



BILFINGER

Opdrachtgever: **Air Liquide Industrie B.V.**
Project: **Bevb compliance**

QRA leidingen Air Liquide

Alle leidingen

Tebodin

Tebodin Netherlands B.V.

Parlevinkerstraat 29
1951 AR Velsen-Noord
Postbus 43
1950 AA Velsen-Noord

Contactpersoon: N. Bruinsma
- Telefoon: +31 251 262 464
- E-mail: n.bruinsma@tebodin.com

13 februari 2015
Ordernummer: T47550.00
Documentnummer: 3413077
Revisie: A

A	13-02-2015	Revisie na opmerkingen van Air Liquide (BevB 2,0) Definitief	N Bruinsma 	S. Balakrishna 
0	19-01-2015	Voor commentaar	N. Bruinsma	P. Koers
Rev.	Datum	Omschrijving	Opsteller	Gecontroleerd

© Copyright Tebodin

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie of op welke andere wijze ook zonder uitdrukkelijke toestemming van de uitgever.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	6
1.1	Aanleiding	6
1.2	Rekenmethodiek	6
1.3	Leidingen	7
2	Modelleren leidingen conform de Handleiding Risicoberekeningen BevB	8
2.1	Leidingen Air Liquide	8
2.2	Scenario's	8
2.3	Mitigerende maatregelen	9
2.4	Modelleren getransporteerde stoffen	10
2.4.1	Zuurstofleiding	10
2.4.2	Waterstofleiding	10
2.4.3	Stikstofleiding	11
2.5	Koolmonoxideleiding	11
2.6	Oxogas	12
3	Modelleren omgeving	13
3.1	Weersgegevens	13
3.2	Ruwheidslengte	13
3.3	Modelleren populatie	13
4	Berekende risico's	14
4.1	Plaatsgebonden risico	14
4.2	Groepsrisico	14
5	Traject 1: Terneuzen naar Zelzate	15
5.1	Ligging	15
5.2	Stoffen en leidingeigenschappen	15
5.3	Modelleren populatie	16
5.4	Resultaten	17
5.4.1	Plaatsgebonden risico	17
5.4.2	Groepsrisico	18
5.4.3	Schadeafstanden	19
6	Traject 2: Bergen op Zoom	20
6.1	Ligging	20
6.2	Stoffen en leidingeigenschappen	21
6.3	Modelleren populatie	21
6.4	Resultaten	22
6.4.1	Plaatsgebonden risico	22
6.4.1.1	Waterstof	22
6.4.1.2	Koolmonoxide	23
6.4.2	Groepsrisico	23
6.4.3	Schadeafstanden	23
7	Traject 3: Beneluxplein - België	24
7.1	Ligging	24
7.2	Stoffen en leidingeigenschappen	25
7.3	Modelleren populatie	28
7.4	Resultaten	29
7.4.1	Plaatsgebonden risico	29
7.4.1.1	Waterstof	29
7.4.1.2	Stikstof	31
7.4.1.3	Koolmonoxide	31
7.4.2	Groepsrisico	32

7.4.2.1	Waterstof	32
7.4.2.2	Stikstof	33
7.4.2.3	Koolmonoxide	33
7.4.3	Schade afstanden	33
8	Traject 4: Maasvlakte - Beneluxplein	34
8.1	Ligging	34
8.2	Stoffen en leidingeigenschappen	34
8.3	Modelleren populatie	39
8.4	Resultaten	40
8.4.1	Plaatsgebonden risico	40
8.4.1.1	Waterstof	40
8.4.1.2	Stikstof	41
8.4.1.3	Koolmonoxide	41
8.4.1.4	Oxogas	41
8.4.2	Groepsrisico	43
8.4.2.1	Waterstof	43
8.4.2.2	Stikstof	43
8.4.2.3	Koolmonoxide	43
8.4.2.4	Oxogas	44
8.4.3	Schadeafstanden	45
9	Traject 5: Roosendaal	46
9.1	Ligging	46
9.2	Stoffen en leidingeigenschappen	46
10	Traject 6: België - Geleen	47
10.1	Ligging	47
10.2	Stoffen en leidingeigenschappen	48
10.3	Modelleren populatie	48
10.4	Resultaten	48
10.4.1	Plaatsgebonden risico	48
10.4.1.1	Stikstof	48
10.4.2	Groepsrisico	48
10.4.2.1	Stikstof	48
10.4.3	Schadeafstanden	48
11	Traject 7: Industrierrein Moerdijk	50
11.1	Ligging	50
11.2	Stoffen en leidingeigenschappen	50
11.3	Modelleren populatie	53
11.4	Resultaten	53
11.4.1	Plaatsgebonden risico	54
11.4.1.1	Waterstof	54
11.4.1.2	Stikstof	54
11.4.2	Groepsrisico	54
11.4.2.1	Waterstof	54
11.4.2.2	Stikstof	55
11.4.3	Schadeafstanden	55
12	Traject 8: Woensdrecht – Bergen op Zoom	56
12.1	Ligging	56
12.2	Stoffen en leidingeigenschappen	56
12.3	Modelleren populatie	57
12.4	Resultaten	57
12.4.1	Plaatsgebonden risico	57

12.4.2 Groepsrisico	57
12.4.3 Schadeafstanden	57
13 Traject 9: Rotterdam-Dordrecht	58
13.1 Ligging	58
13.2 Stoffen en leidingeigenschappen	58
13.3 Modelleren populatie	59
13.4 Resultaten	59
13.4.1 Plaatsgebonden risico	59
13.4.2 Groepsrisico	59
13.4.3 Schadeafstanden	59
14 Maasvlakte-Neste Oil antenne	60
14.1 Stoffen en leidingeigenschappen	60
14.2 Modelleren populatie	61
14.3 Resultaten	61
14.3.1 Plaatsgebonden risico	61
14.3.2 Groepsrisico	61
14.3.3 Schadeafstanden	62
15 Tie-in waterstof hoofdleiding naar H₂ tankstation (deel traject 3)	63
15.1 Ligging	63
15.2 Stoffen en leidingeigenschappen	63
15.3 Modelleren populatie	64
15.4 Resultaten	64
15.4.1 Plaatsgebonden risico	64
15.4.2 Groepsrisico	65
15.4.3 Schade afstanden	65
16 Conclusies en aanbevelingen	66

1 Inleiding

Op 1 januari 2011 is het Besluit externe veiligheid buisleidingen [1] (BevB) van kracht geworden. Hierin zijn regels vastgelegd voor de exploitatie van buisleidingen. Onder andere is beschreven welk risico een leiding mag veroorzaken op de omgeving:

Artikel 6, lid 1:

Het plaatsgebonden risico voor een kwetsbaar object, veroorzaakt door een buisleiding, mag niet hoger zijn dan 10^{-6} per jaar.

De exploitant voert de aanleg of vervanging van een buisleiding zodanig uit dat het plaatsgebonden risico van de buisleiding op een afstand van vijf meter gemeten vanuit het hart van de buisleiding niet hoger is dan 10^{-6} per jaar.

In bovenstaande wordt een onderscheid gemaakt tussen bestaande en nieuwe leidingen. Immers, als een nieuwe leiding wordt aangelegd of een bestaande leiding wordt vervangen, is niet alleen de eis van kracht dat het plaatsgebonden risico voor een kwetsbaar object niet hoger mag zijn dan 10^{-6} per jaar, maar ook dat dit risico niet verder mag reiken dan 5 meter uit het hart van de leiding.

Als overgangsbepaling is in artikel 17 van het besluit opgenomen dat, indien op het tijdstip waarop het besluit van toepassing wordt het plaatsgebonden risico voor een kwetsbaar object, veroorzaakt door een buisleiding, hoger is dan 10^{-6} per jaar, de exploitant er zorg voor moet dragen dat binnen drie jaar na dat tijdstip het plaatsgebonden risico die waarde niet meer overschrijdt.

Buisleidingeigenaren moeten, conform het BevB, berekeningen voorhanden hebben van het plaatsgebonden en het groepsrisico. Naar aanleiding hiervan heeft Air Liquide Tebodin verzocht de risico's van de Nederlandse leidingen in kaart te brengen middels een kwantitatieve risicoanalyse (QRA). Het betreft leidingen voor de transport van onder andere waterstof, stikstof, koolmonoxide en kooldioxide.

1.1 Aanleiding

De nieuwe Regeling externe veiligheid buisleidingen (Revb) [2] is op 1 juli 2014 van kracht geworden. In deze regeling wordt de rekenmethodiek voor chemicaliënleidingen samengevoegd met de rekenmethodieken voor hogedruk aardgasleidingen en buisleidingen met aardolieproducten. Daarnaast is er voor buisleidingen met aardolieproducten en voor chemicaliënleidingen risicobeperkende maatregelen beschikbaar zijn. Op basis van de nieuwe Revb [2] wordt de QRA van alle leidingtrajecten (zie paragraaf 1.3) opnieuw uitgevoerd.

1.2 Rekenmethodiek

In het Besluit externe veiligheid buisleidingen [1] is opgenomen welke risicomodellering moet worden gebruikt voor het in kaart brengen van de risico's van hogedruk aardgasleidingen, brandbare vloeistoffen en overige leidingen zoals waterstof.

In deze QRA zal met de Handleiding Risicoberekeningen BevB (versie 2.0) module D [2] gerekend worden.

De berekening wordt uitgevoerd met het rekenpakket Safeti-NL versie 6.54 [5].

1.3 Leidingen

De Air Liquide-leidingen met een ligging in Nederland zijn verdeeld in 11 trajecten:

1. Traject Terneuzen-Zelzate;
2. Traject Bergen op Zoom;
3. Traject buisleidingenstraat Rotterdam Beneluxplein – grens België;
4. Traject Gemeentewerken Rotterdam;
5. Traject Philips Roosendaal¹;
6. Traject Geleen;
7. Traject industrieterrein Moerdijk;
8. Traject Woensdrecht-Bergen op Zoom;
9. Traject buisleidingenstraat Rotterdam-Dupont Dordrecht;
10. Maasvlakte-Neste Oil antenne;
11. Tie-in tussen de waterstof hoofdleiding en de hydrogen fuelling station (onderdeel van traject 3).

¹ Traject 5 is door Air Liquide met ingang van 7 januari 2013 verkocht. Voor de voorledigheid wordt de berekening van dit traject meegenomen in deze QRA rapportage.

2 Modelleren leidingen conform de Handleiding Risicoberekeningen BevB

2.1 Leidingen Air Liquide

De leidingen van Air Liquide bevinden zich door heel Nederland. De ligging van de verschillende leidingen wordt afzonderlijk behandeld in hoofdstuk 5 tot en met 13. Door de leidingen van Air Liquide worden de volgende stoffen getransporteerd:

- waterstof;
- koolmonoxide;
- zuurstof;
- stikstof;
- oxogas.

In dit hoofdstuk wordt besproken hoe de leidingen gemodelleerd worden, en hoe specifiek met de afzonderlijke stoffen wordt omgegaan in de modelleringen.

2.2 Scenario's

In de Rekenmethodiek worden de scenario's "breuk van de leiding" en "lek van de leiding" beschouwd. Conform de Handleiding Risicoberekeningen BevB (versie 2.0) module D [2] bestaat de mogelijkheid voor deze twee scenario's in de vorm van mitigerende maatregelen de faalfrequentie te verlagen van diverse faaloorzaken. De faaloorzaken waarvoor mogelijk mitigerende maatregelen kunnen worden toegepast en de uiteindelijke initiële faalfrequentie voor de scenario's breuk en lek worden gegeven in Tabel 1.

Tabel 1: scenario's voor ondergrondse leidingen

Faaloorzaken	Faalfrequentie breuk [per km per jaar]	Faalfrequentie lek [per km per jaar]
Beschadiging door derden	$7,19 \times 10^{-5}$	$9,86 \times 10^{-5}$
Mechanisch	$3,23 \times 10^{-5}$	$1,45 \times 10^{-4}$
Inwendige corrosie	$5,71 \times 10^{-6}$	$4,40 \times 10^{-5}$
Uitwendige corrosie	$1,72 \times 10^{-5}$	$1,32 \times 10^{-4}$
Natuurlijke oorzaken	$9,15 \times 10^{-6}$	$1,35 \times 10^{-5}$
Operationeel	$1,38 \times 10^{-5}$	$1,71 \times 10^{-5}$
Totaal	$1,5 \times 10^{-4}$	$4,5 \times 10^{-4}$

De faalfrequenties gelden voor alle ondergrondse leidingen inclusief de verbindingen, zoals flenzen, lassen en kleppen maar exclusief pompen.

2.3 Mitigerende maatregelen

Zoals is opgenomen in paragraaf 3.1 kunnen mitigerende maatregelen die van toepassing zijn gebruikt worden om de faalfrequentie te verlagen en daarmee de werkelijk situatie beter te kunnen benaderen. De reducerende factoren die van toepassing zijn voor de leiding zijn in Tabel 2 opgenomen.

Tabel 2: Reductie factor mitigerende maatregelen

Mitigerende maatregelen	Reducerende factor	Opmerking
<i>Ter voorkoming van beschadiging door derden</i>		
Actief rappel	1	Geen actief rappel
Afdekking met beschermend materiaal	1,67	De procedure is het gebruik van oranje / gele waarschuwingslint
Graafwerkzaamheden	- / 100*	Graven/ boren verboden
Fysieke barrière	1	Geen maatregelen
Andere maatregelen	3	Strikte begeleiding tijdens werkzaamheden
Extra grond dekking	1	Geen extra gronddekking
Totale factor	5,01 / 501*	
<i>Overige faaloorzaken</i>		
Mechanisch falen	1	Geen maatregelen
Inwendige corrosie	∞	Kathodische bescherming
Uitwendige corrosie	∞	Kathodische bescherming
Natuurlijke oorzaken	100	Geen natuurlijke oorzaken waardoor zetting c.q. spanning kan worden veroorzaakt.
Operationele oorzaken	1	Beveiliging volgens berekende SIL, niet berekende SIL level +1 of + 2

* Factor 100 alleen van toepassing voor de trajecten 2, 3, 4, 10. Geen reductiefactor aanwezig voor de trajecten 1, 6, 7, 8 en 9.

Op basis van bovenstaande faalfrequentie in Tabel 1 en de reducerende factor opgenomen in Tabel 2 zijn in Tabel 3 de faalfrequenties voor de leiding opgenomen.

Tabel 3: Faalfrequenties scenario's ondergrondse leiding per faaloorzaak

Faaloorzaken	Breuk: Initiële faalfrequentie trajecten 2, 3, 4, 10 [per km per jaar]	Lek: Initiële faalfrequentie trajecten 2, 3, 4, 10 [per km per jaar]	Breuk: Initiële faalfrequentie trajecten 1, 6, 7, 8, 9 [per km per jaar]	Lek: Initiële faalfrequentie trajecten 1, 6, 7, 8, 9 [per km per jaar]
Beschadiging door derden	$1,44 \times 10^{-7}$	$1,97 \times 10^{-7}$	$1,44 \times 10^{-5}$	$1,97 \times 10^{-5}$
Mechanisch	$3,23 \times 10^{-5}$	$1,45 \times 10^{-4}$	$3,23 \times 10^{-5}$	$1,45 \times 10^{-4}$
Inwendige corrosie	-	-	-	-
Uitwendige corrosie	-	-	-	-
Natuurlijke oorzaken	$9,15 \times 10^{-8}$	$1,35 \times 10^{-7}$	$9,15 \times 10^{-8}$	$1,35 \times 10^{-7}$
Operationeel	$1,38 \times 10^{-5}$	$1,71 \times 10^{-5}$	$1,38 \times 10^{-5}$	$1,71 \times 10^{-5}$
Totaal	$4,63 \times 10^{-5}$	$1,62 \times 10^{-4}$	$6,06 \times 10^{-5}$	$1,82 \times 10^{-4}$

2.4 Modelleren getransporteerde stoffen

2.4.1 Zuurstofleiding

Zuurstof wordt getransporteerd in traject 3, 4, 5, 6, 7 en 8. Zuurstof is een brandbevorderende stof en hoge concentraties leiden tot een verhoogde kans op brand in de omgeving. In het algemeen zijn de gevaren verbonden aan zuurstof verwaarloosbaar [3]. Alleen bij zeer grote hoeveelheden is het zinvol activiteiten met zuurstof op te nemen in de QRA.

De 1% letaliteitsgrens voor zuurstof ligt op een concentratie van 30% zuurstof in de lucht. Middels effectberekeningen is voor de verschillende leidingen waardoor zuurstof wordt getransporteerd, bepaald in hoeverre de zuurstofleidingen voor risico's voor de omgeving van de leiding kunnen zorgen. Bij alle berekende leidingen blijkt dat in geval van een breuk van de leiding de concentratie van 30% zuurstof direct boven de leidingen wordt bereikt. Op een hoogte van 1 meter boden maaiveld bereikt deze concentratie een afstand van minder dan 1 meter aan weerszijden van de leidingen.

Bij deze effectberekening is uitsluitend het effect in ogenschouw genomen en is de kans dat de leiding breekt niet meegenomen. Vanwege de zeer geringe afstand die de 1%-letaliteitsgrens kan bereiken, zonder het in ogenschouw nemen van de kans dat een breuk voorkomt, kan worden gesteld dat de zuurstofleidingen, voor personen die zich niet direct boven de leiding bevinden, geen risico's met zich meebrengt. Daarom worden de zuurstofleidingen in deze QRA niet opgenomen.

2.4.2 Waterstofleiding

Waterstof wordt getransporteerd in traject 1, 2, 3, 4, 7, 8 en 11. Waterstof is een brandbaar gas. Bij het vrijkomen hiervan wordt een fakkelbrand verwacht.

De uitstroming van waterstof gaat bij breuk gepaard met de vorming van een krater. Hierbij wordt een extra hoeveelheid lucht in het uitstromend gas gemengd, waardoor de uitstroomsnelheid van het gas aanzienlijk lager wordt en de concentratie afneemt.

Zowel de hoeveelheid ingemengde lucht als de uitstroomsnelheid van het gas zijn afhankelijk van de leidingdruk en de leidingdiameter. De waterstofleiding wordt in Safeti-NL voor het scenario breuk gemodelleerd met behulp van het User Defined Source, waarbij de hoeveelheid ingemengde lucht en de uitstroomsnelheid handmatig ingevoerd kunnen worden. Hiervoor wordt door middel van de gegevens opgenomen in de Handleiding Risicoberekeningen BevB 2.0 module D [2] en (lineaire) interpolatie de waarden bepaald.

Voor waterstof is een hoge ontstekingskans van toepassing vanwege de zeer lage ontstekingsenergie van waterstof. De ontstekingskans voor de waterstofleiding wordt gegeven in Tabel 4.

Tabel 4: Ontstekingskans bij breuk en lek

	P _{direct}	P _{vertraagd}
Waterstof, breuk en lek	1	0

2.4.3 Stikstofleiding

Stikstof wordt getransporteerd in traject 3, 4, 6, 7, 8 en 9. Stikstof is een inert gas. Het vrijkomen van grote hoeveelheden inerte stoffen als stikstof kan leiden tot verstikking.

Voor inerte stoffen kan gerekend worden met de volgende probitrelatie:

$$Pr = -65,7 + \ln \left(\int C^{5,2} dt \right)$$

Met:

Pr probit behorende bij de overlijdenskans
 C concentratie op tijdstip t
 t blootstellingstijd

De Handleiding Risicoberekeningen Bevi [3] stelt, dat het alleen bij het vrijkomen van zeer grote hoeveelheden zinvol is om stikstof op te nemen. Vanwege de grote hoeveelheid stikstof die vrij kan komen uit de leiding met stikstof wordt het in deze QRA beschouwd.

De stikstofleidingen worden gemodelleerd met het Long Pipeline model.

2.5 Koolmonoxideleiding

Koolmonoxide wordt getransporteerd in traject 2, 3 en 4. Koolmonoxide is een toxisch gas, bij vrijkomen hiervan zal een toxische wolk ontstaan.

De sterftekans voor de blootstelling aan toxische stoffen wordt gegeven door de relatie:

$$Pr = a + b \ln \left(\int C^n dt \right)$$

Met:

Pr probit behorende bij de overlijdenskans
 a, b, n constanten voor de toxiciteit van een stof
 C concentratie op tijdstip t
 t blootstellingstijd

De te hanteren probit voor koolmonoxide is opgenomen in Tabel 5.

Tabel 5: Probitrelatie koolmonoxide

Stof	a (concentratie in ppm)	b	n
koolmonoxide	-7,21	1	1

2.6 Oxogas

Oxogas wordt getransporteerd in traject 4. Oxogas is een syngas met de voor Exxon Mobile specifieke verhouding van CO : H₂ = 1,3 : 1.

Koolmonoxide is toxisch en brandbaar, waterstof is alleen brandbaar. Vanwege de lage reactiviteit van koolmonoxide, wordt deze in risicoberekeningen alleen als toxisch beschouwd. In het mengsel van waterstof en koolmonoxide in de verhouding die in traject 4 aanwezig is, ontstaat een mengsel dat als schadelijk bij inhalatie geclassificeerd is. Daarom wordt dit mengsel in de modellering alleen als brandbaar beschouwd.

Bij het vrijkomen van oxogas kan een fakkelbrand ontstaan. Daar het oxogas voor een belangrijk deel uit waterstof bestaat, wordt de oxogasleiding gemodelleerd op dezelfde wijze als de waterstofleidingen. Dit houdt in dat de oxogasleiding wordt gemodelleerd met het User Defined Source, waarbij de hoeveelheid ingemengde lucht en de uitstroomsnelheid handmatig ingevoerd kunnen worden.

3 Modelleren omgeving

De relevante omgevingsdata voor de berekening van de externe risico's betreffen de weersgegevens, de ruwheidslengte en de bevolkingsdichtheid rondom de leidingen.

3.1 Weersgegevens

Er wordt gerekend met de weersgegevens van meetstation Nederland, zoals die zijn opgenomen in Safeti-NL [5]. In Tabel 6 is een overzicht gegeven van de weerklassen die worden beschouwd.

Tabel 6: Beschrijving weerklassen

Weerklasse	Beschrijving
B3	Instabiel weer, gematigd zonnig, lichte tot gemiddelde wind (3m/s)
D1,5	Licht instabiel weer, zonnig en zeer licht winderig (1,5 m/s)
D5	Neutraal weer, bewolkt en winderig (5 m/s)
D9	Neutraal weer, bewolkt en winderig (9 m/s)
E3	Licht stabiel, licht winderig (3 m/s)
F1,5	Zeer stabiel, zeer licht winderig (1,5 m/s)

3.2 Ruwheidslengte

De ruwheidslengte is een (kunstmatige) lengtemaat die de invloed van de omgeving op de dispersie aangeeft. Het leidingtraject overbruggt een grote afstand waarin verschillende omgevingen worden gepasseerd. Daarom wordt gerekend met de gemiddelde ruwheidslengte van 100 mm.

3.3 Modelleren populatie

Om te bepalen tot welke afstand vanaf het leidingtraject de bevolkingsgegevens van belang zijn met betrekking tot het groepsrisico, wordt het invloedsgebied bepaald. Het invloedsgebied is gedefinieerd als het gebied tot waar een LOC van de leiding een effect kan hebben op de omgeving (maximale effectafstand). Voor het uitvoeren van een QRA wordt de afstand tot de 1% letaliteitsgrens, voor het meest ongunstige weertype gebruikt als de maximale effectafstand.

De te modelleren populatie wordt per traject in het desbetreffende hoofdstuk beschreven.

4 Berekende risico's

De resultaten van de QRA worden voor de afzonderlijke trajecten weergegeven in de volgende hoofdstukken. Hierbij is het risico uitgedrukt in het plaatsgebonden risico en het groepsrisico. Behalve de plaatsgebonden risico contouren en de groepsrisico curve is beschreven welke scenario's procentueel de grootste bijdrage leveren aan de risico's.

4.1 Plaatsgebonden risico

Het plaatsgebonden risico (PR) is de kans per jaar op een dodelijk ongeval ten gevolge van een ongewoon voorval (ongevalscenario) indien een persoon (onbeschermd in de buitenlucht) zich bevindt op een bepaalde plaats waar hij voortdurend (24 uur per dag en gedurende het gehele jaar) wordt blootgesteld aan de schadelijke gevolgen van een voorval. Het PR wordt weergegeven in de vorm van PR-contouren. Hierbij geven de contouren locaties met gelijke kansen op overlijden weer. Zo toont de PR-contour van 10^{-6} per jaar de locaties waar de kans op het overlijden van een persoon eens in het miljoen jaar bedraagt. Het PR is onafhankelijk van de bevolkingsverdeling in de omgeving van de inrichting.

4.2 Groepsrisico

Het groepsrisico (GR) is de kans per jaar dat een groep van een bepaalde omvang dodelijk slachtoffer wordt van een ongeval. Het GR wordt vastgelegd in een zogenaamde F(N)-curve en is, in tegenstelling tot het PR, afhankelijk van de bevolkingsverdeling in de omgeving van de inrichting. In een F(N)-curve staat op de verticale as de kans weergegeven dat meer dan N slachtoffers ten gevolge van het beschouwde scenario komen te overlijden. Deze kans wordt uitgedrukt in de eenheid 'per jaar'. Op de horizontale as staat het aantal slachtoffers weergegeven.

De oriënterende normwaarde voor het GR is de rechte lijn gevormd door twee punten van de grafiek frequentie versus aantal slachtoffers. Deze punten zijn 10^{-4} per jaar voor 10 slachtoffers en 10^{-6} per jaar voor 100 slachtoffers.

Voor leidingen wordt het plaatsgebonden risico weergegeven voor die kilometer met het hoogste plaatsgebonden risico. Deze kilometer bevindt zich daar, waar de meeste populatie rond de leiding is. Daar waar twijfel bestaat is de kilometer met het hoogste risico bepaald door de verschillende kilometers die in aanmerking komen te berekenen. Alleen de kilometers met het hoogste groepsrisico zijn opgenomen in dit rapport.

5 Traject 1: Terneuzen naar Zelzate

5.1 Ligging

Traject 1 ligt van Terneuzen naar Zelzate. **Figuur 1** toont de ligging van het traject in de omgeving.



Figuur 1: Traject 1, ligging

De leidingen bevinden zich ondergronds.

Het traject loopt door Zeeuws-Vlaanderen, door een gebied dat voornamelijk als landbouwgrond in gebruik is.

5.2 Stoffen en leidingeigenschappen

Over het traject wordt alleen waterstof getransporteerd.

Tabel 7 toont de eigenschappen van de leiding.

Tabel 7: Traject 1, eigenschappen

Stof	Inwendige diameter [mm]	Uitwendige diameter [mm]	Wanddikte [mm]	Debiet [Nm ³ /hr]	Bedrijfsdruk [barg]
Waterstof	106,3	114,3	4	5.000	100

Conform de Handleiding Risicoberekeningen BevB 2.0 module D [2] worden in de berekening de volgende waarden gebruikt voor hoeveelheid ingemengde lucht en uitstroomsnelheid:

- Hoeveelheid ingemengde lucht: 447 kg/s;
- Uitstroomsnelheid: 45 m/s.

5.3 Modelleren populatie

Van de scenario's beschouwd in de QRA bedraagt de effectafstand maximaal 67 meter. Deze afstand wordt gevonden voor een jetfire ten gevolge van een breuk van de leiding met waterstof bij weertype D9 m/s.

Met betrekking tot het groepsrisico houdt bovenstaande in, dat voor deze QRA de bevolkingsgegevens in een straal van minimaal 67 meter langs het leidingtraject in kaart dienen te worden gebracht.

De hoogste populatiedichtheid bevindt zich op het industrieterrein bij Air Liquide Terneuzen. Tevens bevindt zich een bedrijf aan de Vogelschordreef (tussen Philippine en Sluiskil) zich op een afstand van circa 15 meter tot de leiding. Dit bedrijf is een beperkt kwetsbaar object. Het dichtstbijzijnde kwetsbare object is het kantoor van de Dow Benelux B.V. op een afstand van 400 meter tot de leiding.

Het totale aantal personen werkzaam bij Dow Benelux is aangeleverd door de afdeling Public Affairs van Dow Benelux. Hiervan is, conform de PGS 1, aangenomen dat 80% van de personen overdag en 20% 's nachts aanwezig is. Het dagdeel 'nacht' omvat 56% van een etmaal, het dagdeel 'dag' omvat 44% van een etmaal. Safeti-NL maakt geen onderscheid of deze mensen zich binnen een gebouw of in de buitenlucht bevinden, daarom is hier geen rekening mee gehouden.

De gegevens met betrekking tot het bedrijf aan de Remoortepoldersestraat is conservatief geschat op basis van de PGS 1 [4]. Hierbij is aangenomen dat in dit bedrijf 's nachts niet wordt gewerkt.

De populatiegegevens worden samengevat in Tabel 8.

Tabel 8: Traject 1, populatiegegevens

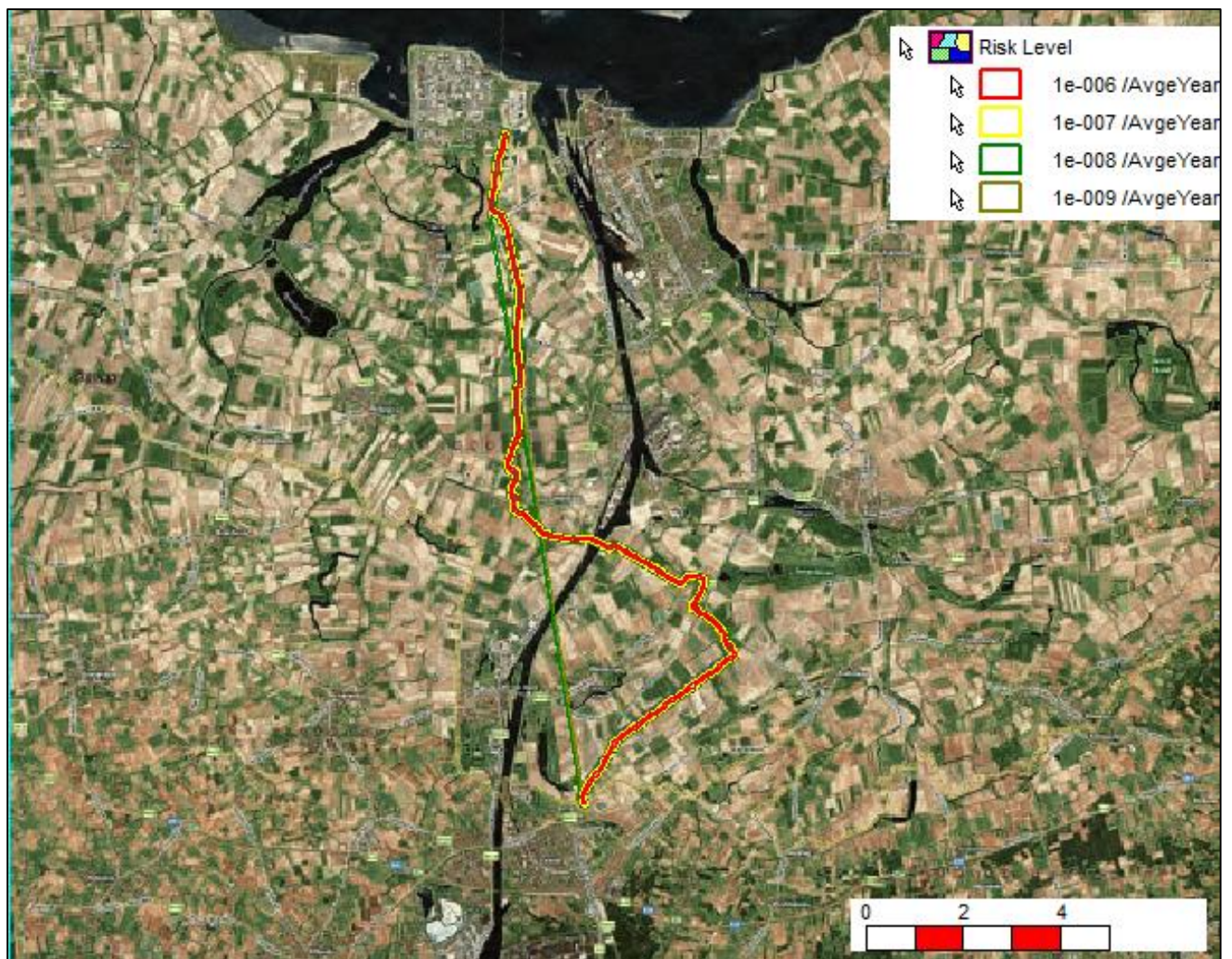
Bedrijf	Populatie dag	Populatie nacht
Dow Benelux B.V.	1360	340
Bedrijf aan de Remoortepoldersestraat	40 per hectare	0

5.4 Resultaten

Hieronder worden de resultaten getoond van de QRA van traject 1.

5.4.1 Plaatsgebonden risico

In **Figuur 2** wordt het berekende plaatsgebonden risico ten gevolge van traject 1 weergegeven.



Figuur 2: Traject 1, plaatsgebonden risico

Uit de berekeningen blijkt dat er plaatsgebonden risico van 10^{-6} per jaar ontstaat ten gevolge van de waterstofleiding in traject 1.

Het plaatsgebonden risico van 10^{-6} per jaar ligt op geen van de bovenstaande locaties over een kwetsbaar object.

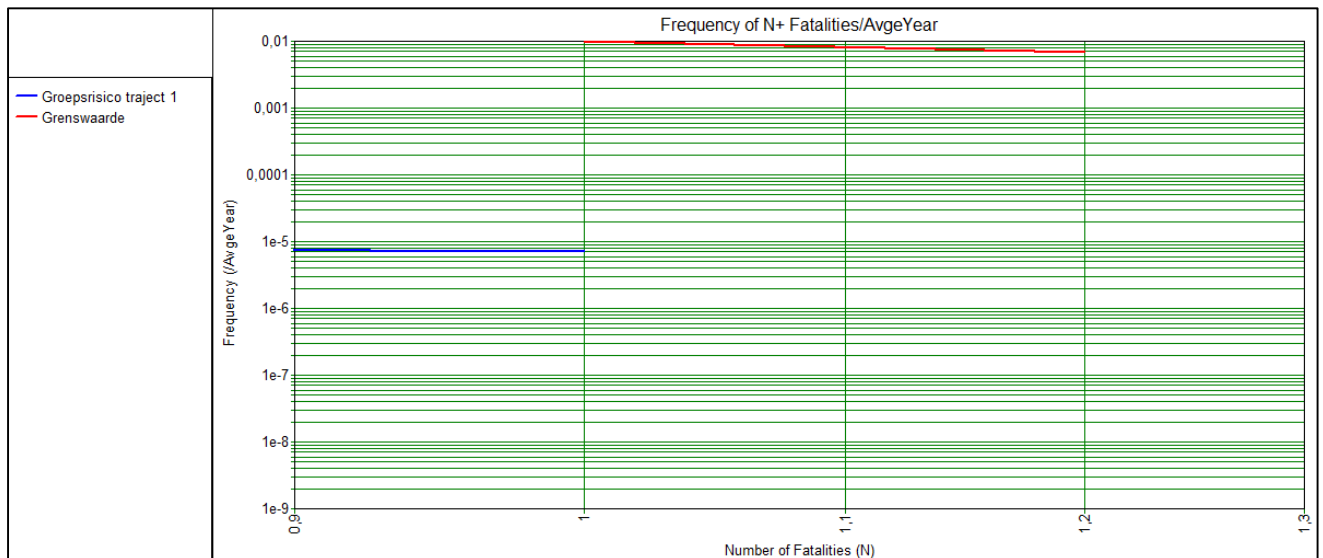
5.4.2 Groepsrisico

Voor traject 1 is het deel van de leiding met het hoogste risico het deel dat zich aan de noordzijde, nabij het terrein van Dow Benelux B.V., bevindt. **Figuur 3 toont het deel van de leiding met het hoogste groepsrisico.**



Figuur 3: Traject 1, ligging kilometer met hoogste groepsrisico

Het groepsrisico voor de worst case kilometer van traject 1 wordt getoond in **Figuur 4**.



Figuur 4: Traject 1, groepsrisico, kilometer met hoogste groepsrisico

5.4.3 Schadeafstanden

De schadeafstanden voor traject 1 zijn opgenomen in Tabel 9.

Tabel 9: Traject 1, schadeafstanden

Leiding	Weerklasse F1.5		Weerklasse D5	
	1% letaliteit	100% letaliteit	1% letaliteit	100% letaliteit
Waterstof	38 m	-	64 m	21

6 Traject 2: Bergen op Zoom

6.1 Ligging

Traject 2 bevindt zich in de directe omgeving van Bergen op Zoom. **Figuur 5** toont de ligging van het traject in de omgeving.



Figuur 5: Traject 2, ligging

De leidingen bevinden zich ondergronds.

Het traject start op het industrieterrein van Bergen Op Zoom en steekt de Oosterschelde over richting Woensdrecht.

De dichtstbijzijnde bebouwing is een loods / bedrijf aan de Oostelijke Schelde Rijnweg in Reimerswaal, op een afstand van 4,5 meter tot de leiding.

6.2 Stoffen en leidingeigenschappen

Over het traject worden de volgende stoffen getransporteerd:

- Koolmonoxide;
- Waterstof.

Tabel 10 toont de eigenschappen van de leidingen.

Tabel 10: Traject 2, eigenschappen

Stof	Inwendige diameter [mm]	Uitwendige diameter [mm]	Wanddikte [mm]	Debiet [Nm ³ /hr]	Bedrijfsdruk [barg]
Koolmonoxide	158,7	168,3	4,8	8.000	70
Waterstof	156,1	219,1	6,1	24.000	110

Conform de Handleiding Risicoberekeningen BevB 2.0 module D [2] worden in de berekening de volgende waarden gebruikt voor de hoeveelheid ingemengde lucht en de uitstroomsnelheid bij de waterstofleiding:

- Hoeveelheid ingemengde lucht: 799 kg/s;
- Uitstroomsnelheid: 64 m/s.

6.3 Modelleren populatie

Van de scenario's beschouwd in de QRA bedraagt de effectafstand maximaal 102 meter. Deze afstand wordt gevonden voor een jettfire ten gevolge van een breuk van de leiding met waterstof bij weertype D9 m/s.

Met betrekking tot het groepsrisico houdt bovenstaande in, dat voor deze QRA de bevolkingsgegevens in een straal van minimaal 102 meter langs het leidingtraject in kaart dienen te worden gebracht.

Binnen de effectafstand van de leiding bevindt zich nauwelijks populatie. De hoogste populatiedichtheid bevindt zich op het industrieterrein in Bergen Op Zoom, waar de leiding start. Omdat Air Liquide onder de vergunning van Sabic valt, kunnen Sabic en Air Liquide voor de externe veiligheid als één inrichting beschouwd worden. Daarom wordt de populatie op het terrein van Sabic niet opgenomen in de risicoberekeningen.

Voor het overige deel ligt de leiding in een polderlandschap of in de Oosterschelde.

De populatiegegevens zijn opgesteld op basis van de PGS 1 [4]. Hierbij is conservatief aangenomen, dat het industrieterrein in Bergen Op Zoom een personendichtheid heeft van 40 personen per hectare gedurende de dag. Voor de nacht is conform PGS 1 een aanwezigheid van 20% aangenomen. De populatiegegevens zijn samengevat in Tabel 11.

Tabel 11: Traject 2, populatiegegevens

	Populatie overdag [per hectare]	Populatie nacht [per hectare]
Industrieterrein Bergen Op Zoom	40	8

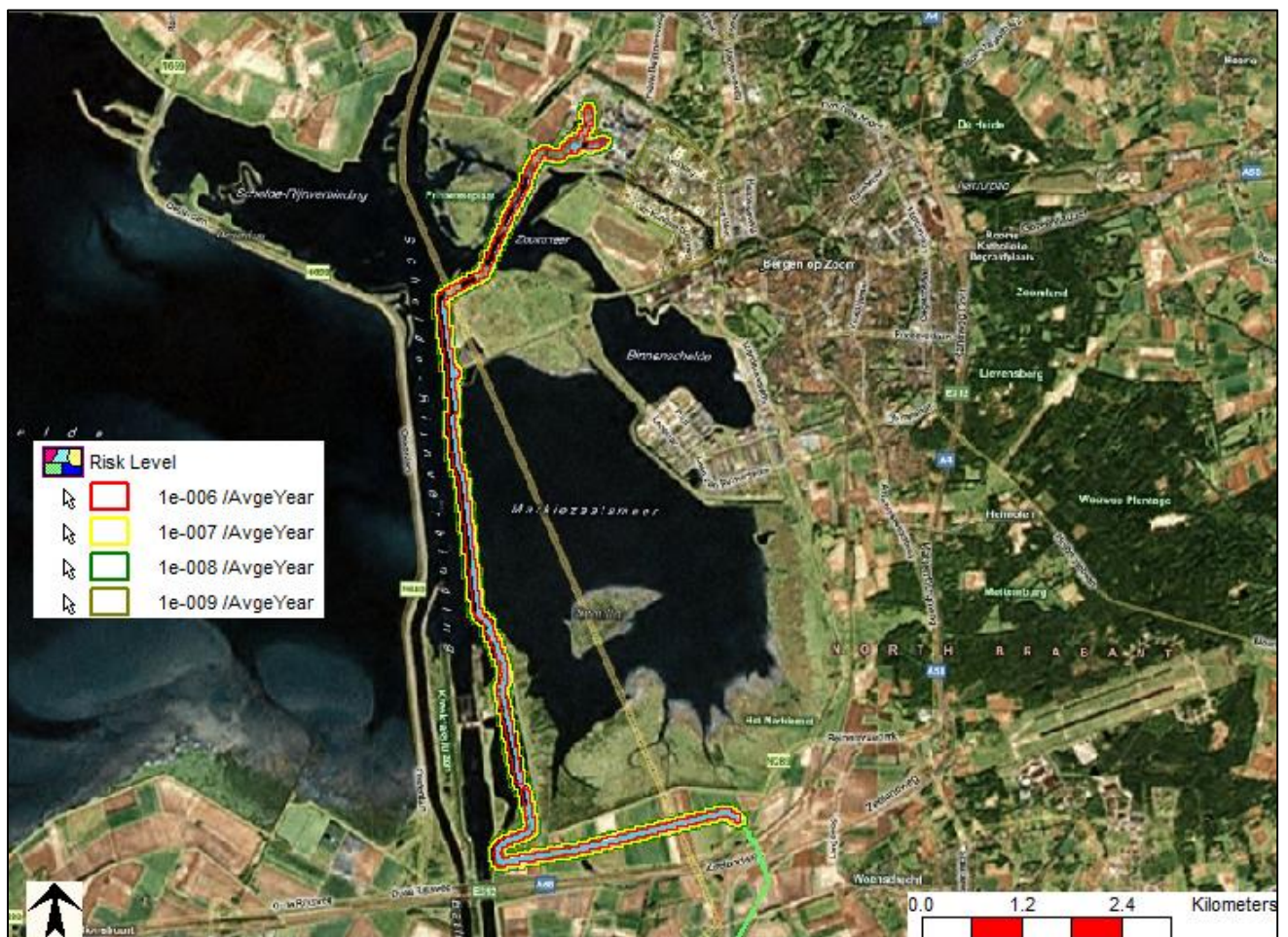
6.4 Resultaten

De resultaten van de QRA van traject 2 worden hieronder weergegeven.

6.4.1 Plaatsgebonden risico

6.4.1.1 Waterstof

In **Figuur 6** wordt het berekende plaatsgebonden risico ten gevolge van de waterstofleiding in traject 2 weergegeven. Vanwege de discrepantie in Safeti-NL zijn de ISO contouren van de 10^{-9} per jaar niet weergegeven in de onderstaande figuur.



Figuur 6: Traject 2, plaatsgebonden risico waterstofleiding

Uit de berekeningen blijkt dat er plaatsgebonden risico van 10^{-6} per jaar ontstaat ten gevolge van de waterstofleiding in traject 2.

Het plaatsgebonden risico van 10^{-6} per jaar ligt op geen van de bovenstaande locaties over een kwetsbaar object.

6.4.1.2 Koolmonoxide

Uit de berekeningen blijkt, dat er geen risicocontour van 10^{-9} of groter per jaar ontstaat ten gevolge van de risico's van deze leiding.

6.4.2 Groepsrisico

Voor zowel de waterstofleiding als de koolmonoxideleiding blijkt uit de berekening, dat er geen sprake is van een groepsrisico.

6.4.3 Schadeafstanden

De schadeafstanden voor traject 1 zijn opgenomen in Tabel 12.

Tabel 12: Traject 1, schadeafstanden

Leiding	Weerklasse F1.5		Weerklasse D5	
	1% letaliteit	100% letaliteit	1% letaliteit	100% letaliteit
Waterstof	60 m	-	95 m	33

7 Traject 3: Beneluxplein - België

7.1 Ligging

Traject 3 ligt van Rotterdam Beneluxplein tot de grens met België. **Figuur** toont de ligging van het traject in de omgeving.



Figuur 7: Traject 3, ligging

De leidingen bevinden zich ondergronds.

Het dichtstbijzijnde kwetsbare object in de omgeving van traject 3 is de loods van Deege Coating Industrie B.V. aan de Kievitweg 2 te Moerdijk, deze bevindt zich op een afstand van 100 meter van het traject.

7.2 Stoffen en leidingeigenschappen

Over het traject worden de volgende stoffen getransporteerd:

- zuurstof;
- waterstof;
- stikstof;
- koolmonoxide.

Tabel 13 toont de eigenschappen van de leidingen.

Tabel 13: Traject 3, eigenschappen

Stof	Inwendige diameter [mm]	Wanddikte [mm]	Diepteligging [mm]	Bedrijfdruk [barg]	Debiet [Nm ³ /hr]
Zuurstof	260,4	6,3	>800	64	50.000
Waterstof	158,7	4,78	>800	110	40.000
Stikstof	311	6,4	>800	64	30.000
Koolmonoxide	157,1	4,8	>800	70	8.000

De zuurstofleiding loopt van Klundert tot Oud-Gastel. Figuur 8 toont de ligging van de zuurstofleiding.



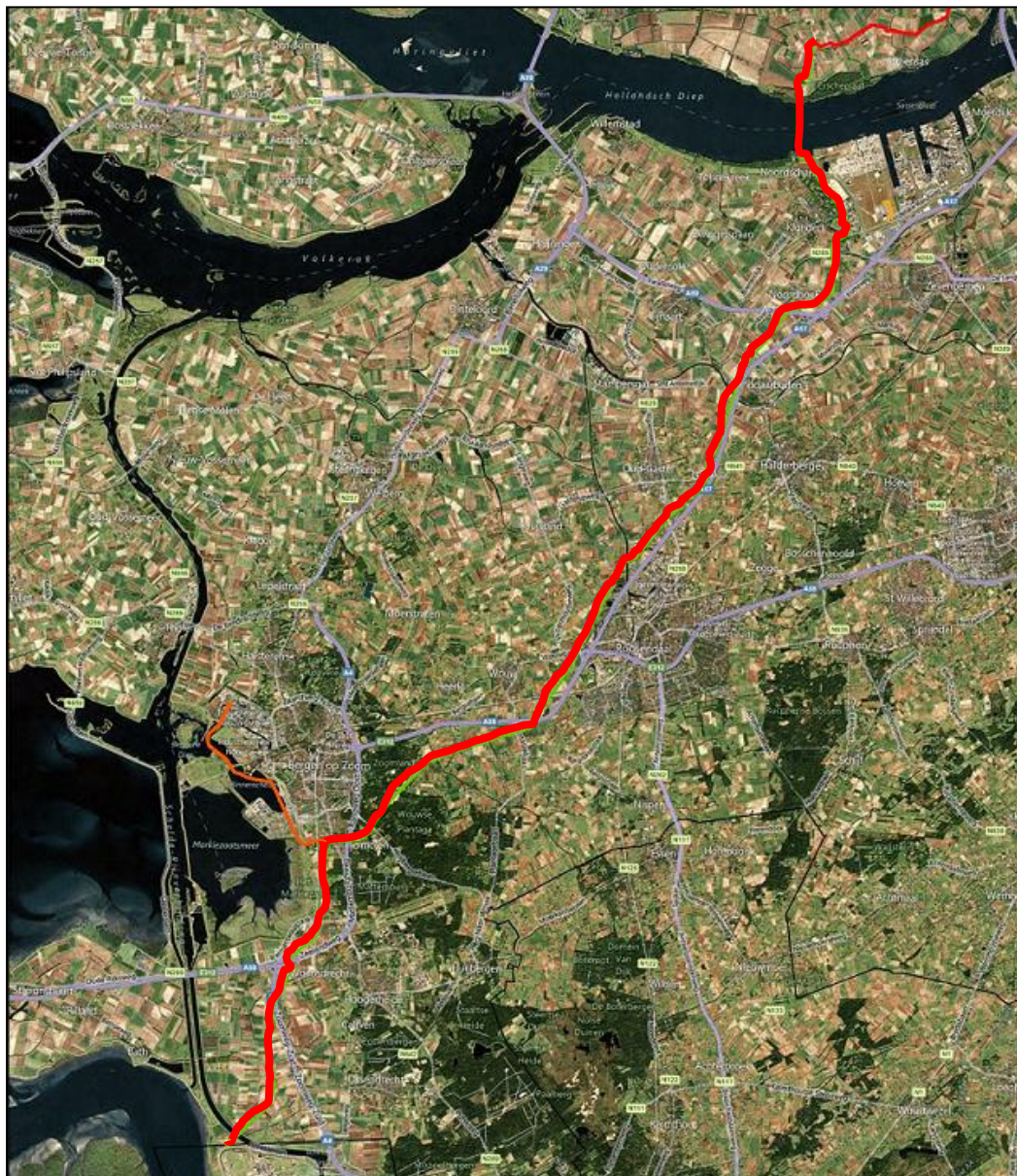
Figuur 8: Traject 3, ligging zuurstofleiding

De waterstofleiding volgt het gehele traject 3 zoals getoond in **Figuur 7**.

Conform de Handleiding Risicoberekeningen BevB 2.0 module D [2] worden in de berekening van de waterstofleiding de volgende waarden gebruikt voor hoeveelheid ingemengde lucht en uitstroomsnelheid:

- Hoeveelheid ingemengde lucht: 720 kg/s;
- Uitstroomsnelheid: 60 m/s.

De ligging van de stikstofleiding wordt getoond in Figuur 9.



Figuur 9: Traject 3, ligging stikstofleiding

De ligging van de koolmonoxideleiding wordt getoond in **Figuur 10**.



Figuur 10: Traject 3, ligging koolmonoxideleiding

7.3 Modelleren populatie

Van de scenario's beschouwd in de QRA bedraagt de effectafstand maximaal 105 meter. Deze afstand wordt gevonden voor een jetfire ten gevolge van een breuk van de leiding met waterstof bij weertype D9 m/s.

Met betrekking tot het groepsrisico houdt bovenstaande in, dat voor deze QRA de bevolkingsgegevens in een straal van minimaal 105 meter langs het leidingtraject in kaart dienen te worden gebracht.

De populatiegegevens zijn voor het deel dat in het Rijnmondgebied valt aangeleverd door de DCMR Milieudienst Rijnmond en afkomstig uit 2008. Voor het overige deel zijn de populatiegegevens opgesteld op basis van de PGS 1 [4]. Hierbij is conservatief aangenomen, dat het bedrijven in de omgeving van de een personendichtheid hebben van 40 personen per hectare gedurende de dag. Voor de nacht is conform PGS 1 een aanwezigheid van 20 aangenomen.

Voor de omwonenden is aangenomen dat 100% van de bewoners aanwezig zijn gedurende de nacht en 50% gedurende de dag. De populatiegegevens zijn samengevat in Tabel 14.

Tabel 14: Traject 3, populatiegegevens

	Populatie overdag	Populatie nacht
Bewoners Heinenoord	1.650 ¹	3.300 ¹
Industrie Heinenoord	40 per hectare	8 per hectare
Industrie Moerdijk	40 per hectare	8 per hectare
Bedrijventerrein Noordhoek	40 per hectare	8 per hectare
Bedrijventerrein Fijnaart	40 per hectare	8 per hectare
Bewoners Kreek	100 ²	200 ²
Bedrijven Halderberge	40 per hectare	8 per hectare
Bedrijven Woensdrecht	40 per hectare	8 per hectare

¹ gegevens afkomstig van de website van de gemeente Binnenmaas.

² gegevens afkomstig van de website van de gemeente Moerdijk.

7.4 Resultaten

Hieronder worden de resultaten getoond van de QRA van traject 3.

7.4.1 Plaatsgebonden risico

7.4.1.1 Waterstof

Figuur 11 toont het plaatsgebonden risico ten gevolge van de waterstofleiding in traject 3.



Figuur 11: Traject 3, plaatsgebonden risico waterstofleiding

Uit de berekeningen blijkt, dat er risicocontour van 10^{-6} per jaar ontstaat ten gevolge van de risico's van deze leiding.

Het plaatsgebonden risico van 10^{-6} per jaar ligt op geen van de bovenstaande locaties over een kwetsbaar object.

7.4.1.2 Stikstof

Uit de berekeningen blijkt, dat er geen risicocontour van 10^{-9} of groter per jaar ontstaat ten gevolge van de risico's van deze leiding.

7.4.1.3 Koolmonoxide

Figuur 12 toont het plaatsgebonden risico ten gevolge van de koolmonoxideleiding in traject 3.



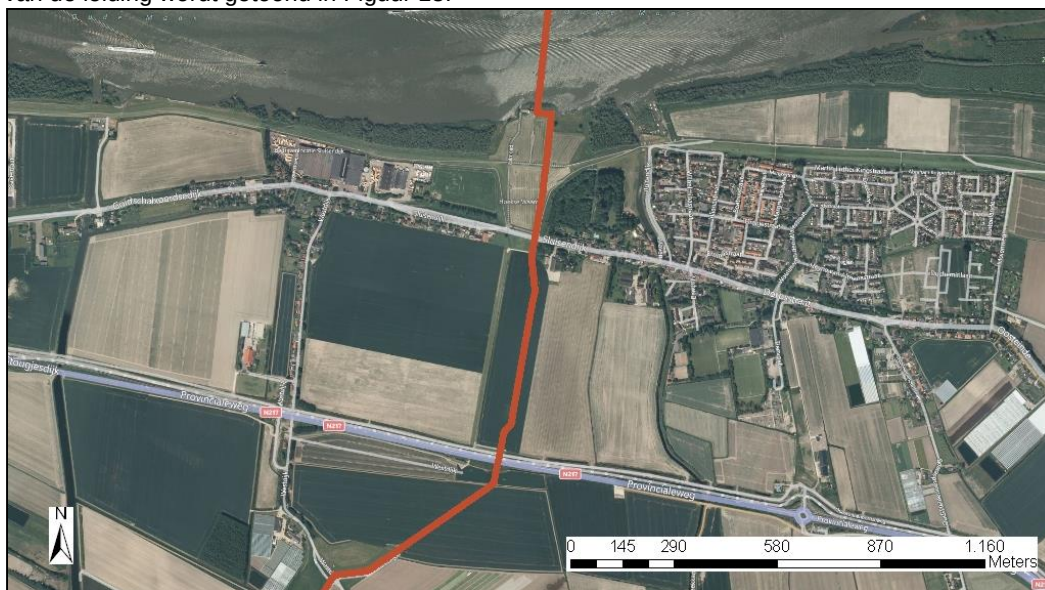
Figuur 12: Traject 3, plaatsgebonden risico koolmonoxideleiding

Uit de berekeningen blijkt, dat er geen risicocontour van 10^{-6} per jaar ontstaat ten gevolge van de risico's van deze leiding.

7.4.2 Groepsrisico

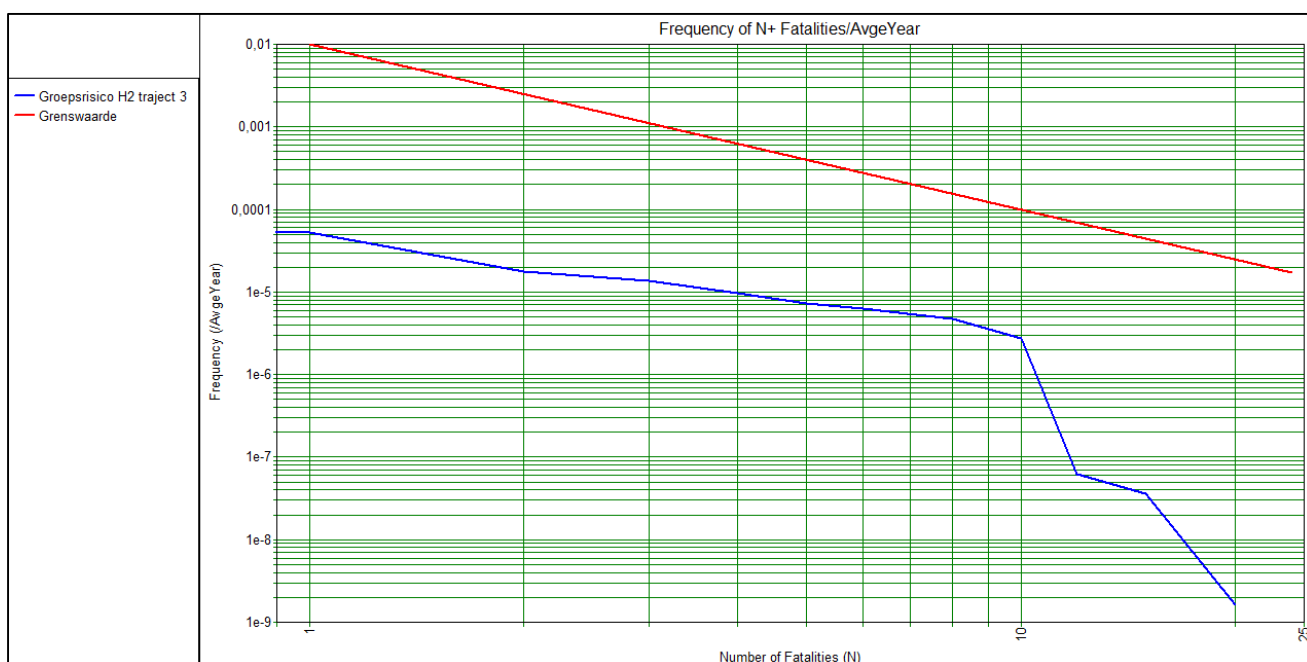
7.4.2.1 Waterstof

De kilometer waterstofleiding met het hoogste groepsrisico bevindt zich ten westen van Heinenoord. De ligging van dit deel van de leiding wordt getoond in Figuur 13.



Figuur 13: Traject 3, ligging kilometer met hoogste groepsrisico H₂

Figuur 14 toont het groepsrisico ten gevolge van de waterstofleiding bij deze kilometer in traject 3.



Figuur 14: Traject 3, groepsrisico waterstofleiding

7.4.2.2 Stikstof

Uit de berekeningen blijkt, dat er geen sprake is van een groepsrisico ten gevolge van de leiding met stikstof in traject 3.

7.4.2.3 Koolmonoxide

Uit de berekeningen blijkt, dat er geen sprake is van een groepsrisico ten gevolge van de leiding met koolmonoxide in traject 3.

7.4.3 Schade afstanden

De schade-afstanden voor de verschillende leidingen in traject 3 zijn opgenomen in Tabel 15.

Tabel 15: Traject 3, schade-afstanden

Leiding	Weerklasse F1.5		Weerklasse D5	
	1% letaliteit	100% letaliteit	1% letaliteit	100% letaliteit
Waterstof	60 m	-	100 m	34 m
Stikstof	<1 m	-	<1 m	
Koolmonoxide	-	-	13 m	-

8 Traject 4: Maasvlakte - Beneluxplein

8.1 Ligging

Traject 4 ligt in het havengebied van Rotterdam van de Maasvlakte tot het Beneluxplein. Figuur 15 toont de ligging van het traject in de omgeving.



Figuur 15: Traject 4, ligging

De leidingen bevinden zich ondergronds.

Het traject loopt door het havengebied van Rotterdam, langs verschillende industriegebieden. Woongebieden bevinden zich aan weerszijden van de leiding.

Het dichtstbijzijnde kwetsbare object in de omgeving van traject 4 is het kantoor van DSM Special Products aan de Montrealweg te Rotterdam, deze bevindt zich op een afstand van 71 meter van het traject. De dichtstbijzijnde woonwijk is het noordelijk deel van Hoogvliet, deze woonwijk bevindt zich op een afstand van minimaal 130 meter van de leiding.

8.2 Stoffen en leideingeenschappen

Over het traject worden de volgende stoffen getransporteerd:

- zuurstof;
- waterstof;
- stikstof;

- koolmonoxide;
- oxogas.

Tabel 16 toont de eigenschappen van de leidingen.

Tabel 16: Traject 4, eigenschappen

Stof	Inwendige diameter [mm]	Wanddikte [mm]	Diepteligging [mm]	Bedrijfdruk [barg]	Debiet [Nm ³ /hr]
Zuurstof	317,5	5,63	>800	64	40.000
Waterstof	156,1	6,1	>800	100	100.000
Stikstof	311	6,4	>800	70	30.000
Koolmonoxide*	157,1	5,6	>800	70	0
Oxogas	206,4	6,35	>800	70	19.000

Figuur 16 toont de ligging van de zuurstofleiding.



Figuur 16: Traject 4. ligging zuurstofleiding

De ligging van de waterstofleiding wordt getoond in Figuur 17.



Figuur 17: Traject 4, ligging waterstofleiding

Conform de Handleiding Risicoberekeningen BevB 2.0 module D [2] worden in de berekening de volgende waarden gebruikt voor de hoeveelheid ingemengde lucht en de uitstroomsnelheid:

- Hoeveelheid ingemengde lucht: 720 kg/s;
- Uitstroomsnelheid: 60 m/s.

De ligging van de stikstofleiding wordt getoond in Figuur 18.



Figuur 18: Traject 4, ligging stikstofleiding

De ligging van de koolmonoxideleiding wordt getoond in Figuur 19.



Figuur 19: Traject 4, ligging koolmonoxideleiding

De ligging van de leiding met oxogas wordt getoond in Figuur 20.



Figuur 20: Traject 4 ligging oxogasleiding

Conform de Handleiding Risicoberekeningen BevB 2.0 module D [2] worden in de berekening de volgende waarden gebruikt voor de hoeveelheid ingemengde lucht en de uitstroomsnelheid voor de oxogasleiding:

- Hoeveelheid ingemengde lucht: 880 kg/s;
- Uitstroomsnelheid: 65 m/s.

8.3 Modelleren populatie

Van de scenario's beschouwd in de QRA bedraagt de effectafstand maximaal 164 meter. Deze afstand wordt gevonden voor een jettfire ten gevolge van een breuk van de leiding met waterstof bij weertype D9 m/s.

Met betrekking tot het groepsrisico houdt bovenstaande in, dat voor deze QRA de bevolkingsgegevens in een straal van minimaal 164 meter langs het leidingtraject in kaart dienen te worden gebracht.

De populatiegegevens zijn aangeleverd door de DCMR Milieudienst Rijnmond en afkomstig uit 2008. De populatiegegevens bevatten de volgende gemeenten:

- Albrandswaard;
- Barendrecht;

- Bernisse;
- Brielle;
- Maassluis;
- Rotterdam (zuid-westelijk deel);
- Rozenburg;
- Schiedam;
- Spijkenisse;
- Vlaardingen;
- Westvoorne.

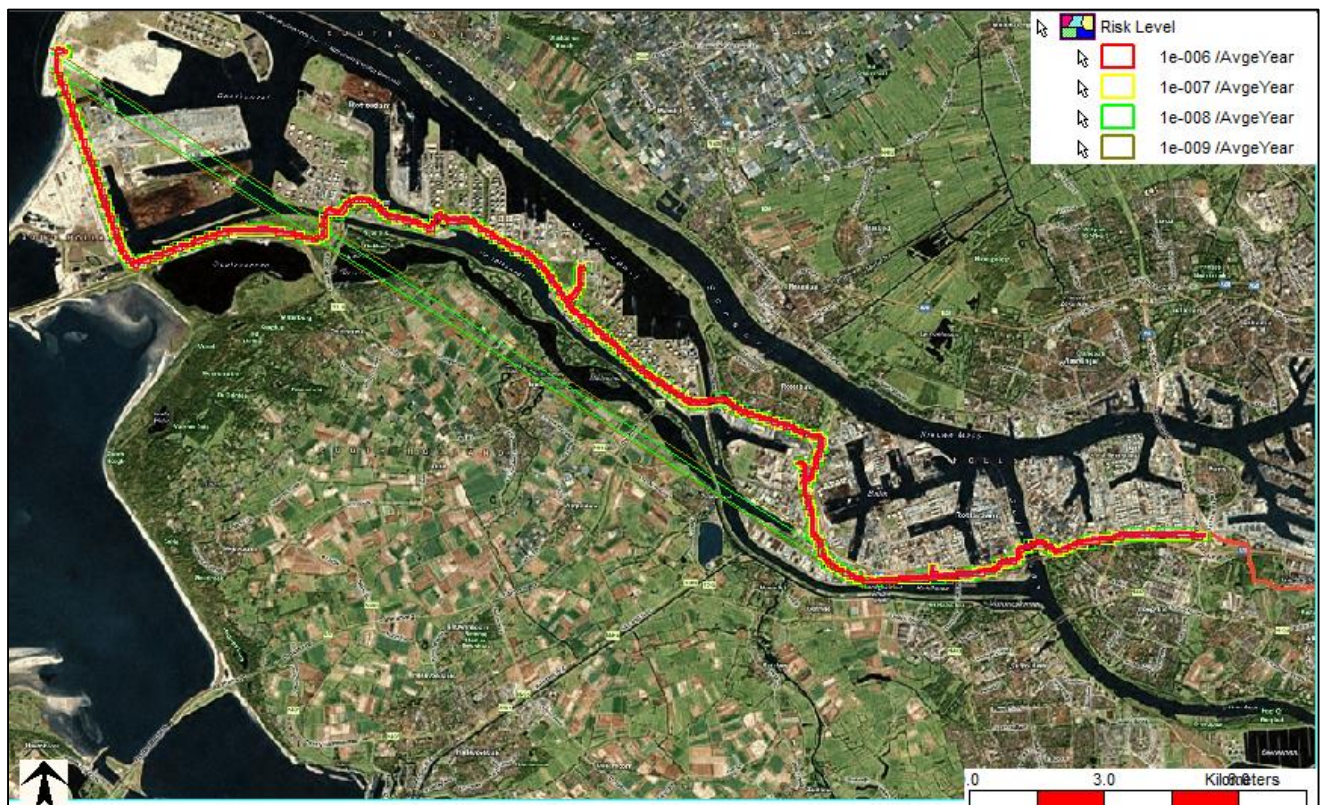
8.4 Resultaten

Hieronder worden de resultaten van de QRA van traject 4 weergegeven.

8.4.1 Plaatsgebonden risico

8.4.1.1 Waterstof

Figuur 21 toont het plaatsgebonden risico ten gevolge van de waterstofleiding in traject 4. Vanwege de discrepanties in Safeti-NL zijn de ISO contouren van de 10^{-9} niet weergegeven in de onderstaande figuur.



Figuur 21: Traject 4, plaatsgebonden risico waterstofleiding

Uit de berekeningen blijkt, dat er een plaatsgebonden risico van 10^{-6} per jaar ontstaat ten gevolge van de waterstofleiding in traject 4.

Het plaatsgebonden risico van 10^{-6} per jaar ligt op geen van de bovenstaande locaties over een kwetsbaar object.

8.4.1.2 Stikstof

Uit de berekeningen blijkt, dat er geen sprake is van een plaatsgebonden risico ten gevolge van de leiding met stikstof in traject 4.

8.4.1.3 Koolmonoxide

Figuur 22 toont het plaatsgebonden risico ten gevolge van de koolmonoxideleiding in traject 4.

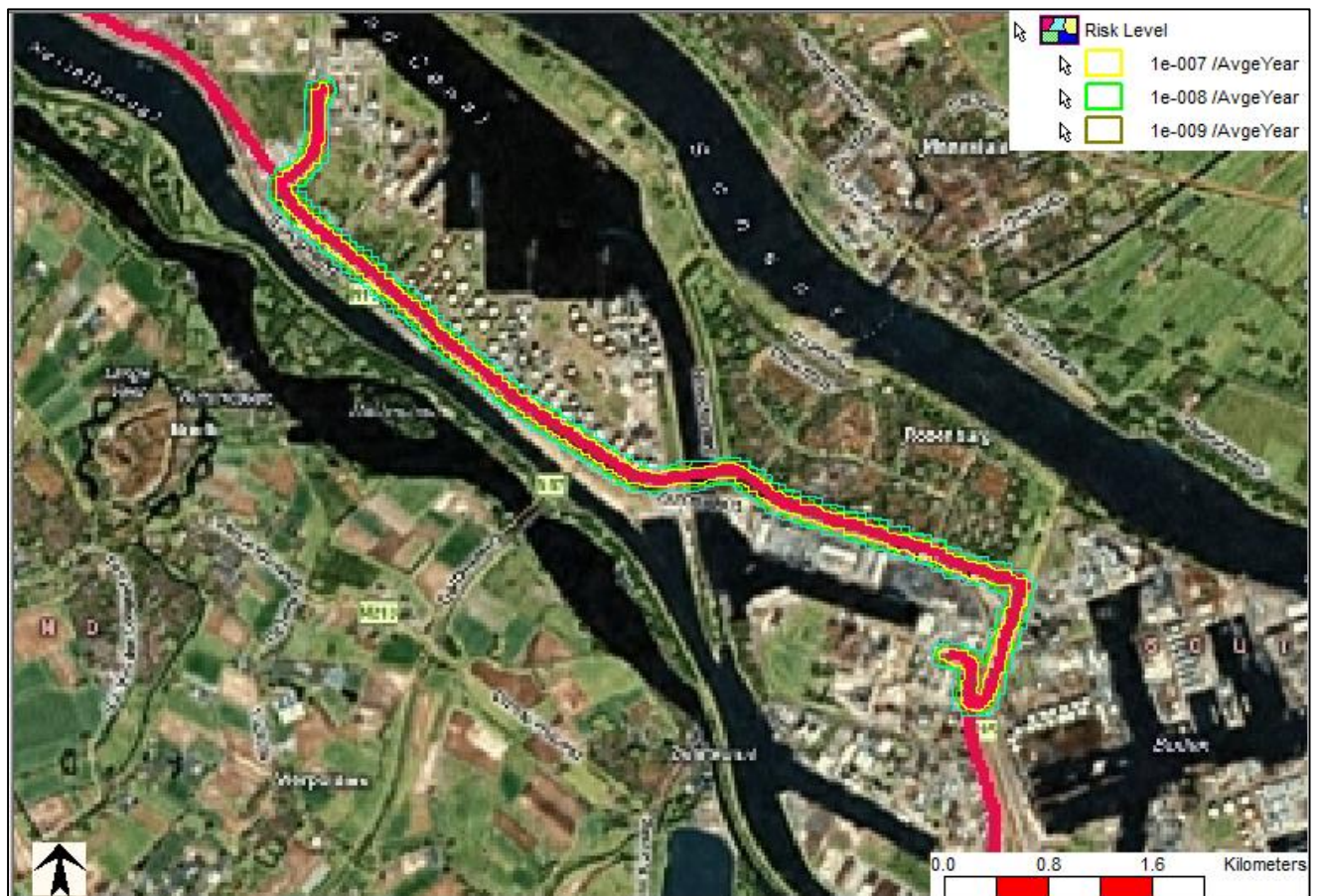


Figuur 22: Traject 4, plaatsgebonden risico koolmonoxideleiding

Uit de berekeningen blijkt dat er geen groepsrisico van 10^{-6} per jaar ontstaat.

8.4.1.4 Oxogas

Figuur 23 toont het plaatsgebonden risico ten gevolge van de oxogasleiding in traject 4.

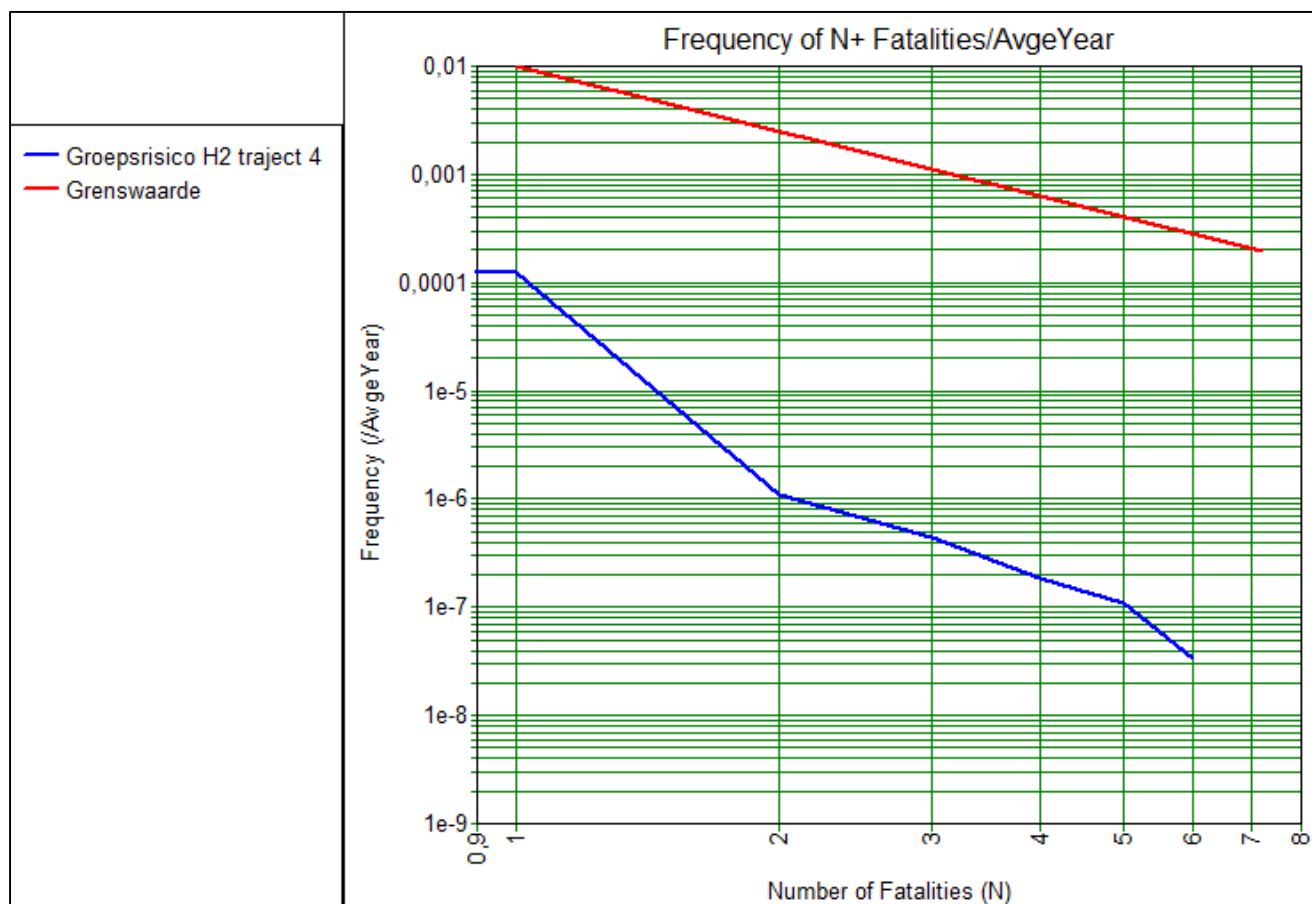


Figuur 23: Traject 4, plaatsgebonden risico oxogasleiding

Uit de berekeningen blijkt dat er geen groepsrisico van 10^{-6} per jaar ontstaat.

8.4.2 Groepsrisico

8.4.2.1 Waterstof



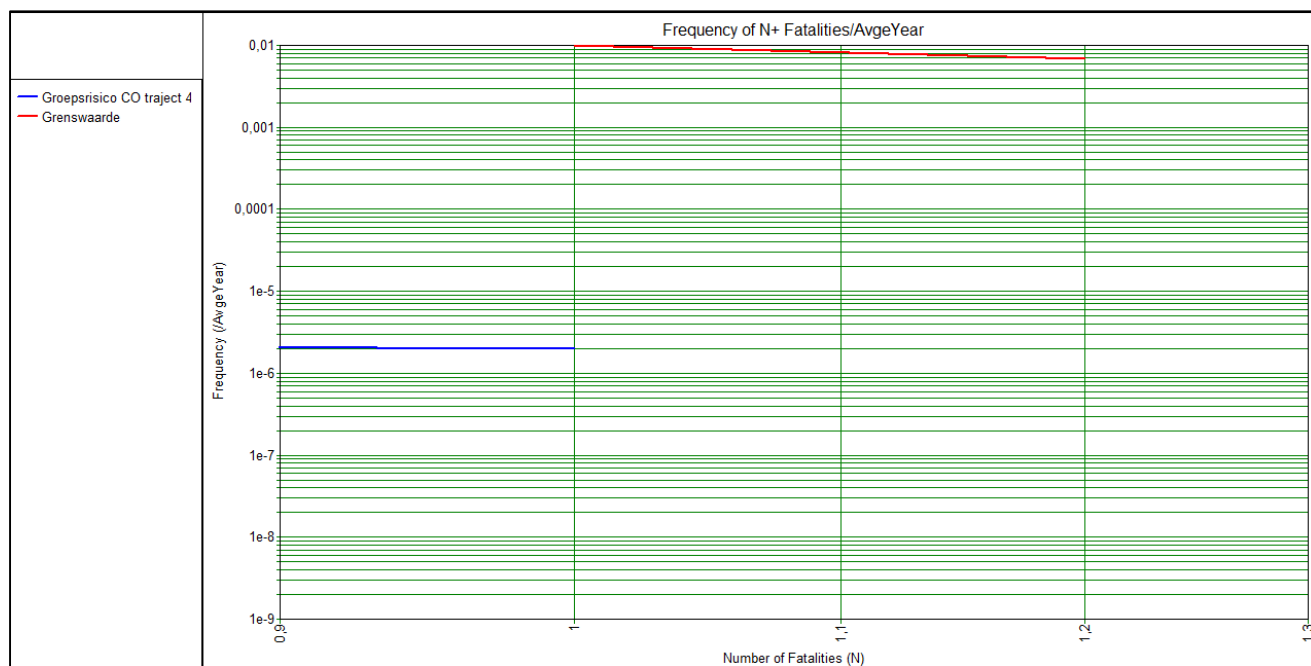
Figuur 24: Traject 4, groepsrisico waterstofleiding

8.4.2.2 Stikstof

Uit de berekeningen blijkt dat er geen sprake is van een groepsrisico ten gevolge van de stikstofleiding.

8.4.2.3 Koolmonoxide

De kilometer koolmonoxideleiding met het hoogste groepsrisico bevindt zich ten noordoosten van Hoogvliet. Figuur 25 toont het berekende groepsrisico ten gevolge van de koolmonoxideleiding.

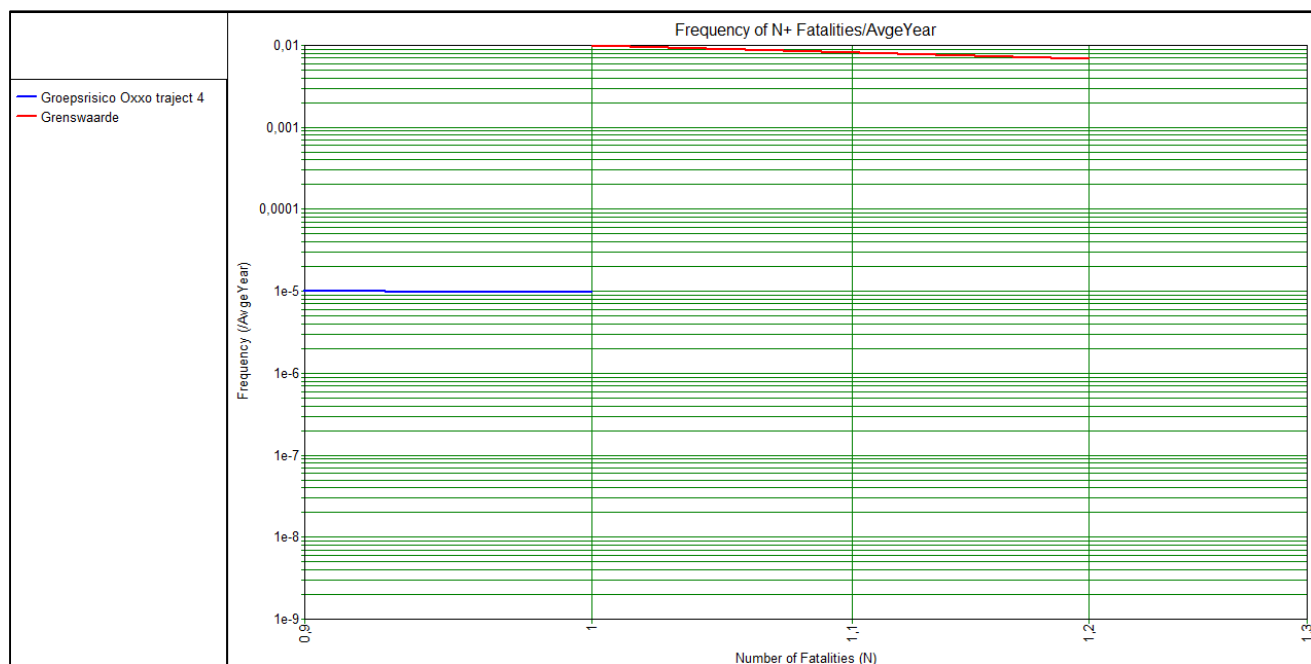


Figuur 25: Traject 4, groepsrisico koolmonoxideleiding

8.4.2.4 Oxogas

De kilometer oxogasleiding met het hoogste groepsrisico is het stuk leiding ten zuiden van Rozenburg. Hier bevindt zich de hoogste populatie in de directe nabijheid van de leiding.

Figuur 26 toont het groepsrisico op de kilometer met het hoogste groepsrisico ten gevolge van de oxogasleiding in traject 4.



Figuur 26: Traject 4, groepsrisico oxogasleiding

8.4.3 Schadeafstanden

De schadeafstanden voor de verschillende leidingen in traject 4 zijn opgenomen in Tabel 17.

Tabel 17: Traject 4, schade-afstanden

Leiding	Weerklasse F1.5		Weerklasse D5	
	1% letaliteit	100% letaliteit	1% letaliteit	100% letaliteit
Waterstof	50 m	-	86 m	27 m
Stikstof	<1 m	-	<1 m	-
Koolmonoxide	-	-	18 m	-
Oxogas	7 m	-	70 m	6 m

9 Traject 5: Roosendaal

9.1 Ligging

Traject 5 is het traject Philips Roosendaal². Figuur 27 toont de ligging van het traject in de omgeving als de rode lijn.



Figuur 27: Traject 5, ligging

Niet getoond in de figuur is het deel van de leiding naar de aansluiting op de leidingstraat Rotterdam – Antwerpen. De leiding bevindt zich ondergronds. Het traject bevindt zich volledig op het terrein van Philips Roosendaal.

9.2 Stoffen en leidingeigenschappen

Over het traject wordt zuurstof getransporteerd. Tabel 18 toont de eigenschappen van de leiding.

Tabel 18: Traject 5, eigenschappen

Stof	Inwendige diameter [mm]	Uitwendige diameter [mm]	Wanddikte [mm]	Debiet [Nm ³ /hr]	Bedrijfsdruk [barg]
Zuurstof	110,3	114,3	4	0	64

² Traject 5 is door Air Liquide met ingang van 7 januari 2013 verkocht. Voor de voorledigheid wordt de berekening van dit traject meegenomen in deze QRA rapportage.

Zoals beschreven in paragraaf 2.4.1 blijkt uit de effectberekeningen van de zuurstofleiding dat de concentratie zuurstof waarbij de 1% letaliteitsgrens wordt bereikt, direct boven de leiding wordt bereikt. Vanwege de zeer geringe afstand die de 1%-letaliteitsgrens kan bereiken zonder het in ogenschouw nemen van de kans dat een breuk voorkomt, kan worden gesteld dat deze leiding, voor personen die zich niet direct boven de leiding bevinden, geen risico's met zich meebrengt. Daarom wordt de zuurstofleiding in deze QRA niet opgenomen.

10 Traject 6: België - Geleen

10.1 Ligging

Traject 6 loopt van de grens met België tot aan Geleen (DSM – USG). Figuur 28 toont de ligging van het traject in de omgeving als de rode lijn.



Figuur 28: Traject 6, ligging

De leidingen bevinden zich ondergronds.

Het dichtstbijzijnde kwetsbare object is het kantoor van de Holland Sweetener Company aan de Koestraat 1 te Geleen, op een afstand van circa 164 meter tot het traject.

10.2 Stoffen en leidingeigenschappen

Over het traject worden de volgende stoffen getransporteerd:

- zuurstof;
- stikstof.

Tabel 19 toont de eigenschappen van de leidingen.

Tabel 19: Traject 6, eigenschappen

Stof	Inwendige diameter [mm]	Uitwendige diameter [mm]	Wanddikte [mm]	Debiet [Nm ³ /hr]	Bedrijfsdruk [barg]
Zuurstof	157,9	168,3	5,2	6.000	64
Stikstof	260,3	273,1	6,4	26.000	64

De zuurstofleiding volgt het gehele traject 6 zoals getoond in Figuur. Vanwege de effectberekeningen, beschreven in paragraaf 2.4.1, wordt de zuurstofleiding in de QRA niet opgenomen.

De stikstofleiding volgt het gehele traject 6 zoals getoond in Figuur.

10.3 Modelleren populatie

Van de scenario's beschouwd in de QRA bedraagt ligt de effectafstand op een afstand van circa 0,35 meter aan weerszijden van de leiding. Deze afstand wordt gevonden voor een toxische wolk ten gevolge van een breuk van de leiding met stikstof bij weertype F1.5 m/s.

Met betrekking tot het groepsrisico houdt bovenstaande in, dat voor deze QRA de bevolkingsgegevens in de zeer directe omgeving van de leiding in kaart dienen te worden gebracht. Binnen een afstand van 0,35 aan weerszijden van de leiding bevindt zich geen populatie.

10.4 Resultaten

Hieronder worden de resultaten van de QRA van traject 6 weergegeven.

10.4.1 Plaatsgebonden risico

10.4.1.1 Stikstof

Uit de berekeningen blijkt, dat er geen risicocontour van 10⁻⁹ of groter per jaar ontstaat ten gevolge van de risico's van deze leiding.

10.4.2 Groepsrisico

10.4.2.1 Stikstof

Uit de berekeningen blijkt, dat er geen sprake is van een groepsrisico ten gevolge van de stikstofleiding.

10.4.3 Schadeafstanden

De schade-afstanden ten gevolge van traject 6 worden getoond in Tabel 20.

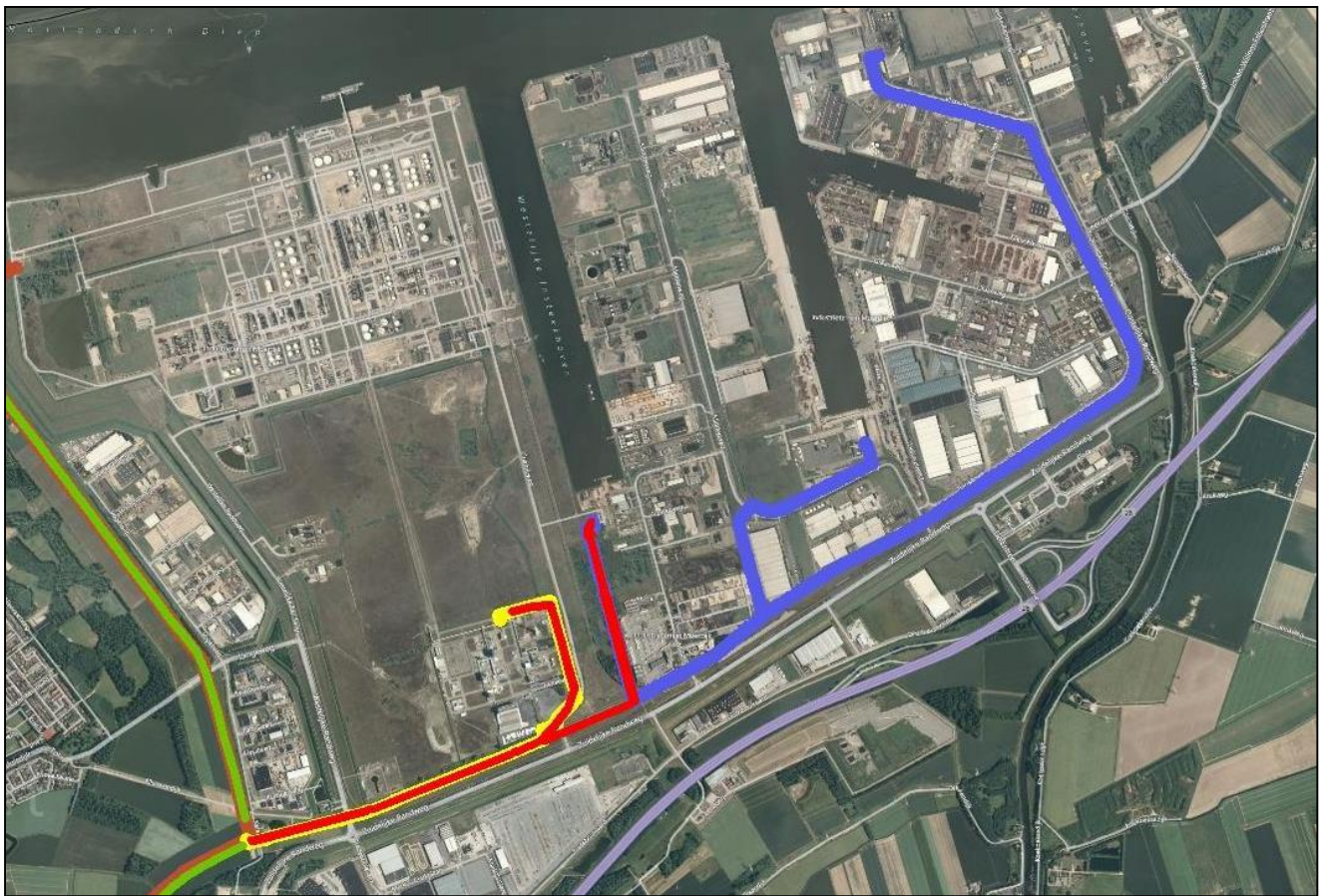
Tabel 20: Traject 6, schade-afstanden

Leiding	Weerklasse F1.5		Weerklasse D5	
	1% letaliteit	100% letaliteit	1% letaliteit	100% letaliteit
Stikstof	<1 m	-	<1 m	-

11 Traject 7: Industrierrein Moerdijk

11.1 Ligging

Traject 7 ligt op het Industrierrein Moerdijk. Figuur 29 toont de ligging van het traject in de omgeving als rode, gele en blauwe lijnen.



Figuur 29: Traject 7, ligging

De leidingen bevinden zich ondergronds.

Er bevinden zich meerdere kwetsbare objecten in de directe omgeving van de leiding:

- Loods (oppervlakte >1.000 m²) Adidas Benelux B.V., op een afstand van circa 85 m.
- Loods (oppervlakte >1.000 m²) Zeehavenbedrijf Dordrecht B.V., op een afstand van circa 65 m.
- Loods (oppervlakte >1.000 m²) Neobulk Warehousing B.V., op een afstand van circa 140 m.
- Loods (oppervlakte >1.000 m²) Talke Nederland B.V., op een afstand van circa 70 m.

Er bevinden zich geen woonwijken in de directe omgeving van de leiding.

11.2 Stoffen en leidingeigenschappen

Over het traject worden de volgende stoffen getransporteerd:

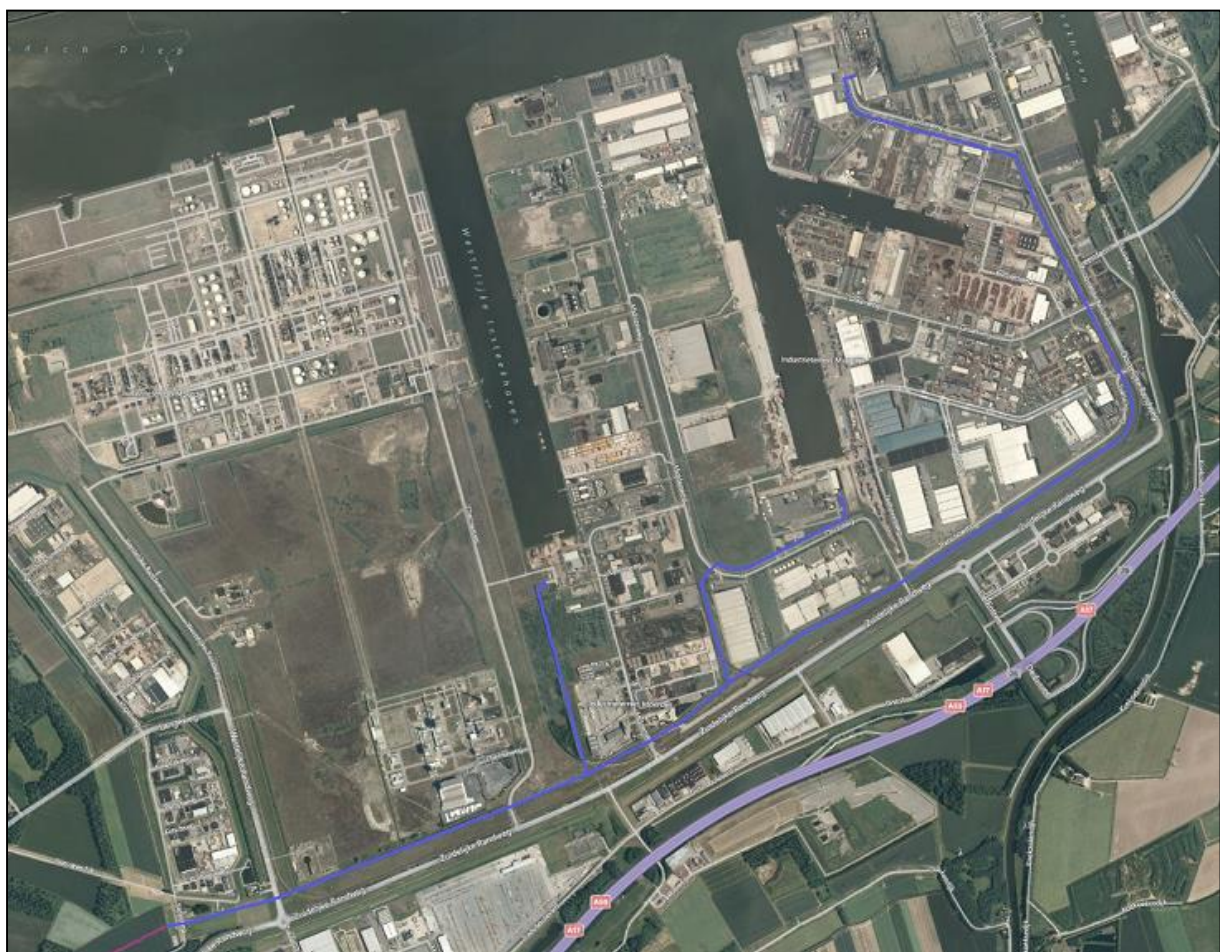
- zuurstof;
- waterstof;
- stikstof.

Tabel 21 toont de eigenschappen van de leidingen.

Tabel 21: Traject 7, eigenschappen

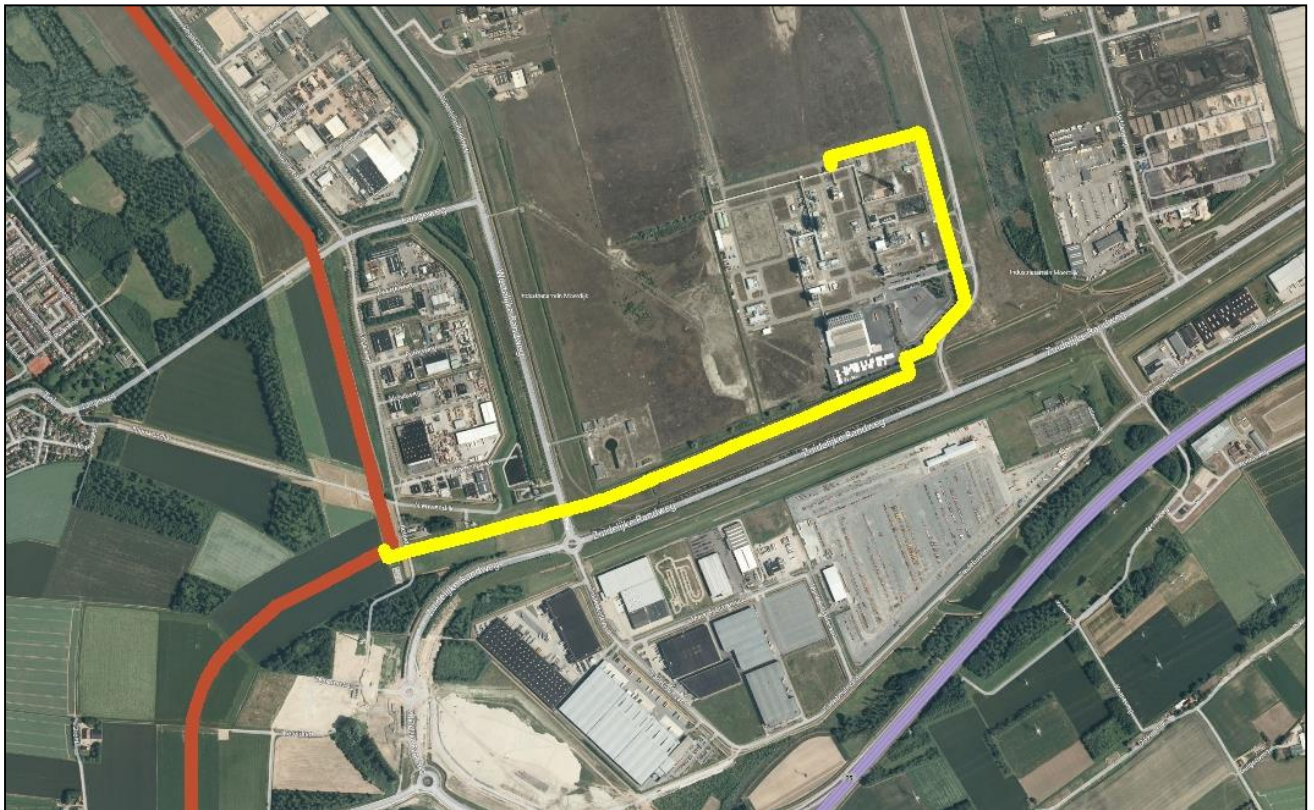
Stof	Inwendige diameter [mm]	Wanddikte [mm]	Diepteligging [mm]	Bedrijfdruk [barg]	Debiet [Nm ³ /hr]
Zuurstof	260,4	6,3	>800	70	24.000
Waterstof	158,74	4,78	>800	74	100
Stikstof	158,7	4,8	>800	64	14.000

Figuur 30 toont de ligging van de zuurstofleiding als blauwe lijn.



Figuur 30: Traject 7, ligging zuurstofleiding

De ligging van de waterstofleiding wordt getoond in Figuur 31 als de gele lijn.



Figuur 31: Traject 7, ligging waterstofleiding

De uitstroming van waterstof gaat bij breuk gepaard met de vorming van een krater. Hierbij wordt een extra hoeveelheid lucht in het uitstromend gas gemengd, waardoor de uitstroomsnelheid van het gas aanzienlijk lager wordt en de concentratie afneemt.

Conform de Handleiding Risicoberekeningen BevB 2.0 module D [2] worden in de berekening de volgende waarden gebruikt:

- Hoeveelheid ingemengde lucht: 720 kg/s;
- Uitstroomsnelheid: 60 m/s.

Stikstof is een inert gas. Het vrijkomen van grote hoeveelheden inerte stoffen als stikstof kan leiden tot verstikking.

De ligging van de stikstofleiding wordt getoond in Figuur 32 als de blauwe lijn.



Figuur 32: Traject 7, ligging stikstofleiding

11.3 Modelleren populatie

Van de scenario's beschouwd in de QRA bedraagt de effectafstand maximaal 63 meter. Deze afstand wordt gevonden voor een jettfire ten gevolge van een breuk van de leiding met waterstof bij weertype D9 m/s.

Met betrekking tot het groepsrisico houdt bovenstaande in, dat voor deze QRA de bevolkingsgegevens in een straal van minimaal 63 meter langs het leidingtraject in kaart dienen te worden gebracht. De populatiedata worden weergegeven in Tabel 22.

Tabel 22: Traject 7, populatiegegevens

	Overdag	's nachts
Industrieterrein Moerdijk	10.000	2.000 ¹

¹ Informatie afkomstig van website Port of Moerdijk

11.4 Resultaten

Hieronder worden de resultaten weergegeven van de QRA van traject 7.

11.4.1 Plaatsgebonden risico

11.4.1.1 Waterstof

Figuur 33 toont het plaatsgebonden risico ten gevolge van de waterstofleiding in traject 7.



Figuur 33: Traject 7, plaatsgebonden risico waterstofleiding

Uit de berekeningen blijkt dat er plaatsgebonden risico van 10^{-6} per jaar ontstaat ten gevolge van de waterstofleiding in traject 7. Dit plaatsgebonden risico ligt op de leiding.

Het plaatsgebonden risico van 10^{-6} per jaar ligt op geen van de bovenstaande locaties over een kwetsbaar object.

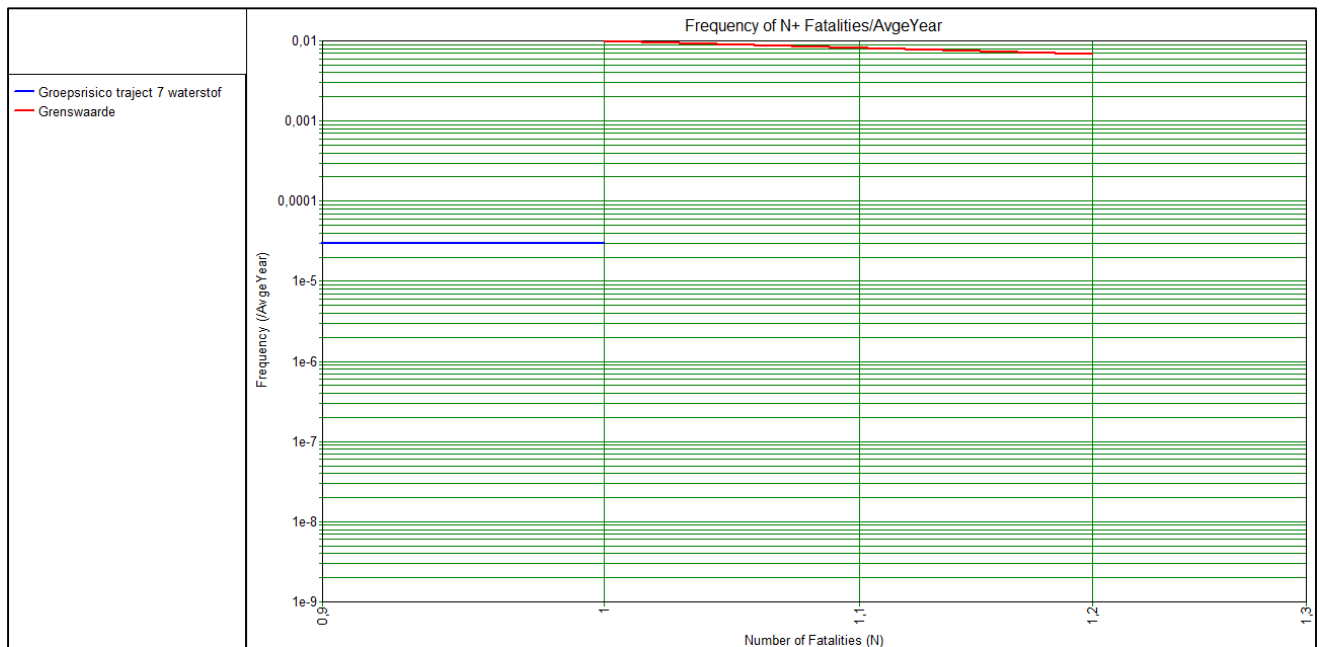
11.4.1.2 Stikstof

Uit de berekeningen blijkt, dat er geen risicocontour van 10^{-9} of groter per jaar ontstaat ten gevolge van de risico's van deze leiding.

11.4.2 Groepsrisico

11.4.2.1 Waterstof

De kilometer waterstofleiding met het hoogste groepsrisico is de westelijke kilometer van deze leiding. Figuur 34 toont het groepsrisico ten gevolge van de waterstofleiding in traject 7.



Figuur 34: Traject 7, groepsrisico waterstofleiding

11.4.2.2 Stikstof

Uit de berekeningen blijkt, dat er geen groepsrisico ontstaat ten gevolge van de stikstofleiding.

11.4.3 Schadeafstanden

De schadeafstanden voor de verschillende leidingen in traject 7 zijn opgenomen in Tabel 23.

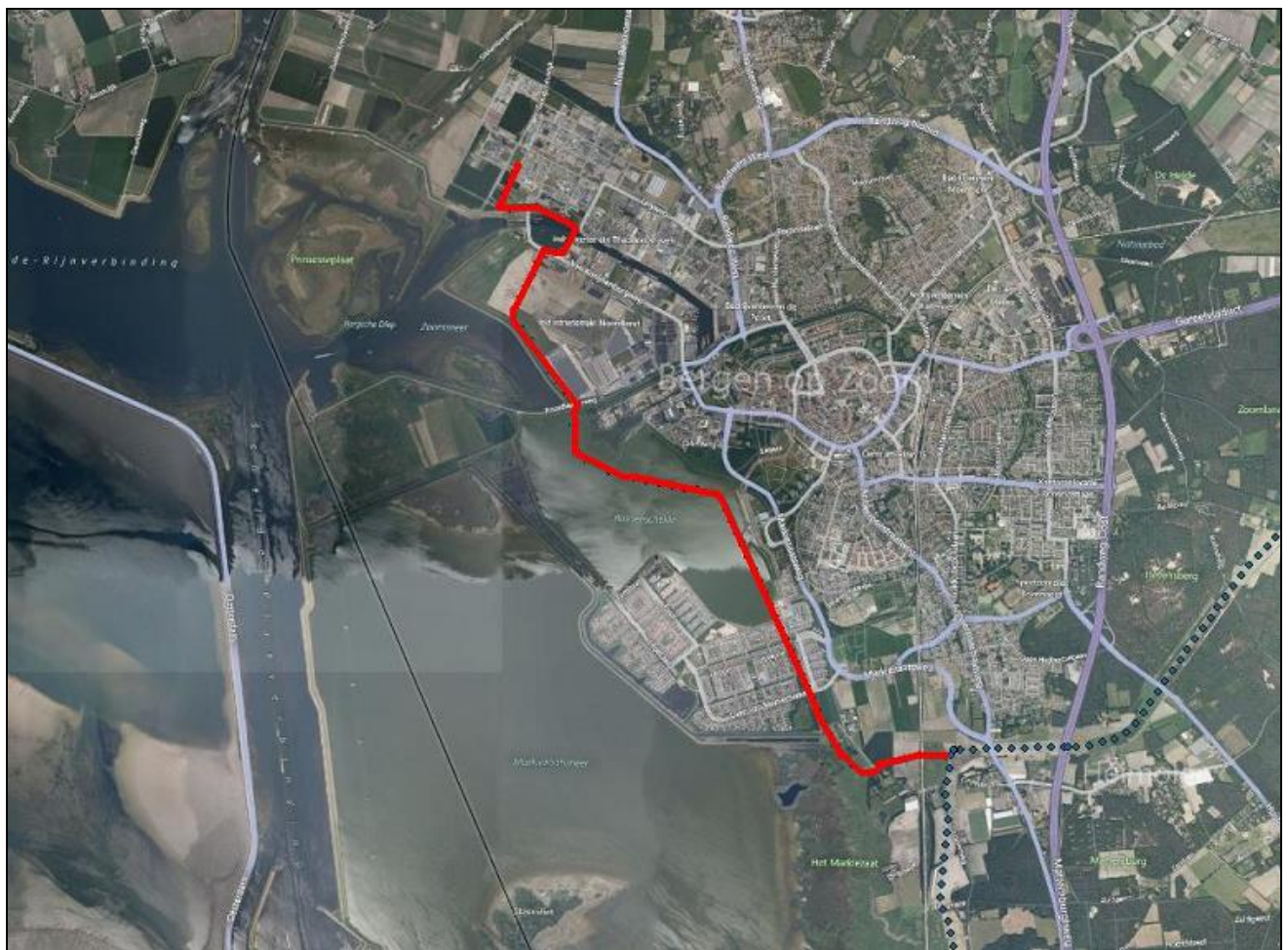
Tabel 23: Traject 7, schadeafstanden

Leiding	Weerklasse F1.5		Weerklasse D5	
	1% letaliteit	100% letaliteit	1% letaliteit	100% letaliteit
Waterstof	31 m	-	60 m	17 m
Stikstof	<1 m	-	<1 m	-

12 Traject 8: Woensdrecht – Bergen op Zoom

12.1 Ligging

Traject 8 ligt van Woensdrecht tot Bergen op Zoom. Figuur 35 toont de ligging van het traject in de omgeving als rode lijn.



Figuur 35: Traject 8, ligging

De leidingen bevinden zich ondergronds.

Het traject loopt langs Bergen Op Zoom onder de Binnenschelde.

Het dichtstbijzijnde kwetsbare object in de omgeving van traject 8 is Stichting Kinderopvang Op Maat aan de Laan van Everswaard 78 te Bergen Op Zoom. Deze bevindt zich op een afstand van 10 meter van het traject.

12.2 Stoffen en leidingeigenschappen

Over het traject worden de volgende stoffen getransporteerd:

- zuurstof;
- stikstof.

Tabel 24 toont de eigenschappen van de leidingen.

Tabel 24: Traject 8, eigenschappen

Stof	Inwendige diameter [mm]	Wanddikte [mm]	Diepteligging [mm]	Bedrijfdruk [barg]	Debiet [Nm ³ /hr]
Zuurstof	102,3	6	>800	64	750
Stikstof	158,7	4,78	>800	64	6500

12.3 Modelleren populatie

Van de scenario's beschouwd in de QRA bedraagt de effectafstand maximaal < 1 meter. Deze afstand wordt gevonden voor een toxische wolk ten gevolge van een breuk van de leiding met stikstof bij weertype F1.5 m/s.

Met betrekking tot het groepsrisico houdt bovenstaande in, dat voor deze QRA de bevolkingsgegevens in de zeer directe omgeving van de leiding in kaart dienen te worden gebracht. Binnen een afstand van < 1 m aan weerszijden van de leiding bevindt zich geen populatie.

12.4 Resultaten

Hieronder worden de resultaten weergegeven van de QRA van traject 8.

12.4.1 Plaatsgebonden risico

Uit de berekeningen blijkt, dat er geen risicocontour van 10⁻⁹ of groter per jaar ontstaat ten gevolge van de risico's van deze leiding.

12.4.2 Groepsrisico

Uit de berekeningen blijkt, dat er geen groepsrisico ontstaat ten gevolge van de stikstofleiding.

12.4.3 Schadeafstanden

De schadeafstanden voor de verschillende leidingen in traject 8 zijn opgenomen in Tabel 25.

Tabel 25: Traject 8, schade-afstanden

Leiding	Weerklasse F1.5		Weerklasse D5	
	1% letaliteit	100% letaliteit	1% letaliteit	100% letaliteit
Stikstof	<1 m	-	<1 m	-

13 Traject 9: Rotterdam-Dordrecht

13.1 Ligging

Traject 9 ligt van Rotterdam naar het terrein van Dupont in Dordrecht. Figuur 36 toont de ligging van het traject in de omgeving.



Figuur 36: Traject 9, ligging

De leidingen bevinden zich ondergronds. Het traject loopt van Rotterdam tot Dupont Dordrecht.

Het dichtstbijzijnde kwetsbare object is kinderdagverblijf Bambino aan de Provincialeweg 112 te Dordrecht op een afstand van 110 meter tot het traject.

13.2 Stoffen en leidingeigenschappen

Over het traject wordt stikstof getransporteerd.

Tabel 26 toont de eigenschappen van de leidingen.

Tabel 26: Traject 9, eigenschappen

Stof	Inwendige diameter [mm]	Uitwendige diameter [mm]	Wanddikte [mm]	Debiet [Nm ³ /hr]	Bedrijfsdruk [barg]
Stikstof	158,7	168,3	4,78	7.500	64

13.3 Modelleren populatie

De effectafstand van de stikstofleiding is dermate marginaal (<1 m), dat er geen populatie binnen de effectafstand aanwezig is.

13.4 Resultaten

Hieronder worden de resultaten van de QRA van traject 9 weergegeven.

13.4.1 Plaatsgebonden risico

Uit de berekeningen blijkt, dat er geen risicocontour van 10^{-9} of groter per jaar ontstaat ten gevolge van de risico's van deze leiding.

13.4.2 Groepsrisico

Uit de berekeningen blijkt, dat er geen groepsrisico ontstaat ten gevolge van de stikstofleiding.

13.4.3 Schadeafstanden

Tabel 27 toont de schadeafstanden ten gevolge van traject 9.

Tabel 27: Traject 9, schade-afstanden

Leiding	Weerklasse F1.5		Weerklasse D5	
	1% letaliteit	100% letaliteit	1% letaliteit	100% letaliteit
Stikstof	<1 m	-	<1 m	

14 Maasvlakte-Neste Oil antenne

De waterstofleiding loopt vanaf Lyondell naar Neste Oil en heeft een lengte van circa 2,5 km. De ligging van de leiding is weergegeven in Figuur 37.



Figuur 37: Maasvlakte Neste Oil antenne, ligging

De leiding bevindt zich in het Rotterdamse industriegebied Maasvlakte en loopt langs de noordzijde van het terrein van Neste Oil en van Lyondell. In de directe omgeving van de leiding bevinden zich geen kwetsbare objecten.

14.1 Stoffen en leidingeigenschappen

De eigenschappen van de leiding zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 28: Maasvlakte-Neste Oil antenne, eigenschappen

Stof	Inwendige diameter [mm]	Wanddikte [mm]	Diepteligging [mm]	Bedrijfdruk [barg]
Waterstof	203,2	10	>800	100

14.2 Modelleren populatie

Van de scenario's beschouwd in deze QRA voor de waterstofleiding van Lyondell naar Neste Oil bedraagt de effectafstand maximaal 93 meter. Deze afstand wordt gevonden voor een jet fire ten gevolge van een breuk in de waterstofleiding bij een druk van 100 barg voor het meest ongunstige weertype (D9).

Met betrekking tot het groepsrisico houdt het bovenstaande in, dat de bevolkingsgegevens in een straal van minimaal 93 meter rond de leidingen bij Lyondell en rond de leiding aan de Merseyweg in kaart dienen te worden gebracht.

14.3 Resultaten

14.3.1 Plaatsgebonden risico

In Figuur 38 zijn de berekende PR-contouren van de waterstofleiding weergegeven.



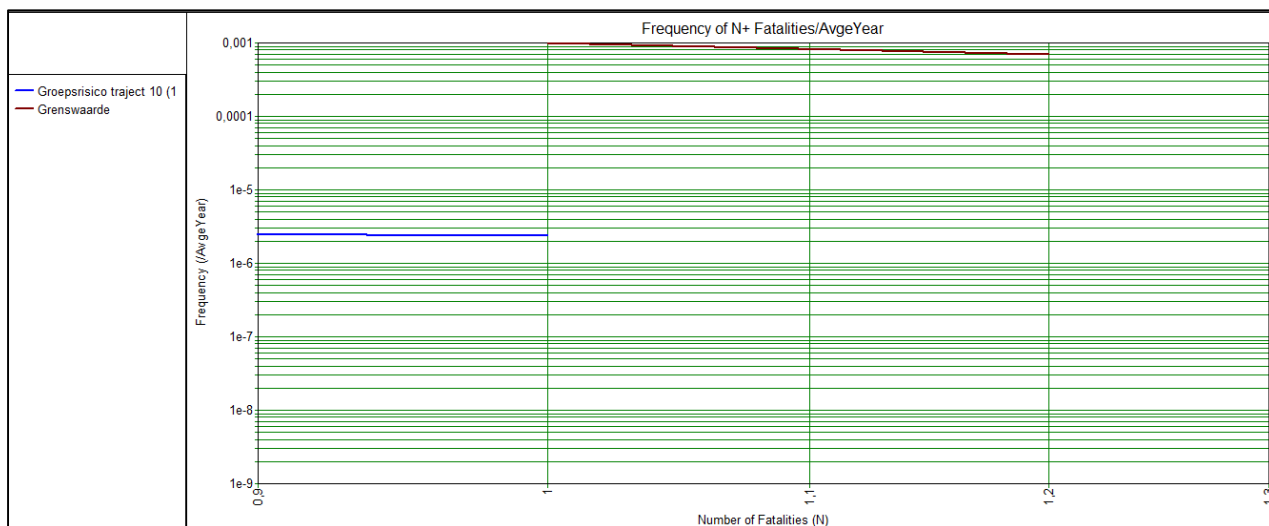
Figuur 38: Plaatsgebonden risicocontouren Maasvlakte-Neste Oil antenne

Uit de berekeningen blijkt dat er plaatsgebonden risico van 10^{-6} per jaar ontstaat ten gevolge van de waterstofleiding in traject 10.

Het plaatsgebonden risico van 10^{-6} per jaar ligt op geen van de bovenstaande locaties over een kwetsbaar object.

14.3.2 Groepsrisico

De F(N) curve van de waterstofleiding wordt getoond in Figuur 39.



Figuur 39: Groepsrisico Maasvlakte-Neste Oil antenne

14.3.3 Schadeafstanden

Tabel 29 toont de schadeafstanden ten gevolge van traject 10.

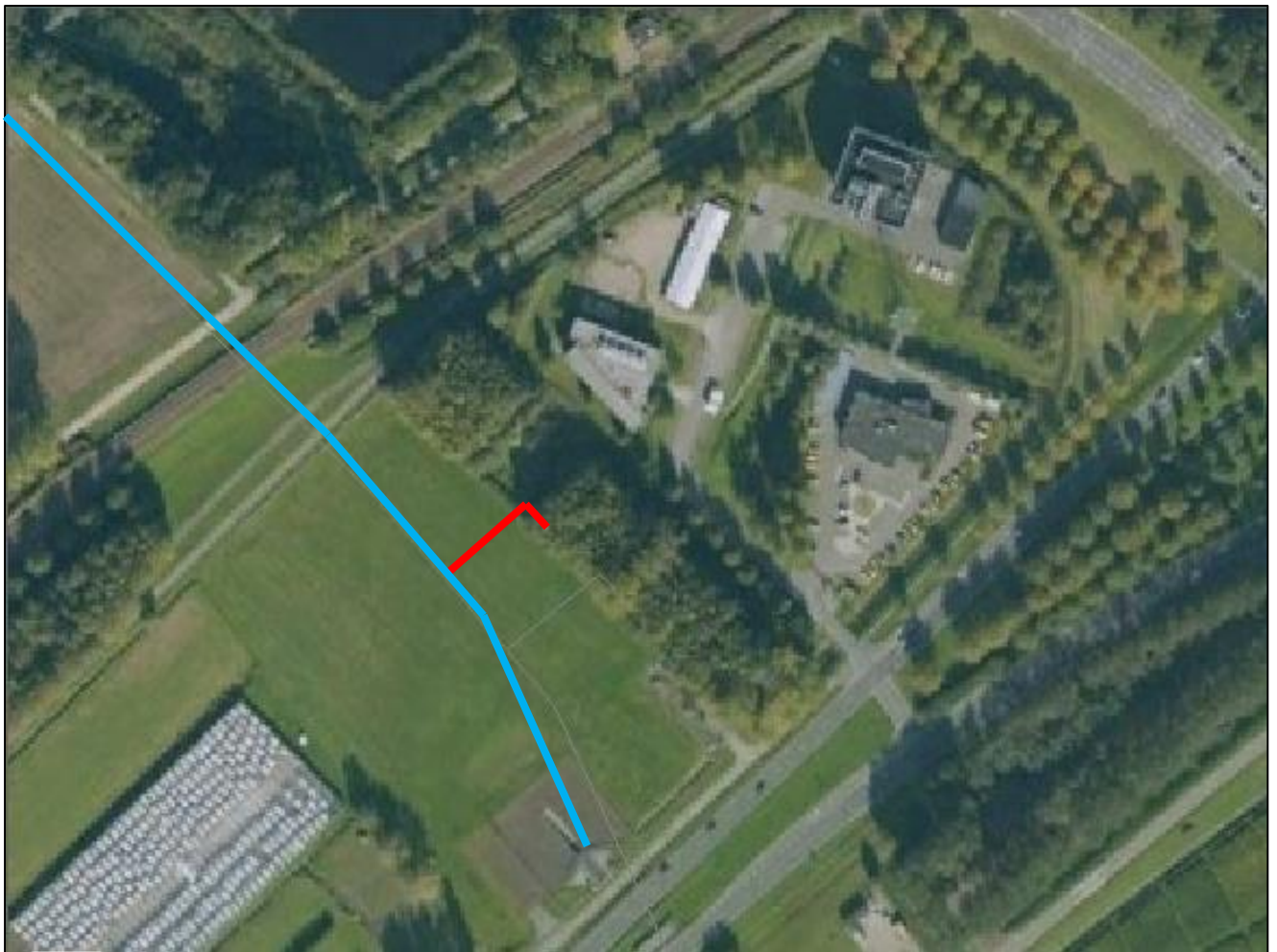
Tabel 29: Traject 10, schade-afstanden

Leiding	Weerklasse F1.5		Weerklasse D5	
	1% letaliteit	100% letaliteit	1% letaliteit	100% letaliteit
Waterstof	50 m	-	90 m	28 m

15 Tie-in waterstof hoofdleiding naar H₂ tankstation (deel traject 3)

15.1 Ligging

De tie-in van de hoofdleiding naar het waterstof tankstation ligt bij gemeente Albrandswaard nabij de A15. Figuur 40 toont de ligging van het traject in de omgeving.



Figuur 40: Tie-in waterstofleiding, ligging (zie rode lijn voor tie-in, zie blauwe lijn voor de waterstof hoofdleiding)

De leiding bevindt zich ondergronds.

Het dichtstbijzijnde beperkt kwetsbare object in de omgeving van de tie-in is een kantoorgebouw. Deze bevindt zich op een afstand van 50 meter.

15.2 Stoffen en leidingeigenschappen

Over het traject wordt alleen waterstof getransporteerd.

Tabel 30 toont de eigenschappen van de leidingen.

Tabel 30: Tie-in Traject 3, eigenschappen

Stof	Inwendige diameter [mm]	Wanddikte [mm]	Diepteligging [mm]	Bedrijfdruk [barg]	Debiet [Nm ³ /hr]
Waterstof	158,7	4,78	>800	110	40.000

Conform de Handleiding Risicoberekeningen BevB 2.0 module D [2] worden in de berekening van de waterstofleiding de volgende waarden gebruikt voor hoeveelheid ingemengde lucht en uitstroomsnelheid:

- Hoeveelheid ingemengde lucht: 720 kg/s;
- Uitstroomsnelheid: 60 m/s.

15.3 Modelleren populatie

Van de scenario's beschouwd in de QRA bedraagt de effectafstand maximaal 106 meter. Deze afstand wordt gevonden voor een jetfire ten gevolge van een breuk van de leiding met waterstof bij weertype D9 m/s.

Met betrekking tot het groepsrisico houdt bovenstaande in, dat voor deze QRA de bevolkingsgegevens in een straal van minimaal 106 meter langs het leidingtraject in kaart dienen te worden gebracht.

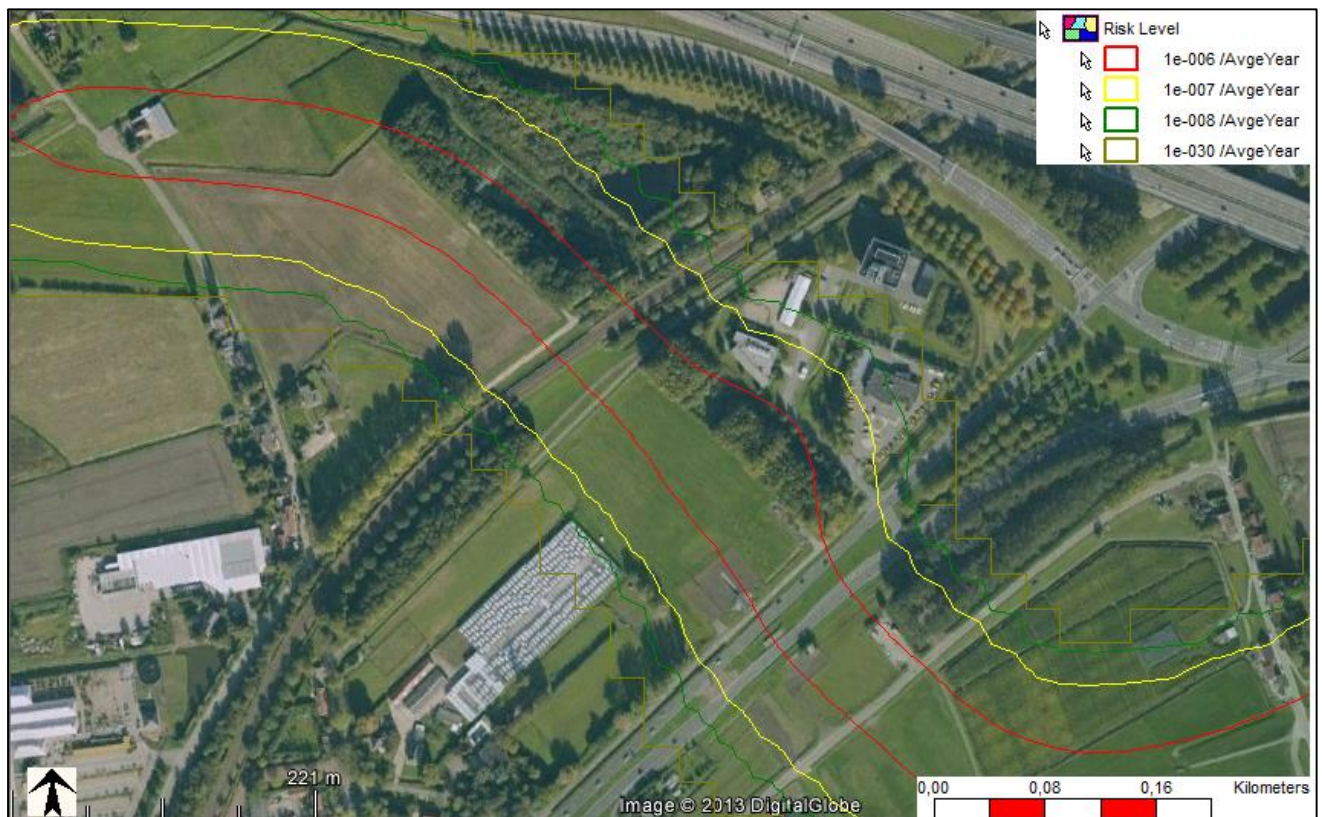
De populatiegegevens zijn voor het deel dat in het Rijnmondgebied valt aangeleverd door de DCMR Milieudienst Rijnmond en afkomstig uit 2008.

15.4 Resultaten

Hieronder worden de resultaten getoond van de QRA van een deel van de waterstof hoofdleiding en de tie-in van de waterstof hoofdleiding naar het waterstof tankstation.

15.4.1 Plaatsgebonden risico

Figuur 41 toont het plaatsgebonden risico ten gevolge van een deel van de waterstof hoofdleiding en van de tie-in van de waterstofleiding naar het waterstof tankstation als onderdeel van traject 3.



Figuur 41: Tie-in, plaatsgebonden risico waterstofleiding

Uit de berekeningen blijkt, dat er risicocontour van 10^{-6} per jaar ontstaat ten gevolge van de risico's van deze leiding.

Het plaatsgebonden risico van 10^{-6} per jaar ligt op geen van de bovenstaande locaties over een kwetsbaar object.

15.4.2 Groepsrisico

Uit de berekeningen blijkt, dat er geen groepsrisico ontstaat ten gevolge van dit deel van de waterstofleiding.

15.4.3 Schade afstanden

De schadeafstanden voor traject 3 en de tie-in zijn opgenomen in Tabel 31.

Tabel 31: Traject 1, schadeafstanden

Leiding	Weerklasse F1.5		Weerklasse D5	
	1% letaliteit	100% letaliteit	1% letaliteit	100% letaliteit
Waterstof	60 m	-	100 m	34 m

16 Conclusies en aanbevelingen

Van alle leidingen van Air Liquide in Nederland worden de risico's bepaald voor de externe veiligheid. In deze rapportage zijn de risico's berekend voor de volgende trajecten.

1. Traject Terneuzen-Zelzate;
2. Traject Bergen op Zoom;
3. Traject buisleidingenstraat Rotterdam Beneluxplein – gens België;
4. Traject Gemeentewerken Rotterdam;
5. Traject Philips Roosendaal³;
6. Traject Geleen;
7. Traject industrieterrein Moerdijk;
8. Traject Woensdrecht-Bergen op Zoom;
9. Traject buisleidingenstraat Rotterdam-Dupont Dordrecht;
10. Maasvlakte-Neste Oil antenne;
11. Tie-in tussen de waterstof hoofdleiding en de hydrogen fuelling station (onderdeel van traject 3).

Van de verschillende leidingen zijn de risico's berekend, die worden uitgedrukt in het plaatsgebonden risico en het groepsrisico. De risico's worden getoetst aan de eisen die zijn gesteld in het Besluit externe veiligheid buisleidingen. Hierin wordt geëist dat de plaatsgebonden risicocontour van 10^{-6} ten gevolge van de leidingen niet over een kwetsbaar object mag liggen. Het groepsrisico wordt getoetst aan de oriënterende waarde zoals vastgelegd in het Besluit externe veiligheid buisleidingen. De oriënterende normwaarde voor het GR is de rechte lijn gevormd door twee punten van de grafiek frequentie versus aantal slachtoffers. Deze punten zijn 10^{-4} per jaar voor 10 slachtoffers en 10^{-6} per jaar voor 100 slachtoffers.

Uit de berekeningen in dit rapport blijkt dat de berekende plaatsgebonden risicocontour van 10^{-6} per jaar voor de trajecten 1 t/m 9, Maasvlakte-Neste Oil antenne en de tie-in voor de hydrogen refuelling station niet over een kwetsbaar object ligt. Hiermee wordt voor deze leidingen voldaan aan het Besluit externe veiligheid buisleidingen.

Uit de berekeningen in dit rapport blijkt dat voor alle leidingen in alle trajecten de oriënterende waarde zoals vastgelegd in het BevB niet wordt overschreden. Hiermee wordt voldaan aan de eis voor wat betreft groepsrisico zoals vastgelegd in het BevB.

³ Traject 5 is door Air Liquide met ingang van 7 januari 2013 verkocht. Voor de voorledigheid wordt de berekening van dit traject meegenomen in deze QRA rapportage.

Referentie

- [1] Besluit externe veiligheid buisleidingen, Ministerie van VROM, 24 juli 2010.
- [2] Handleiding Risicoberekeningen BevB, Module D, versie 2.0, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, juli 2014, Bilthoven.
- [3] Handleiding Risicoberekeningen Bevi, RIVM/CEV, 2009, versie 3.2.
- [4] Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 1, methoden voor het bepalen van mogelijke schade, deel 6: aanwezigheidsgegevens, Ministerie van VROM, 2005.
- [5] Safeti-NL versie 6.54, RIVM/CEV; www.rivm.nl/cev/safeti-nl.
- [6] Achtergronden bij de vervanging van zoneringsafstanden hoge druk aardgastransportleidingen van de N.V. Nederlandse Gasunie, RIVM/CEV, 2008.
- [7] Veiligheidsinformatie Blad – Oxogas, Air Liquide, 321-10-032ALNL, 02 april 2009.
- [8] Handreiking verantwoordingsplicht groepsrisico, Ministerie van VROM, versie 1.0, november 2007.