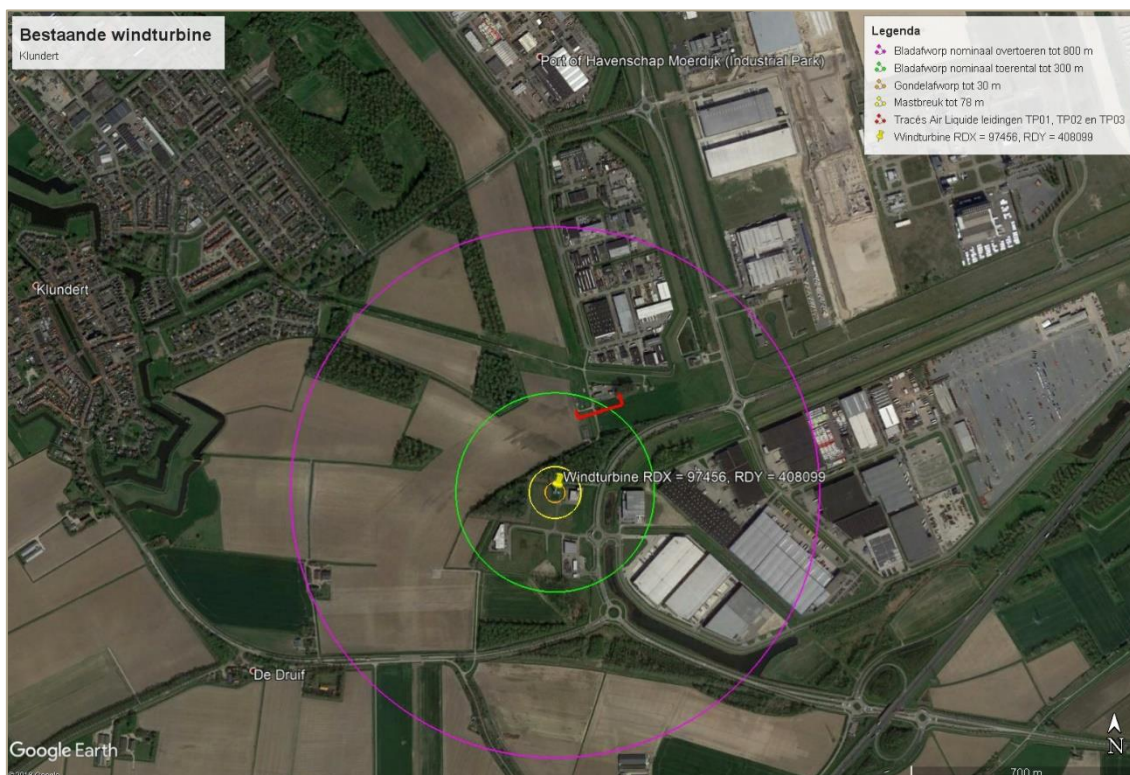
Windturbine uit figuur 6	RD-X [m]	RD-Y [m]
WT - bestaand	97456	408099

Tabel 4: RD-coördinaten bestaande windturbine

	Windturbine WT bestaand	Eenheid
Windturbine type	Onbekend	[-]
Ashoogte	60	[m]
Rotordiameter	48	[m]
Toeren per minuut (aangehouden)	16,1	[rpm]
Aantal rotorbladen (aangehouden)	3	[-]
Gewicht alle rotorbladen (aangehouden)	41	[ton]
Gewicht Gondel (aangehouden)	70	[ton]
Gewicht Mast (aangehouden)	285	[ton]
Zwaartepunt blad t.o.v. het rotorcentrum	8 (= circa rotorbladlengte / 3)	[m]
Maximale werpafstand bij nominaal toerental (aangehouden worst-case windturbine NL)	300	[m]
Maximale werpafstand bij overtoeren (aangehouden worst-case windturbine NL)	800	[m]

Tabel 5: Gegevens bestaande windturbine rondom de leidingtracés

De bestaande windturbine is in figuur 6 weergegeven.



Figuur 6: Bestaande windturbine (met een plaatsmarkering aangegeven met de daarbij behorende effectafstanden per faalmechanisme) ter plaatse van de leidingen

4.3.3 Gegevens nieuwe windturbines

In de nabijheid van de te realiseren leidingen worden op enige afstand twee windturbines (WT-04 en WT-05) van het nieuwe 'Windpark Industrierrein Moerdijk' gerealiseerd, welke in geval bij bladafworp bij nominaal toeren binnen de effectzone van de leidingen vallen.

In tabel 6 en tabel 7 zijn de gegevens van de (in totaal) 7 windturbines weergegeven (waarvan windturbines WT-04 en WT-05 binnen de effectzone van de leidingen valt) .

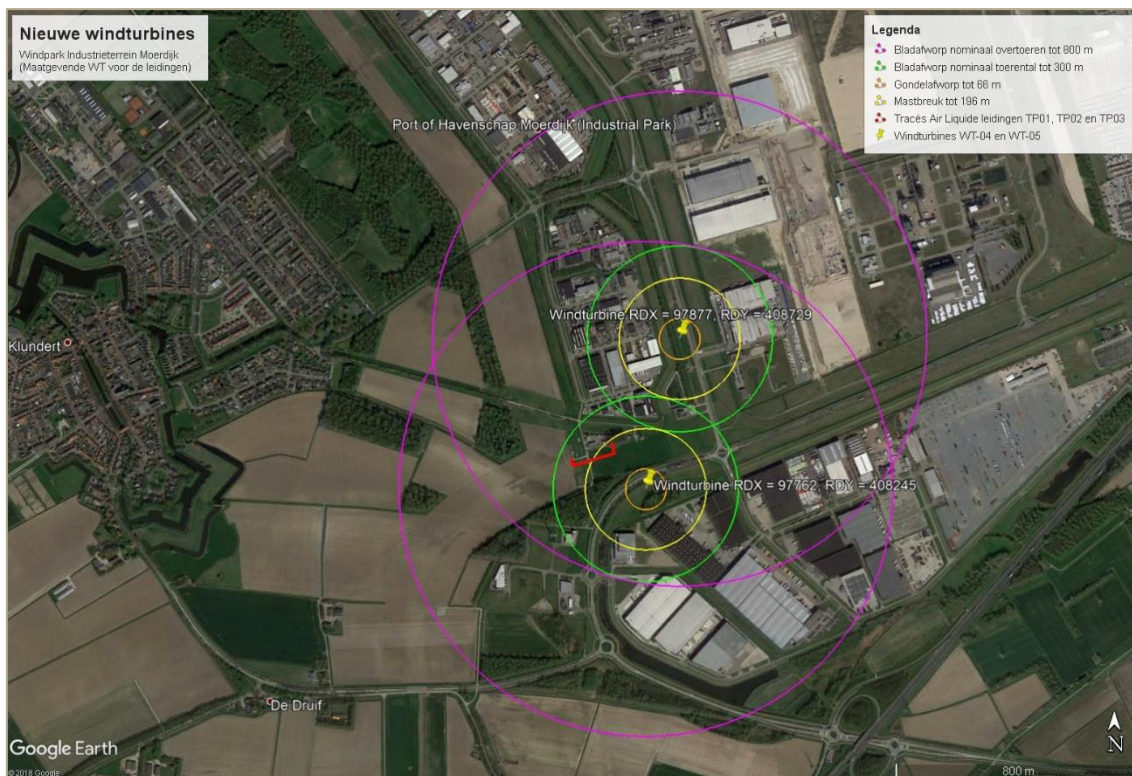
Windturbine	RD-X [m]	RD-Y [m]
WT-01 nieuw	97367,11	409887,55
WT-02 nieuw	97599,75	409576,96
WT-03 nieuw	97764,03	409139,26
WT-04 nieuw, zie figuur 7	97876,76	408729,15
WT-05 nieuw, zie figuur 7	97761,64	408244,68
WT-06 nieuw	101648,16	410446,36
WT-07 nieuw	100777,56	409746,05

Tabel 6: RD-coördinaten nieuwe windturbines

	Windturbine WT nieuw	Eenheid
Windturbine type	Nordex, type 3900	[-]
Vermogen per stuk	3 – 5	[MW]
Ashoogte	130	[m]
Rotordiameter	132	[m]
Toeren per minuut (aangehouden)	16,1	[rpm]
Aantal rotorbladen (aangehouden)	3	[-]
Gewicht alle rotorbladen (aangehouden)	41	[ton]
Gewicht Gondel (aangehouden)	70	[ton]
Gewicht Mast (aangehouden)	285	[ton]
Zwaartepunt blad t.o.v. het rotorcentrum	8 (= circa rotorbladlengte / 3)	[m]
Maximale werpafstand bij nominaal toerental (aangehouden worst-case windturbine NL)	300	[m]
Maximale werpafstand bij overtoeren (aangehouden worst-case windturbine NL)	800	[m]

Tabel 7: Gegevens nieuwe windturbines rondom de leidingtracés

De locaties van de in de effectzone van de leidingen relevante nieuwe windturbines WT-04 en WT-05 van het windpark zijn in figuur 7 weergegeven.



Figuur 7: Maatgevende nieuwe windturbines WT-04 en WT-05 (met een plaatsmarkering aangegeven met de daarbij behorende effectafstanden per faalmechanisme) ter plaatse van de leidingen

4.4 Risico verhogende objecten: hoogspanningsmasten

Er zijn in de onmiddellijke nabijheid (binnen het valbereik van de hoogspanningsmasten) van de aan te leggen aansluitleidingen geen hoogspanningsmasten geïnventariseerd.

Het voorgenomen tracé van de nieuwe 380 kV verbinding Zuid-West van TenneT is ruim buiten de risicozone van deze nieuwe leidingen voorzien en vormt daarmee geen risico verhoging.

5 Modelling

5.1 Parameters specifiek voor een QRA in Nederland

Bij de modellering wordt standaard gerekend met de specifieke parameters die gelden voor een QRA berekening in Nederland. In het rekenprogramma SAFETI-NL programma zijn een aantal van de parameters als standaardwaarde opgenomen. Alle relevante specifieke parameters zijn weergegeven in module C van de 'Handleiding Risicoberekeningen Bevb' [ref. 1].

5.2 Gebiedsfuncties en populaties

De aanwezige populaties rondom het leidingtracés zullen zich voornamelijk concentreren in en rondom gebouwen en objecten, die langs de tracés aanwezig zijn. In hoeverre deze gebouwen en objecten nader beschouwd moeten worden is afhankelijk van het invloedsgebied bij een calamiteit. Dit invloedsgebied wordt in het BEVB omschreven als de '1% letaliteitsgrens'; zijnde het gebied waarin bij een leidingcalamiteit een aanwezige persoon nog 1% kans heeft op een dodelijke afloop. Buiten het invloedsgebied van een buisleiding is de grootte van de populatie verwaarloosbaar voor de QRA berekeningen en behoeft daarom niet in rekening gebracht te worden.

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].

De QRA's zijn gericht op het ondergrondse deel in het openbare gebied langs de leidingen. Hiervoor is het zogenoemde 'No Free Field Modeling' gebruikt voor het berekenen van de plaatsgebonden risicocontouren waarbij populatie niet wordt beschouwd als een ontstekingsbron.

5.3 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 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 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 echter ongewijzigd gelaten.

5.4 Plaatsgebonden risico (PR)

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

De (beperkt) kwetsbare objecten die gelegen zijn binnen de veiligheidscontouren van het haven- en industriegebied en functioneel gebonden zijn zullen niet geïnventariseerd en gedocumenteerd worden.

5.5 Stofeigenschappen

Waterstof en stikstof komen voor in het stoffen database bestand van het voorgeschreven programma SAFETI-NL. Voor het uitvoeren van een QRA-berekening worden verschillende rekenmethodieken gehanteerd die afhankelijk zijn van de classificatie van de stoffen. In navolgend tabel 8 zijn de classificaties van risicogevaarlijke stoffen weergegeven conform de handleidingen voor risicoberekeningen uit [ref. 1] en [ref. 2].

Op basis van het gemiddelde vlampunt en kookpunt van de stoffen zijn deze stoffen ingedeeld als K0 of overig chemicaliën leiding. Er hoeft geen specifieke voorbeeldstof conform het BEVB te worden gehanteerd voor deze stoffen.

Fysische, chemische en toxische eigenschappen gehanteerde (voorbeeld)stof			
Leiding	[-]	TP01, TP02 (waterstof)	TP03 (stikstof)
CAS-nummer stof	[-]	1333-74-0	7727-37-9 (oxidatie toestand -1)
Chemische samenstelling voorbeeldstof	[-]	Hydrogen: H ₂	Nitrogen (axyphiating): N ₂
Vlampunt / kritische temperatuur	[°C]	-239,96	-146,95
Kookpunt	[°C]	-252,76	-195,806
Classificatie product	[-]	K0	Inert en overig
Reactiviteit ontvlambaarheid	[-]	H225, Zeer licht ontvlambaar	n.v.t.
LC ₅₀ -waarden (acute toxiciteit bij ademhaling) ¹	[-]	Geen H330- of H331-zin	Geen H330- of H331-zin, maar wel verstikkend
¹⁾ QRA selectiemethodiek 'toxisch en/of ontvlambaar' [ref. 5].			

Tabel 8: Fysische, chemische en toxische eigenschappen gehanteerde stoffen

Classificatie stoffen conform de Handleiding Risicoberekening Bevi / Bevb			
Classificatie	Reactiviteit ontvlambaarheid/toxiciteit bij inhalatie ²	Definities conform 'Handleiding Risicoberekeningen Bevi / Bevb'	Rekenmethodiek
Chemicaliën-leidingen (Toxisch, Inert en overig)	Toxisch	Stoffen, waarvan een probitrelatie afgeleid is in de 'Handleiding Risicoberekeningen Bevi'	Module D 'Handleiding Risicoberekeningen Bevb'
	Inert en overig	Stoffen kunnen in combinatie met andere stoffen brandvertragend of -verhogend zijn	
Chemicaliën-leidingen Klasse 0 (K0)	Zeer licht ontvlambaar	Buisleidingen met aardolieproducten met een kookpunt van ten hoogste 308 K (35 °C) en een vlampunt lager dan 273 K (0 °C)	Module D 'Handleiding Risicoberekeningen Bevb'
Aardgas-leidingen (Aardgas)	Zeer brandbaar	Drooggasleidingen Natgasleidingen Hoogcalorisch gas Zuurgasleidingen	Module B 'Handleiding Risicoberekeningen Bevb'
Klasse 1 (K1)	Licht ontvlambaar	Buisleidingen met vloeibare aardolieproducten, waarbij de brandbare vloeistof (klasse 1) een vlampunt heeft tot 294 K (21 °C) en niet valt onder klasse 0	Module C 'Handleiding Risicoberekeningen Bevb'
Klasse 2 (K2)	Ontvlambaar	Buisleidingen met vloeibare aardolieproducten, waarbij de brandbare vloeistof (klasse 2) een vlampunt heeft gelijk aan of boven 294 K (21 °C) en ten hoogste 328 K (55 °C)	
Klasse 3 (K3)	Matig ontvlambaar	Buisleidingen met vloeibare aardolieproducten, waarbij de brandbare vloeistof (klasse 3) een vlampunt heeft boven 328 K (55 °C) en ten hoogste 373 K (100 °C)	
Klasse 4 (K4)	Moeilijk ontvlambaar	Buisleidingen met vloeibare aardolieproducten, waarbij de brandbare vloeistof (klasse 4) een vlampunt heeft boven 373 K (100 °C)	Geen QRA benodigd wanneer de procestemperatuur lager is dan de vlamtemperatuur conform 'Handleiding Risicoberekeningen Bevi'

¹⁾ Stoffen kunnen zowel brandbaar als toxisch tegelijk zijn.

Tabel 9: Classificatie risicogevaarlijke stoffen conform de 'Handleiding Risicoberekeningen Bevb / Bevi'

5.6 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 100 mm als standaard ruwheidslengte. Hiervan mag worden afgeweken en gebruik worden gemaakt van de ruwheidskaart van I&M. Hiervan is in de voorliggende rapportage echter geen gebruik van gemaakt.

5.7 Weerstation

De weerroos behorende bij het meest nabij gelegen weerstation (Gilze-Rijen) is als input voor de berekeningen gebruikt. De parameters behorende bij deze weerroos kunnen niet worden gewijzigd in het gehanteerde rekenprogramma SAFETI-NL.

5.8 Risico verhogende ontstekingsbronnen

De ontstekingsbronnen zoals populatie, scheepsvaartroutes, spoor- en autowegen en bovengrondse hoogspanningslijnen zijn conform module B van de 'Handleiding risicoberekeningen BEVI' [ref. 2] gemodelleerd in SAFETI-NL.

De in rekening gebrachte populatie (bevolkingsbron) wordt standaard in SAFETI-NL als ontstekingsbron gehanteerd. Eventueel in dit gebied voorkomende snelwegen, spoorwegen en vaarwegen (lijnbronnen) zijn niet geïnventariseerd en niet als ontstekingsbron ingevoerd. Puntbronnen, welke zich voornamelijk op inrichtingen optreden, zijn niet ingevoerd.

5.9 Risico verhogende objecten: windturbines

De risico's vanwege de nabijgelegen en de nieuwe windturbine(s) zijn verdisconteerd in een additionele faalkans. Deze faalkans is opgebouwd uit de kans van breken van het blad en de kans op het raken van de leidingen en is gebaseerd op de laatste inzichten van het RIVM-CEV ('Handboek Risicozonering Windturbines' [ref. 6]).

Het additionele risico op het falen van de leiding wordt conform het 'Handboek risicoberekeningen Windturbines, geactualiseerde versie van september 2014' [ref. 6] geïnventariseerd. Bij de QRA berekeningen is het zwaartepunt van het blad, welke in het handboek op rotorbladlengte / 3 van het rotorcentrum wordt gesteld, aangehouden.

5.9.1 Invloedsgebied windturbines

Voor een windturbine zijn er een viertal faalscenario's maatgevend met betrekking tot ondergrondse leidingen, zijnde [ref. 6]:

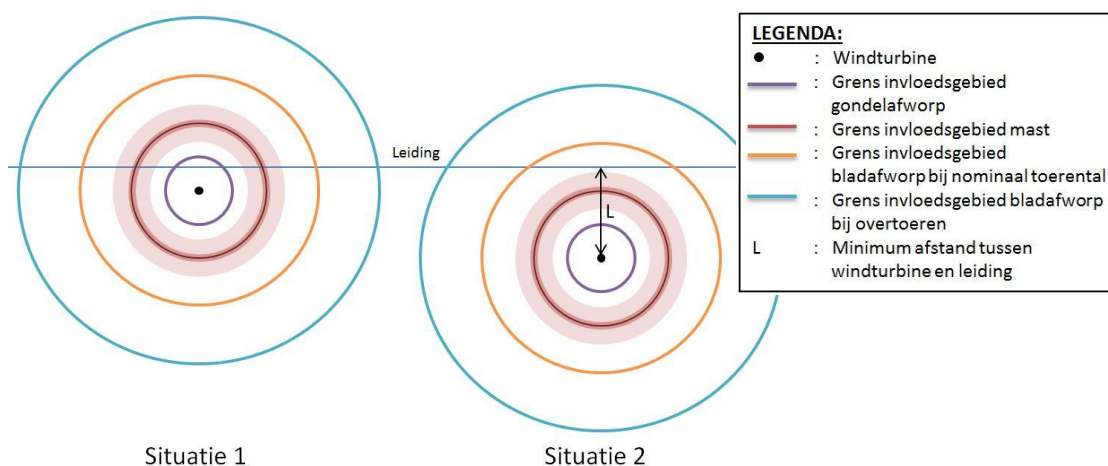
- Gondelafworp – het naar beneden vallen van de gondel;
- Mastbreuk – het omvallen van de toren inclusief gondel;
- Blad afworp nominaal toerental – het afvallen/wegschieten van een rotorblad;
- Blad afworp overtoeren – het afvallen/wegschieten van een rotorblad.

Elk faalscenario heeft zijn eigen invloedsgebied afhankelijk van het type windturbine. In onderstaande tabel zijn op basis van [ref. 6] de stralen van het invloedsgebied van de verschillende faalscenario's weergegeven:

	Straal invloedsgebied
Gondelafworp	$\frac{1}{2}$ rotordiameter
Mastbreuk	Lengte mast + rotorbladlengte
Bladafworp nominaal toerental	Tot circa 300 m (afhankelijk van type windturbine en zwaartepunt blad).
Bladafworp overtoeren	Tot circa 800 m (afhankelijk van type windturbine en zwaartepunt blad).

Tabel 10: Invloedsgebieden faalscenario's

In figuur 8 is een illustratie van de invloed van een windturbine op de leiding weergegeven. In Situatie 1 is de windturbine op kleine afstand van de leiding gepositioneerd, dit heeft als gevolg dat alle maatgevende faalscenario's van de windturbine van invloed zijn op de leiding. In Situatie 2 zijn enkel de faalscenario's bladafworp nominaal toerental en bladafworp overtoeren van invloed op de leiding.



Figuur 8: Schematische weergave invloedsgebied per faalmechanismen van de windturbines

5.9.2 Leidingsegmenten in het invloedsgebied

Om te bepalen welke leidingsegmenten binnen een invloedsgebied vallen van de windturbines heeft Lievense allereerst de leidingcoördinaten geïnventariseerd en de bijbehorende afstand tot de relevante windturbines bepaald.

In SAFETI NL is slechts één faalkans per leidingsegment mogelijk. Doordat het additionele risico nabij de WT sterk verloopt naarmate het leidingsegment dicht bij WT is gelegen, wordt gecontroleerd of er minimaal 1 coördinaat per 10 m aanwezig is binnen de straal van 300 m van de WT. Indien er minder dan 1 coördinaat per 10 m is zijn er extra leidingcoördinaten toegevoegd.

Eenzelfde controle wordt gedaan voor het leidingdeel vallend tussen de 300 m en de 800 m rondom de windturbine. Niettemin wordt hierbij een minimale dichtheid van coördinaten aangehouden 1 punt per 50 m. Daar het additionele risico nog maar relatief weinig varieert (enkel bladafworp overtoeren van toepassing) is een dichtheid van minimaal 1 coördinaat per 50 m toereikend voor de benadering van het verloop.

In figuur 6 en figuur 7 zijn de invloedsgebieden van een windturbine weergegeven, te weten een maximale straal van 300 m behorende bij bladafworp nominale toerental en respectievelijk een straal van 800 m behorende bij bladafworp bij overtoeren.

5.9.3 Rekenmethode additioneel risico windturbines

In Bijlage C, hoofdstuk 8 van het 'Handboek Risicozonering Windturbines' [ref. 6] is beschreven hoe het additionele risico voor een leiding binnen het invloedsgebied van een WT berekend kan worden voor ondergrondse kabels en leidingen.

De kern van de aanpak bestaat uit de berekening van 3 onderdelen:

- de *impact-energie*: de energie die (een onderdeel van) een WT heeft bij contact met de grond, bijvoorbeeld bij gondelafworp
- de *faalkans*: de kans dat 1 van de 4 maatgevende faaloorzaken zich voordoet;
- en de *raakkans*: de kans dat een specifiek leidingdeel geraakt wordt bij het optredende faalscenario.

Deze drie onderdelen zijn in navolgende sub-paragrafen toegelicht.

Impact falende windturbine

De grond, welke een beschermende werking heeft voor de leiding, zal als gevolg van de impact energie van een falende WT vervormen of verschuiven.

Aan de hand van de resterende materiaalspanning in de leiding, welke onder andere afhankelijk is van materiaalsterkte en ontwerpdruk, kan bepaald worden wat de minimale gronddekking dient te zijn alvorens de leiding faalt als gevolg van de vrijkomende energie bij een falende windturbine.

Elk onderdeel van de WT heeft een eigen impact energie wanneer deze de grond raakt. In [ref. 6] wordt gesteld dat voor de vier in paragraaf 5.9.1 genoemde faalscenario's de potentiële energie volledig wordt omgezet in kinetische energie welke loodrecht op grond is gericht. Voor de beide bladafworp scenario's wordt tevens de helft ¹ van de kinetische energie die de bladen

¹ Het handboek gaat er vanuit dat de hoek van impact van een afvliegend blad met de grond gemiddeld 45 graden zal zijn.

hebben bij genoemd toerental in rekening gebracht. Deze kinetische energie resulteert in een gebied onder de locatie van impact op maaiveldniveau waarbinnen de leiding zou falen. Hiervoor wordt de volgende vergelijking toegepast [ref. 6]:

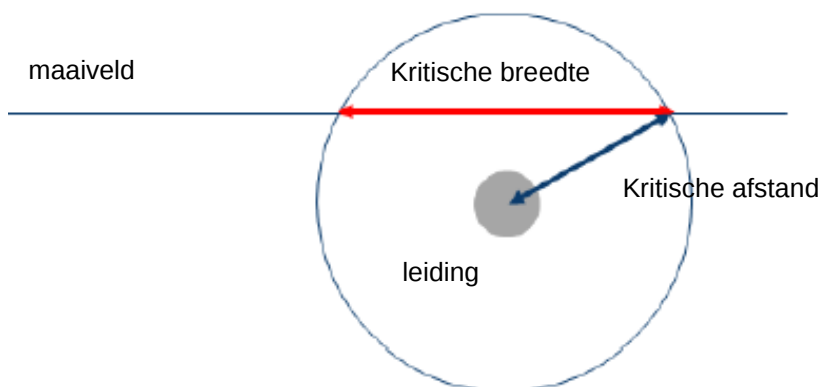
$$R = 0,3048 * \left(\frac{4,44 E}{\sigma_{toelaatbaar}} \right)^{\frac{1}{k_5 k_6}} * \left(\frac{2,03 * 10^{-4} * k_4 * E_{kinetisch}}{\sqrt{E * t}} \right)^{\frac{1}{k_5}}$$

Waarbij:

R = de kritische afstand [m];
E = elasticiteit [Pa];
 $\sigma_{toelaatbaar}$ = toelaatbare extra stress voordat metaal gaat vloeien [Pa];
t = wanddikte [mm];
SMYS = minimum vloeigrens [Pa];
 $E_{kinetisch}$ = effectieve kinetische energie [J] voor puntbron [J/m] voor lijnbron;
 k_4 , k_5 en k_6 = empirische coëfficiënten, zie onderstaand tabel.

	Puntbron	Lijnbron
k_4	1,0	0,43
k_5	2,5	1,5
k_6	0,77	0,77

Deze minimale gronddekking (lees: leidingbescherming) wordt de kritische afstand genoemd. Op basis van de kritische afstand wordt de kritische breedte (KB) berekend welke tevens afhankelijk is van de diepteligging van de leiding, zie figuur 9.



Figuur 9: Kritische afstand blauw, Kritische breedte rood (grijs: doorsnede leiding) [ref. 6]

Ieder faalscenario heeft haar eigen impact energie en derhalve ook een eigen kritische breedte. Er geldt hierbij dat hoe breder de kritische strook is binnen het invloedsgebied, hoe groter de kans is dat de leiding geraakt wordt.

Indien de kritische afstand kleiner is dan de diepteligging van de leiding heeft het betreffende scenario geen invloed op de additionele faalkans.

Faalkansen windturbines

In [ref. 6] wordt per faalscenario de onderstaande faalfrequenties voorgeschreven.

Faalscenario	Faalfrequentie	Eenheid
Gondelafworp	4,0E-5	[j ⁻¹]
Mastbreuk	1,3E-4	[j ⁻¹]
Bladafworp nominaal toerental	8,4E-4	[j ⁻¹]
Bladafworp overtoeren ²	5,0E-6	[j ⁻¹]

Tabel 11: Faalkansen faalscenario's

De genoemde faalkansen worden uiteindelijk vermenigvuldigd met een factor die voortvloeit uit de raakkans berekening van het leidingsegment om de uiteindelijke additionele faalfrequentie voor het betreffende leidingsegment te kunnen bepalen.

Raakkans

De kans dat een bepaald leidingsegment faalt als gevolg van het falen van een windturbine is sterk afhankelijk of de grond boven de leiding daadwerkelijk geraakt wordt. Deze kans (raakkans) wordt als factor meegenomen in de faalfrequentie van een WT.

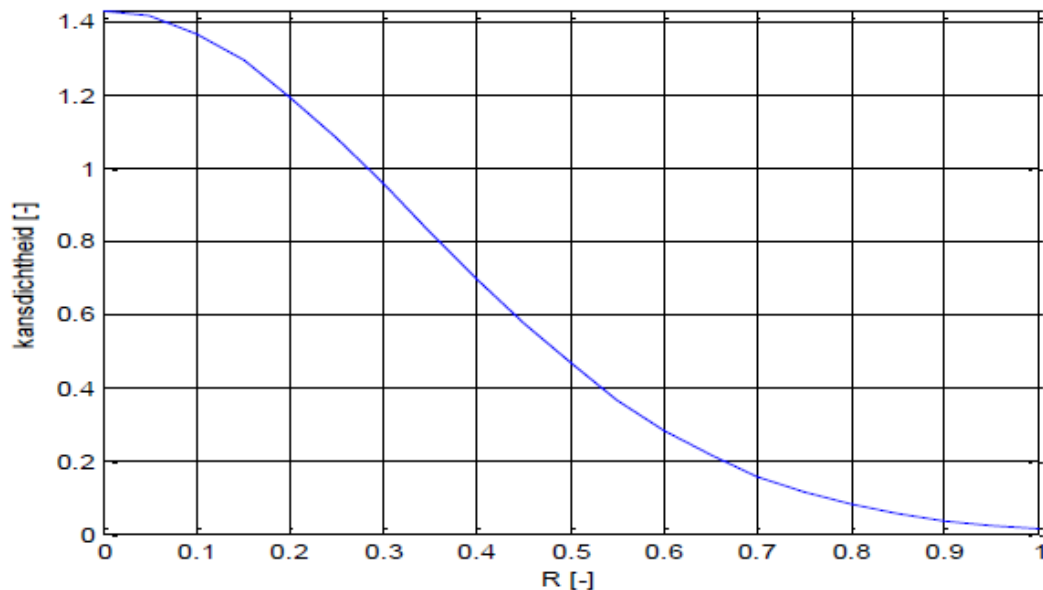
Deze raakkans wordt voor elk van de vier maatgevende faalscenario's, gondelafworp, mastbreuk, bladafworp nominaal toerental en bladafworp overtoeren, per leidingcoördinaat berekend.

² Kans op het faalscenario *bladafworp overtoeren* is zeer klein (ca. 1-2% van totaal bladafworp) en derhalve van verwaarloosbare invloed op de totale additionele faalkans voor ondergrondse leidingen.

Raakkans gondelafworp

Voor de raakkans bij gondelafworp wordt in het handboek de volgende grafiek gehanteerd, zie figuur 10. R is hierbij de afstand gedeeld door de bladlengte [ref. 6].

In de grafiek is goed te zien dat de raakkans nabij de windturbine groot is en afneemt tot vrijwel nul bij de gestelde grens van het invloedsgebied (de halve rotordiameter).



Figuur 10: Kansdichtheid Gondelafworp versus afstand halve rotordiameter [ref. 6]

Raakkans mastbreuk

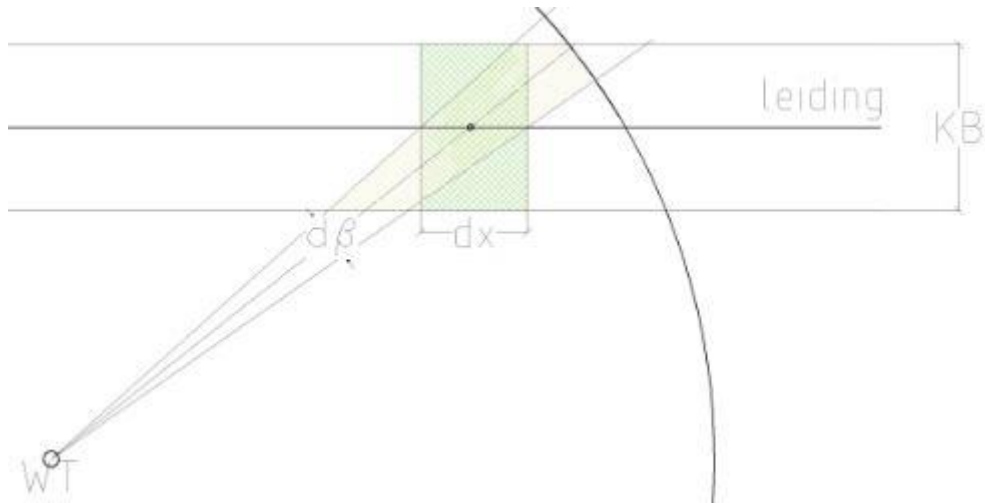
Bij het scenario mastbreuk wordt de hoek berekend waarbinnen een leidingsegment geraakt kan worden. De uitgangspunten hierbij zijn, dat de kans dat de mast een bepaalde richting op valt uniform verdeeld is over het gehele cirkelvormige invloedsgebied en de mast ten alle tijden bij de voet breekt. Er zijn bij mastbreuk een drietal situaties beschouwd, elk met een eigen impact energie en bijbehorende kritische breedte:

- 1) De mast valt als lijnlast in de strook met kritische breedte, de impact energie wordt bepaald door het gewicht van de mast;
- 2) Gondel vast aan de mast komt binnen de strook met kritische breedte terecht, de impact energie wordt bepaald door het gewicht van de gondel;
- 3) Blad aan gondel komt binnen de strook met kritische breedte terecht, de impact energie wordt bepaald door het gewicht van het blad.

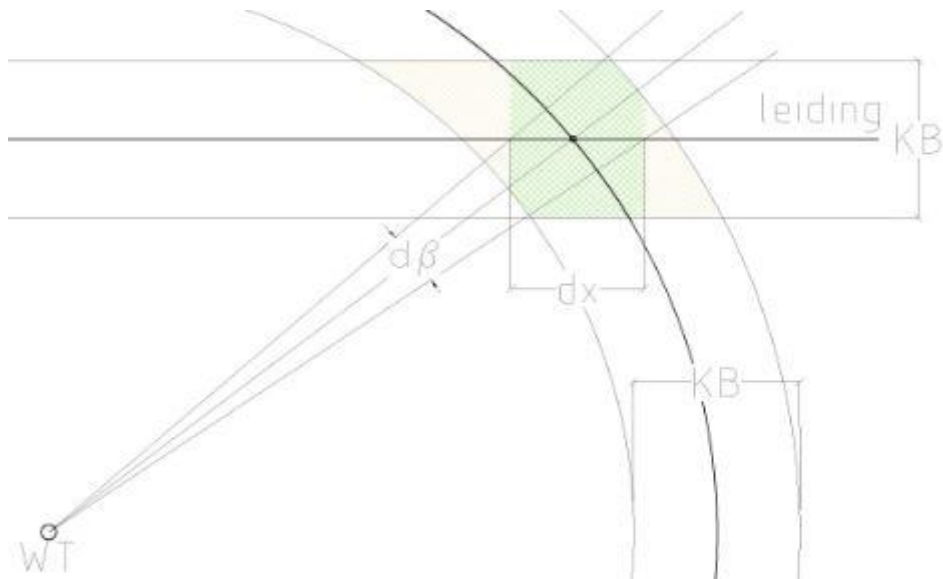
Voor alle drie de situaties is bepaald waarbij de faaloorzaak mastbreuk kan leiden tot falen van de leiding. Deze raakkans is afhankelijk van de situatie die beschouwd wordt. Zo is bij situatie 1 de masthoogte en afstand tot de leiding maatgevend voor de bepaling van de raakkans en is bij situatie 2 & 3 gekeken wanneer respectievelijk de gondel of een blad op afstand van de masthoogte, de grond binnen de kritische breedte boven de leiding raakt.

De raakkans is berekend aan de hand van het geprojecteerde raakoppervlak per eenheidslengte dx gedeeld door het totale oppervlak binnen het invloedsgebied. In de

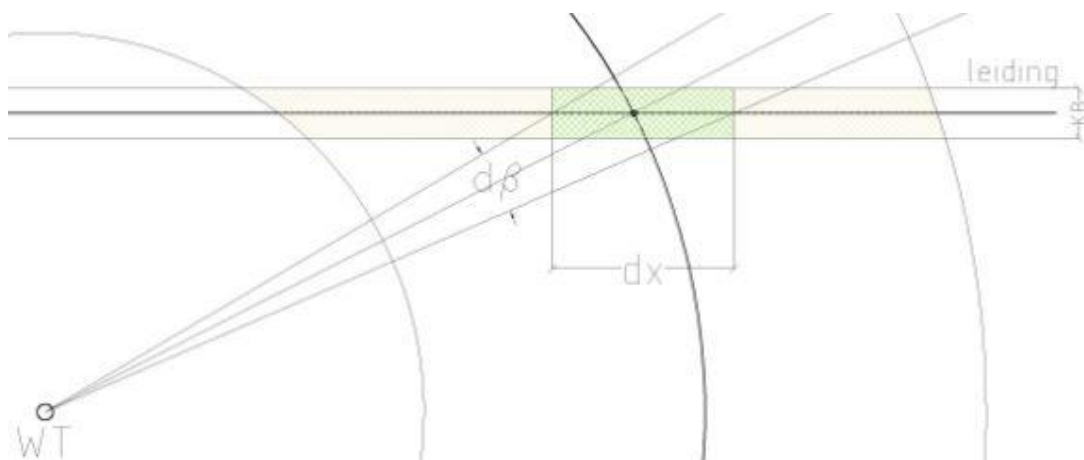
onderstaande figuren zijn deze geprojecteerde raakoppervlak van situatie 1 - 3 weergegeven, zie figuur 11, figuur 12, figuur 13.



Figuur 11: Bepaling raakkans per meter leiding door het vallen van de mast bij mastbreuk



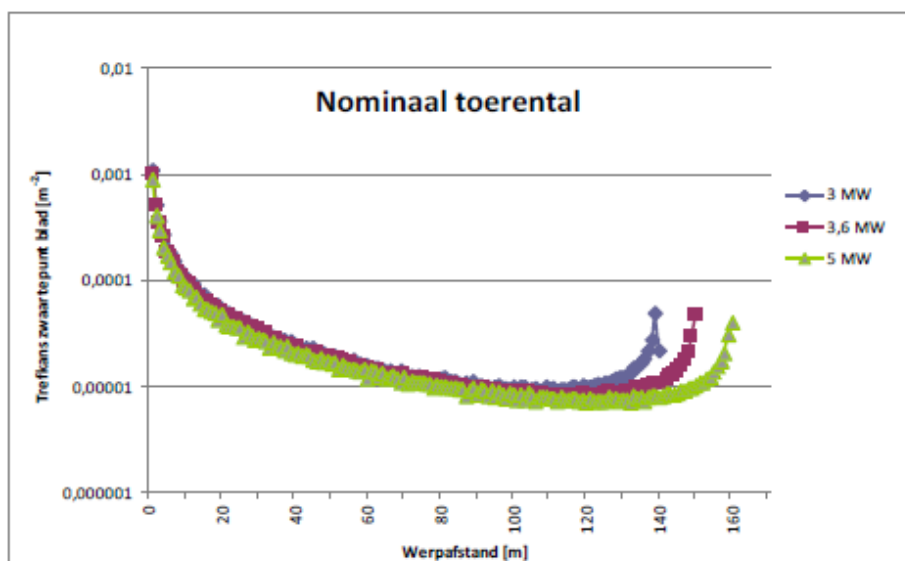
Figuur 12: Bepaling raakkans per meter leiding door het vallen van de gondel bij mastbreuk



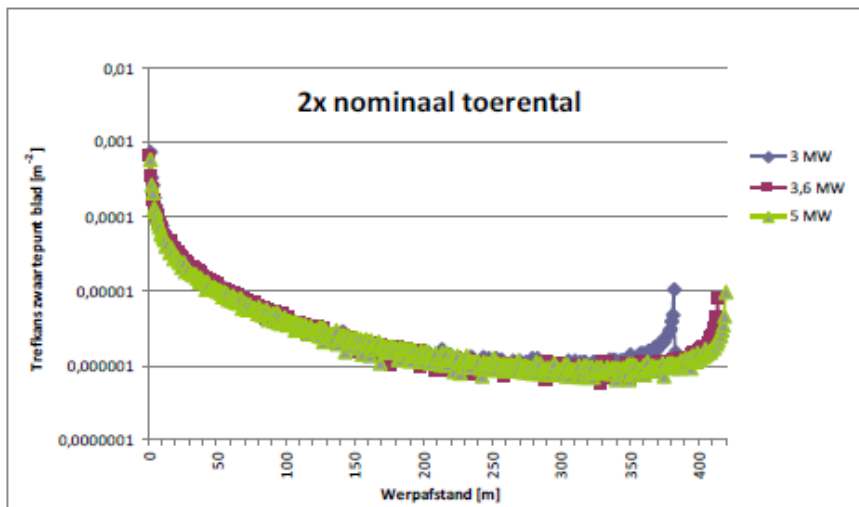
Figuur 13: Bepaling raakkans per meter leiding door het vallen van de bladen bij mastbreuk

Raakkans bladafworp

Voor de bepaling van de raakkans van de leiding bij het faalscenario's bladafworp (nominaal toerental en overtoeren) is gebruikt gemaakt van onderstaande grafieken uit het 'Handboek Risicozonering Windturbines' [ref. 6], zie figuur 14 en figuur 15. In de grafieken staat de trefkans per m² aangegeven op een gegeven afstand van de windturbine.



Figuur 14: Trefkans bladafworp bij nominaal toerental versus afstand tot WT [ref. 6]



Figuur 15: Trefkans bladafwerp bij overtoeren versus afstand tot WT [ref. 6]

Op basis van de af te lezen trefkans per m^2 en de breedte van de kritische strook is per leidingcoördinaat de raakkans per meter leiding bepaald.

5.9.4 Additionele faalfrequentie

De sommatie van alle bovengenoemde effecten voor alle windturbines die invloed hebben op het specifieke leidingcoördinaat resulteren in de totale additionele faalfrequentie per meter behorend bij dit specifieke leidingcoördinaat. De additionele faalfrequentie voor een specifiek leidingsegment is berekend als het gemiddelde tussen de berekende additionele faalfrequenties van het begin- en het eind-coördinaat van het betreffende segment.

5.10 Faalfrequentie transportleidingen

Voor de gehanteerde faalfrequentie van de gehanteerde leidingen wordt verwezen naar hoofdstuk 6. Rondom deze leidingen zijn risico verhogende objecten aanwezig, die een invloed hebben op de faalfrequentie van de leidingen. Met deze risico verhogende invloed is rekening gehouden in de berekeningen.

6 Toegepaste faalfrequentie

6.1 Algemeen

In de 'Handleiding Risicoberekeningen 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 Risicoberekeningen Bevb' [ref. 1] worden een zestal faaloorzaken vermeld. Voor elk van deze faaloorzaken is in de 'Handleiding Risicoberekeningen 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.

6.2 Gebeurtenissenboom vrijkomend product

Bij het onverhoopt vrijkomen van product uit een leiding kunnen afhankelijk van de stof verschillende gebeurtenissen optreden.

De waarschijnlijkheid waarmee een dergelijke gebeurtenis optreedt is per stofcategorie gestandaardiseerd in de 'Handleiding Risicoberekeningen Bevb' [ref. 1] en de 'Handleiding Risicoberekeningen Bevi' [ref. 2]. Na het ontsteken van het uitgestroomde medium kunnen er verschillende soorten schadebeelden ontstaan (effect). Als schadelijk effect wordt door het programma SAFETI-NL [ref. 4] de warmtestralingsdosis op een hoogte van 1 meter berekend.

6.3 Faalfrequenties

6.3.1 Opbouw van de faalfrequenties

De voor de leiding gehanteerde faalfrequenties zijn als volgt opgebouwd:

- De basis faalfrequenties, zie paragraaf 6.3.2;
- Eventuele gereduceerde faalfrequentie op basis van "Stand der Techniek" voorwaarden, zie paragraaf 6.3.3;
- Eventuele reductie van de faalfrequentie op basis van getroffen "Algemene Overige mitigerende maatregelen", zie paragraaf 6.3.4;
- Eventuele reductie van de faalfrequentie op basis van een correctie voor een diepere ligging van de leiding, zie paragraaf 6.3.5;
- De gehanteerde faalfrequentie is in paragraaf 6.3.7 weergegeven.

6.3.2 Basis Faalfrequenties

In de 'Handleiding Risicoberekeningen Bevb' [ref. 1] wordt de faalfrequentie per kilometer leiding opgedeeld in een aantal faaloorzaken. Per faaloorzaak wordt een basis faalfrequentie weergegeven. Deze basis faalfrequenties zijn in tabel 12 weergegeven.

ALGEMENE BASIS FAALFREQUENTIE Voor niet nader onderzochte buisleidingen (Bevb / Revb)								
Faaloorzaak	Faaloorzaak	Loss of Containment door		Faalfrequentie [$\text{km}^{-1}\text{J}^{-1}$]				
		Lek	Breuk	Lek	%	Breuk	%	Lek+breuk
Beschadiging door derden	Beschadiging door Derden	22%	48%	9,86E-05	22	7,19E-05	48	1,71E-04
Mechanisch	Andere faaloorzaken	78%	52%	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		100%	100%	4,50E-04	100	1,50E-04	100	6,00E-04

Tabel 12: Algemene basis faalfrequentie

6.3.3 Faalfrequenties 'Stand der Techniek' voorwaarden

Bij toepassing van de 'Stand der Techniek' voorwaarden, biedt de 'Handleiding Risicoberekeningen 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, zie tabel 13.

'STAND DER TECHNIEK' FAALFREQUENTIE Voor buisleidingen die voldoen aan 'stand der techniek'-voorwaarden (Bevb / Revb)								
Faaloorzaak	Faaloorzaak	Loss of Containment door		Faalfrequentie [$\text{km}^{-1}\text{J}^{-1}$]				
		Lek	Breuk	Lek	%	Breuk	%	Lek+breuk
Beschadiging door derden	Beschadiging door Derden	22%	48%	2,63E-05	22	1,77E-05	48	4,40E-05
Mechanisch	Andere faaloorzaken	78%	52%	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		100%	100%	1,20E-04	100	3,70E-05	100	1,57E-04

Tabel 13: '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 faalkansoorzaak is beschouwd of de leidingen aan de 'Stand der Techniek' voorwaarden voldoen. In tabel 14 staat de samenvatting hiervan weergegeven.

Faaloorzaak	Stand der Techniek voorwaarde, conform 'Handleiding Risicoberekeningen Bevb' [ref. 1]	Van toepassing	
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	Nee
	Periodieke communicatie met landeigenaren om deze bewust te maken en te houden van de aanwezigheid van de buisleiding.	Nee	
	Geïmplementeerd KLIC/WION systeem met actief rappel.	--	
Mechanisch	Leiding voor 1980 aangelegd: Mechanical Assessment van de leiding beschikbaar.	N.v.t.	Ja
	Leiding na 1980 aangelegd: geen, is afgedekt door sterk verbeterde kwaliteitscontrole en kwaliteitsborging (QA/QC) bij de aanleg van een buisleiding.	Ja	
Inwendige corrosie	Bepaling van product corrosiviteit.	Ja	Ja
	Toepassing van ontwerpmaatregelen gebaseerd op corrosiviteit (bijvoorbeeld corrosietoets op wanddikte, toepassen corrosie inhibitie, toepassen corrosiebestendige staallegering van de buiswand en eventuele inwendige coating / "liner").	Ja	
	Effectief monitoring programma (bijvoorbeeld bewaking product kwaliteit middels sampling, chemicaliën injectie, sampling op metaalafgifte).	--	
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.	Ja	Ja
Operationeel en Overige	Gespecificeerd werkgebied m.b.t. debiet, druk, temperatuur, trip settings.	Ja	Ja
	Geautomatiseerde procesbewaking en procesbeveiliging.	Ja	
	Monitoring van relevante DCS of Scada-data om binnen dit werkgebied te blijven opereren.	Ja	
	Verandering van werkgebied alleen toegestaan middels vastgestelde procedures, zoals bij wijzigingen (Management of Change, MoC).	Ja	

Tabel 14: Van toepassing zijnde 'Stand der Techniek' voorwaarden Air Liquide leidingen

Op basis van de getroffen 'Stand der Techniek' voorwaarden en bedrijfsfrequentie (buisleiding in gebruik) worden de volgende faalfrequenties toegepast, zie tabel 15.

GEHANTEERDE FAALFREQUENTIE (inclusief 100% benuttingsgraad)								
Berekening faalkans aspecten Basis-/stand der techniek'- faalfrequentie								
Faaloorzaak	Voorwaarden	Faaloorzaak	Loss of Containment door		Faalfrequentie [km ⁻¹ j ⁻¹]			
			Lek	Breuk	Lek	%	Breuk	%
Beschadiging door derden	basis	Beschadiging door Derden	51%	79%	9,86E-05	51	7,19E-05	79
Mechanisch	stand der techniek	Andere faaloorzaken	49%	21%	3,86E-05	20	7,96E-06	9
Inwendige corrosie	stand der techniek				1,17E-05	6	1,41E-06	2
Uitwendige corrosie	stand der techniek				3,52E-05	18	4,25E-06	5
Natuurlijke oorzaken	stand der techniek				3,60E-06	2	2,26E-06	2
Operationeel en overige oorzaken	stand der techniek				4,56E-06	2	3,40E-06	4
Totaal			100%	100%	1,92E-04	100	9,12E-05	100

Tabel 15: Faalfrequenties op basis van de 'Stand der Techniek' maatregelen

6.3.4 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 de in de handleiding en besluit voorgeschreven wijze zijn aangebracht en van kracht zijn.

Er is geen informatie bekend met betrekking tot getroffen aanvullende risico mitigerende maatregelen en is derhalve de clusterfactoren niet toegepast van module B van [ref. 1].

6.3.5 Correctiefactoren diepteligging

In de 'Handleiding Risicoberekeningen 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.

$$\text{Correctiefactor} = e^{-2,4 \cdot (Z1 - Z0)}$$

Waarbij:

- $Z0$ = werkelijke diepteligging van de leiding (bovenkant buis);
- $Z1$ = referentiediepte van 0,84 m.

De leidingen liggen in dit geval buiten in het openbare gebied in de veldstrekking meestal op een grotere diepte dan de referentiediepte van 0,84 m, zie paragraaf 4.2 voor de gronddekking per leiding. Op basis van NEN 3650-1+C1:2017 dienen leidingen uit Groep I te zijn ontworpen op minimaal 1 m gronddekking.

Op basis van de door de leidingeigenaar verstrekte gegevens met betrekking tot de hoogteligging van de leiding in relatie tot het maaiveld is voor de faaloorzaak Beschadiging door derden de faalfrequentie gecorrigeerd.

Deze berekende clusterfactor CF is variabel per leidingsegment en wordt vermenigvuldigd met de faalfrequentie 'Beschadiging door derden' (TPI) uit tabel 15.

6.3.6 Risico verhogende objecten

Nabij de leidingtracés bevinden zich windturbines. Deze objecten zijn risico verhogende objecten, daar bij een calamiteit van een windturbine gevolgschade kan optreden aan de aanwezige ondergrondse transportleiding. Deze specifieke en locatie gebonden risicoverhoging is bepaald middels de rekenmethodiek vermeldt in 'Handboek Risicozonering Windturbines' [ref. 6], waarbij de locaties en eigenschappen van de windturbines zijn gebaseerd op de 'Kaart met windparken'.

Deze additionele faalfrequentie is variabel per leidingsegment en is opgeteld boven de totale faalfrequentie van de leidingen.

6.3.7 Gehanteerde faalfrequentie

Na correctie van de diepteligging en toevoeging van de additionele faalfrequentie zijn in tabel 16 de maatgevende gehanteerde faalfrequenties bij volledige breuk van de leidingen weergegeven.

GEHANTEERDE FAALFREQUENTIE BIJ VOLLEDIGE BREUK Berekening faalkans aspecten Basis-/stand der techniek'- faalfrequentie, diepteligging en additionele faalfrequentie		
Ingaande Hydrogen Leiding (TP01) [km⁻¹j⁻¹]	Uitgaande Hydrogen Leiding (TP02) [km⁻¹j⁻¹]	Stikstof Aansluiting Leiding (TP03) [km⁻¹j⁻¹]
2,53E-04	2,58E-04	Niet berekend

Tabel 16: Gehanteerde faalfrequenties voor de leidingen bij volledige breuk

7 Resultaten

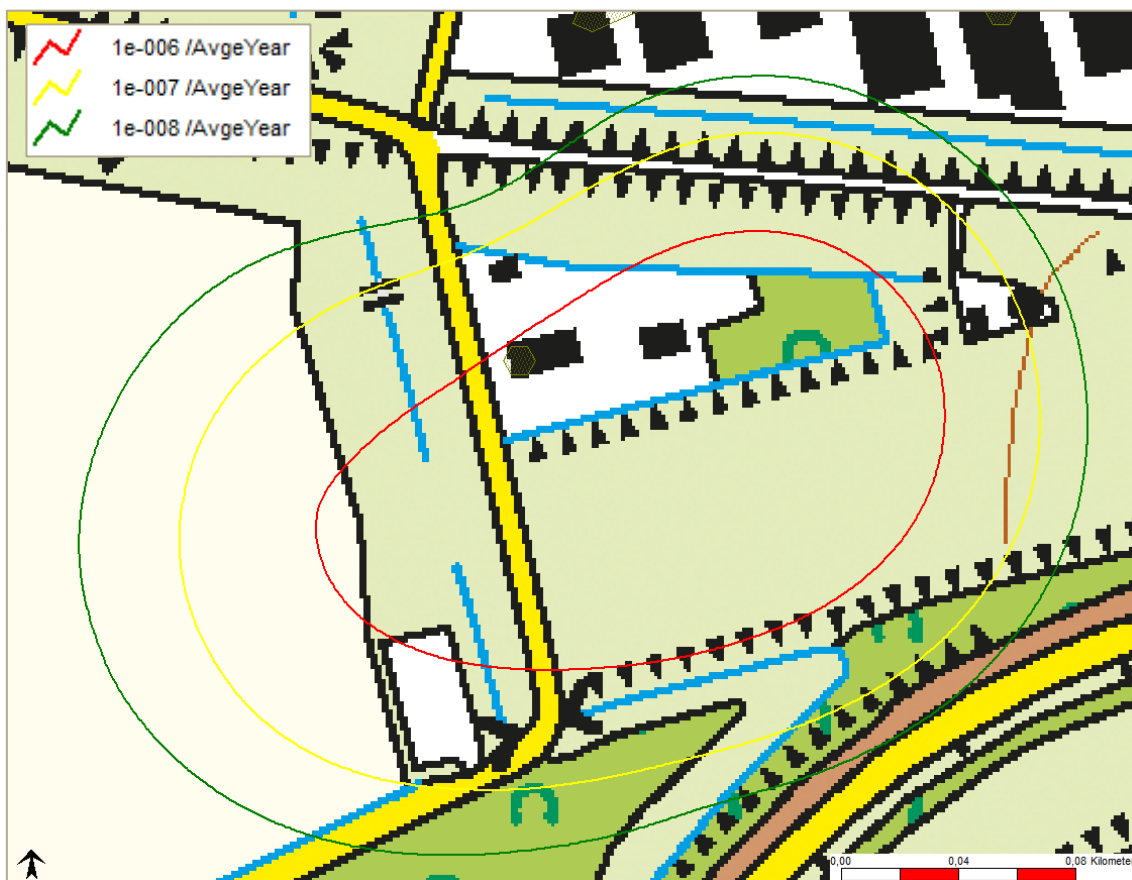
7.1 Algemeen

Op basis van de gemodelleerde scenario's treden plaatsgebonden risicocontouren rondom de transportleidingen op ten gevolge van de warmtestraling nabij potentiële calamiteit. In paragraaf 3.2 zijn de toelaatbare grenswaarden voor het Plaatsgebonden Risico en Groepsrisico beschreven. In de navolgende paragrafen worden de resultaten weergegeven van de beschouwde transportleiding.

7.2 Plaatsgebonden risico (PR)

In figuur 16 zijn de risicocontouren van de beschouwde waterstof transportleidingen weergegeven (geel: PR 10^{-6} ; geel: PR 10^{-7} ; groen PR 10^{-8}).

Voor de inerte stikstof leiding worden geen effectafstanden berekend in SAFETI-NL. Dit is in overeenstemming met conclusies uit 'Handleiding Risicoberekeningen Bevb', ref.[1]), waarin voor inerte stoffen gemeld wordt dat de 1% letaliteitsafstand 0 m bedraagt.



Figuur 16: Globale PR-risicocontouren van de leidingen

Het toegepaste softwareprogramma berekent een mogelijk maximaal optredend PR ter grootte van circa $9,32 \cdot 10^{-6} \text{ j}^{-1}$ in de dag situatie. In de nacht situatie is het PR risico lager, te weten circa $7,76 \cdot 10^{-6} \text{ j}^{-1}$.

7.3 Groepsrisico (GR)

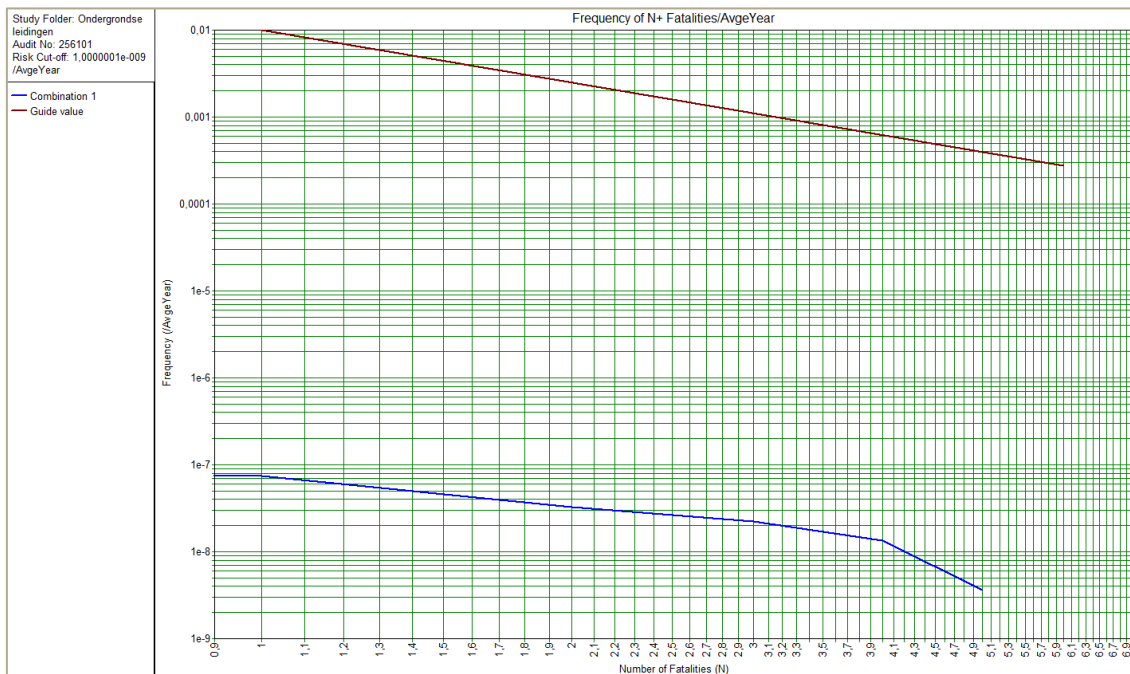
7.3.1 Algemeen

Ter bepaling van de hoogte van het GR dient de maatgevende kilometer van de leiding beschouwd te worden. Langs de leidingtracés zijn geen locaties met concentraties van populatiekernen binnen het invloedsgebied van de leidingen.

De 1% letaliteitsafstand (invloedsgebied) bedraagt voor de $\varnothing 6$ inch waterstofleiding 117,2 m (drempelwaarde berekend bij $9,84 \text{ kW/m}^2$ warmtestraling bij de maximale windsnelheid). Dit is tevens de minimale berekeningsgrens ten opzichte van de buisleiding voor de aan te houden bevolkingspopulatie.

7.3.2 Air Liquide leidingen

In figuur 17 is het GR van de maatgevende kilometer weergegeven. Uit deze figuur blijkt, dat het berekende groepsrisico niet aanwezig is en dus lager is dan de oriëntatiewaarde. De leidingen voldoen derhalve aan de eisen voor het groepsrisico conform het BEVB [ref. 3].



Figuur 17: Optredend groepsrisico is lager dan de oriëntatiewaarde (donkerrode lijn oriëntatiewaarde, donkerblauwe lijn respectievelijk de gecombineerde dag/nacht GR)

7.3.3 Conclusie Groepsrisico

De 3 nieuwe leidinggedeeltes zijn minder dan 1 km en is maximaal circa 200 m lang, waarbij het een gedeelte zich op het eigen terrein bevindt.

Op basis van de populatie en de faalscenario's berekent het programma in dit geval geen groepsrisico hoger dan de oriënterende lijn. Daarmee wordt voldaan aan de eisen voor het groepsrisico conform het BEVB [ref. 3].

8 Conclusies en aanbevelingen

Air Liquide heeft Lievense opdracht verstrekt een kwantitatieve risicoanalyse (QRA) uit te voeren voor twee waterstof leidingen en één stikstof transportleiding naar en van het toekomstige waterstof compressorstation in de gemeente Moerdijk, te bouwen nabij de Leidingenstraat van LSNed. Deze risicoanalyse is uitgevoerd volgens de laatste versie van de 'Handleiding Risicoberekeningen Bevb' [ref. 1].

Het toepassingsgebied van het BEVB betreft transportleidingen buiten een inrichting (bedrijf of bedrijfsterrein) en is derhalve in deze situatie gehanteerd.

Het te bouwen waterstof compressorstation is een inrichting en dient te voldoen aan het Besluit externe veiligheid inrichtingen (BEVI) en is om deze reden afzonderlijk getoetst aan de externe veiligheid.

In de risicoanalyses voor deze leidingen is rekening gehouden met de voor de leidingen genomen/te nemen 'Stand der Techniek' voorwaarden en de aanwezigheid van de windturbines als risico verhogende object.

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

- Er bevinden zich geen kwetsbare objecten binnen de PR- 10^{-6} contouren;
- Er treedt geen overschrijding van de oriëntatiewaarde van het groepsrisico op.

Deze nieuw aan te leggen leidingen voldoen met inachtneming van de getroffen/te nemen maatregelen derhalve aan de eisen van het BEVB [ref. 3]. Voor beperkt kwetsbare objecten is de PR 10^{-6} contour een richtwaarde.