

RAPPORT

Kwantitatieve risicoanalyse leiding X-804

Gecombineerde leiding met dubbelbestemming
aardgas- en waterstofgastransport

Klant: Gasunie Waterstof Services B.V.

Referentie: I&BBE1754-119-100R002F03

Versie: 03/Finale versie

Datum: 4 oktober 2017

Chopinlaan 12
9722 KE Groningen
Netherlands
Industry & Buildings
Trade register number: 56515154

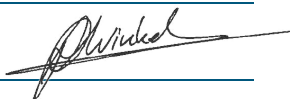
+31 88 348 53 00 **T**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Kwantitatieve risicoanalyse
leiding X-804
Ondertitel: QRA X-804
Referentie: I&BBE1754-119-100R002F03
Versie: 03/Finale versie
Datum: 4 oktober 2017
Projectnaam: QRA H2 leiding DOW-Yara
Projectnummer: BE1754-119-100
Auteur(s): Peter Winkelman en Rik Beuling

Opgesteld door: Rik Beuling

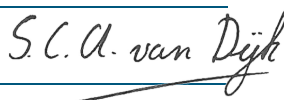
Gecontroleerd door: Peter Winkelman

Datum/Initialen: 04 oktober 2017



Goedgekeurd door: Simone van Dijk

Datum/Initialen: 04 oktober 2017



Classificatie

Open



Disclaimer

HaskoningDHV Nederland B.V. accepts no responsibility or liability for these specifications/printed matter to any party other than the persons by whom it was commissioned and as concluded under that Appointment. The integrated QHSE management system of HaskoningDHV Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 and OHSAS 18001:2007.

Inhoud

1	Samenvatting	2
2	Inleiding	4
3	Uitgangspunten	5
3.1	Leidinggegevens	5
3.2	Weerstation	7
3.3	Risicoverhogende objecten	7
3.3.1	Windturbines	7
3.3.2	Hoogspanningsmasten	8
3.3.3	Parallelligging	10
3.4	Bevolkingsgegevens	10
4	Modellering	14
4.1	Aardgastransport	14
4.2	Waterstofgastransport	15
5	Resultaten	17
5.1	Plaatsgebonden risico	17
5.1.1	Aardgastransport	17
5.1.2	Conclusie PR-berekeningen aardgas	19
5.1.3	Waterstofgastransport	19
5.1.4	Conclusie PR-berekeningen waterstofgas	23
5.2	Groepsrisico	24
5.2.1	Aardgastransport	24
5.2.2	Waterstofgastransport	26
6	Referenties	28

Bijlagen

1.	Populatiegegevens
2.	Windturbinegegevens
3.	Berekening penetratiediepte hoogspanningsmast
4.	Verkenning domino-effecten
5.	Memo domino-effecten DNV-GL

1 Samenvatting

In dit rapport wordt een risicoanalyse gepresenteerd waarin plaatsgebonden (PR) en groepsrisicoberekeningen (GR) zijn uitgevoerd voor de nieuw samen te stellen leiding X-804 van Gasunie Waterstof Services B.V. (hierna Gasunie). Deze zal gaan bestaan uit de bestaande transportleiding A-530-11 en een nieuw aan te leggen geboord leidingdeel (horizontaal gestuurde boring). De leiding bevindt zich in de buurt van de plaats Terneuzen, in de gelijknamige gemeente (provincie Zeeland). Op basis van een gewenste dubbelbestemming krijgt Gasunie de mogelijkheid om met deze leiding zowel aardgas als waterstofgas te transporteren.

Deze risicoanalyse van leiding X-804 is uitgevoerd in het kader van artikel 8, lid 1 en artikel 6, lid 1 van het Besluit Externe Veiligheid Buisleidingen (Bevb), waarin staat dat bij een voorgenomen wijziging van de leidinggegevens en aanleg van een nieuwe leiding een onderzoek naar de invloed van die wijziging op het plaatsgebonden risico en het groepsrisico moet worden uitgevoerd. Om waterstofgas vanaf de firma DOW in Terneuzen naar de firma Yara in Sluiskil te transporteren, wordt de bestaande transportleiding A-530-11 verlengd met een nieuw aan te leggen geboord leidingdeel tussen het meet- en regelstation Axel en Yara. Deze leiding krijgt de naam X-804. De risicoberekeningen zijn uitgevoerd voor zowel transport van aardgas als van waterstofgas door leiding X-804.

De risicostudie in dit rapport is uitgevoerd conform de door de overheid gestelde richtlijnen voor het uitvoeren van risicoanalyse aan ondergronds gelegen hogedruk aardgastransportleidingen en waterstofgastransportleidingen [ref. 1, 2, 3 en 4].

Nabij een deel van het tracé van leiding X-804 (in het leidingdeel bestaande uit de huidige leiding A-530-11) bevinden zich twee windturbines waarvan is bepaald dat deze een additionele faalfrequentie met zich mee brengen voor de transportleiding. Voor het bepalen van de totale faalkans van deze leiding voor zowel waterstof- als aardgastransport, inclusief de kans op impact door een windturbine, is een Excel rekensheet gehanteerd. Deze rekensheet met de naam 'Rekentool turbines 6 oktober 2016' is aangeleverd door Gasunie. Nabij het nieuw aan te leggen geboorde leidingdeel bevinden zich tevens twee windturbines, maar de diepteligging van dit geboorde leidingdeel binnen de nominale werpafstand van de turbines is zodanig dat de deze geen effect hebben op de leiding.

Plaatsgebonden en groepsrisico aardgastransport door transportleiding X-804

Voor de leiding geldt dat er nergens een 10^{-6} per jaar plaatsgebonden risicocontour wordt berekend. Ook inclusief additionele faalfrequentie als gevolg van de windturbines wordt er voor leiding X-804 geen 10^{-6} per jaar plaatsgebonden risicocontour berekend.

Het plaatsgebonden risico van aardgastransport door deze leiding voldoet hiermee aan de door de Nederlandse overheid in het Besluit externe veiligheid buisleidingen [ref. 1] en de bijbehorende Regeling externe veiligheid buisleidingen [ref. 4] gestelde voorwaarden.

Het groepsrisico van het aardgastransport door de leiding X-804 is kleiner dan de in het Besluit externe veiligheid buisleidingen [ref. 1] gestelde oriëntatiewaarde. De oriëntatiewaarde is in het Besluit externe veiligheid buisleidingen [ref. 1] gesteld op $F \cdot N^2 < 10^{-2}$ per km per jaar, waar F de frequentie is van een ongeval met N of meer slachtoffers.

Plaatsgebonden en groepsrisico waterstofgastransport door transportleiding X-804

Voor de berekening van het plaatsgebonden risico voor waterstofgastransport door leiding X-804, zijn voor de hele leiding (tenzij anders aangegeven) maatregelen toegepast waarmee de risico's gemitigeerd worden. Deze mitigerende maatregelen (ref 2, module D) bestaan uit:

- Actief rappel; factor 1.2 op categorie 'beschadiging door derden';
- SIL 1 beveiliging; factor 10 op categorie 'operationeel / overig';
- Geen corrosief medium; categorie 'inwendige corrosie' wordt hiermee uitgesloten;
- Operationele druk < 30% SMYS; factor 10 op categorie 'mechanisch' (op gehele leiding van toepassing, met uitzondering van die delen van de bestaande leiding A-530-11 waar de wanddikte 6,2 mm is);
- Uitsluiten ontoelaatbare zettingen/spanningen; factor 10 op categorie 'natuurlijke oorzaken'.

Voor de berekening van waterstofgastransport door leiding X-804 inclusief maatregelen en de invloed van de windturbines, geldt dat er langs het tracé van het leidingdeel bestaande uit de huidige leiding A-530-11 op enkele plaatsen een 10^{-6} per jaar plaatsgebonden risicocontour wordt berekend. De risico's zijn niet uniform over de leiding, dit wordt veroorzaakt door de variërende leiding eigenschappen en de variërende diepteligging. De 10^{-6} per jaar PR-contour ligt maximaal op ca. 80 m uit het hart van de leiding ter hoogte van de Gasunie locatie in de meest zuidoostelijke bocht in de leiding (stationing 11127m). De reden dat op deze locatie een grotere 10^{-6} per jaar PR-contour wordt berekend dan over de rest van de leiding is de enigszins geringere diepteligging ter plaatse. Binnen deze 10^{-6} per jaar plaatsgebonden risicocontour zijn geen kwetsbare objecten gelegen. Voor het nieuw te boren leidingdeel wordt geen 10^{-6} per jaar plaatsgebonden risicocontour berekend.

Het plaatsgebonden risico voldoet aan de door de Nederlandse overheid in artikel 11, lid 1 van het Besluit externe veiligheid buisleidingen [ref. 1] gestelde voorwaarde dat er binnen de 10^{-6} per jaar plaatsgebonden risicocontour geen kwetsbare objecten gesitueerd zijn. Het nieuw aan te leggen leidingdeel voldoet tevens aan de door de Nederlandse overheid in artikel 6, lid 2 van het Besluit externe veiligheid buisleidingen [ref. 1] gestelde voorwaarde 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. Tevens voldoet de gecombineerde leiding hiermee aan de in bijbehorende Regeling externe veiligheid buisleidingen [ref. 4] gestelde voorwaarden.

Het groepsrisico van waterstofgastransport door leiding X-804 is kleiner dan de in het Besluit externe veiligheid buisleidingen [ref. 1] gestelde oriëntatiewaarde van $F \cdot N^2 < 10^{-2}$ per km per jaar, waar F de frequentie is van een ongeval met N of meer slachtoffers.

2 Inleiding

In dit rapport wordt een risicoanalyse gepresenteerd waarin plaatsgebonden (PR) en groepsrisicoberekeningen (GR) zijn uitgevoerd voor de nieuw samen te stellen leiding X-804 van Gasunie Waterstof Services B.V. (hierna Gasunie). Deze zal gaan bestaan uit de bestaande transportleiding A-530-11 en een nieuw aan te leggen geboord leidingdeel (horizontaal gestuurde boring). De leiding bevindt zich in de buurt van de plaats Terneuzen, in de gelijknamige gemeente (provincie Zeeland). Op basis van een gewenste dubbelbestemming kan Gasunie met deze leiding zowel aardgas als waterstofgas transporteren.

Deze risicoanalyse van leiding X-804 is uitgevoerd in het kader van artikel 8, lid 1 van het Besluit Externe Veiligheid Buisleidingen (Bevb), waarin staat dat bij een voorgenomen wijziging van de leidinggegevens een onderzoek naar de invloed van die wijziging op het plaatsgebonden risico en het groepsrisico moet worden uitgevoerd. Om waterstofgas vanaf de firma DOW in Terneuzen naar de firma Yara in Sluiskil te transporteren, wordt de bestaande transportleiding A-530-11 verlengd met een nieuw aan te leggen geboord leidingdeel tussen het meet- en regelstation Axel en Yara. De risicoberekeningen zijn uitgevoerd voor zowel transport van aardgas als van waterstofgas door de leiding X-804.

De risicostudie in dit rapport is uitgevoerd conform de door de overheid gestelde richtlijnen voor het uitvoeren van risicoanalyse aan ondergronds gelegen hogedruk aardgastransportleidingen en waterstofgastransportleidingen [ref. 1, 2, 3 en 4].

Nabij een deel van het tracé van leiding X-804 (in het leidingdeel bestaande uit de huidige leiding A-530-11) bevinden zich twee windturbines (nr. 1949 en 1950 in figuur 3) waarvan is bepaald dat deze een additionele faalfrequentie veroorzaken voor de transportleiding. Voor het bepalen van de totale faalkans van deze leiding voor zowel waterstof- als aardgastransport, inclusief de kans op impact door een windturbine, is een Excel rekensheet gehanteerd. Nabij het nieuw aan te leggen geboorde leidingdeel bevinden zich tevens twee windturbines (nr. 1958 en 1959 in figuur 3), maar de diepteligging van dit geboorde leidingdeel binnen de nominale werpafstand van de turbines is zodanig dat de deze geen effect hebben op de leiding.

3 Uitgangspunten

3.1 Leidinggegevens

In deze risicostudie zijn de externe veiligheidsrisico's van het transport van aardgas en waterstofgas door leiding X-804 van Gasunie Waterstof Services B.V. berekend. De berekeningen zijn uitgevoerd op basis van de door Gasunie verschaft leidinggegevens. Deze leidinggegevens zijn aangeleverd in het bestand met de naam: "H2 leiding DOW-Yara" op 9 augustus 2017.

In de bestaande situatie wordt aardgas getransporteerd door de leiding A-530-11. In de toekomstige situatie kan zowel aardgas als waterstofgas worden getransporteerd door de leiding X-804.

De overige leidingparameters die voor de in dit rapport gepresenteerde berekeningen van belang zijn, zijn weergegeven in tabel 1.

Tabel 1: Leidingparameters

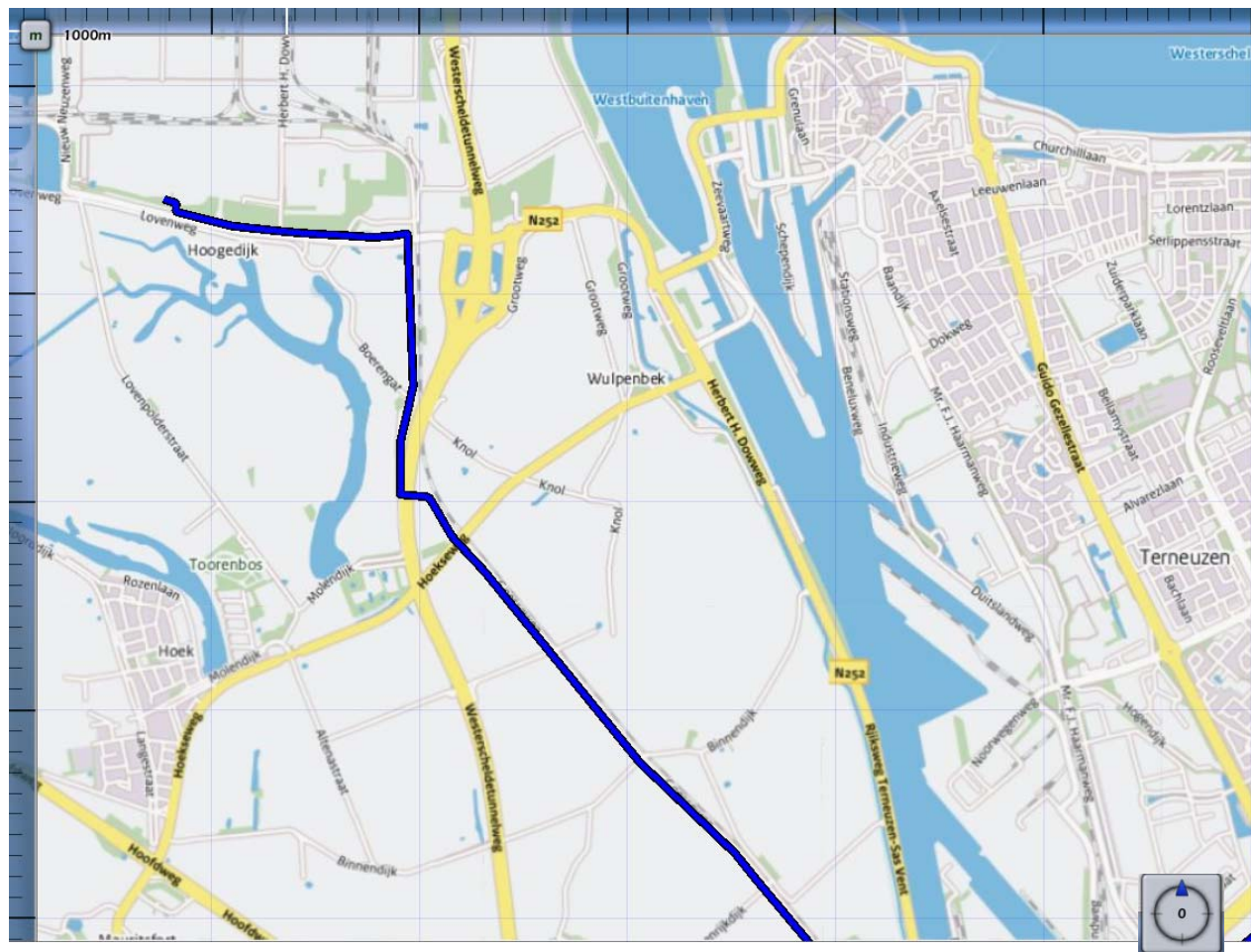
Parameter	Bestaand leidingdeel A-530-11	Nieuw te boren leidingdeel	Gecombineerde leiding X-804
Diameter [mm]	406,4	323,9 ¹	323,9 / 406,4
Minimale wanddikte [mm]	6,2	6	6
Rekgrens [$\text{N}\cdot\text{mm}^{-2}$]	414	414	414
Gemiddelde dekking [m]	4,49	8,81	7,85
Ontwerpdruk aardgasleiding [bar]	66,2	66,2	66,2
Ontwerpdruk waterstofgasleiding [bar]	n.v.t.	40	40

De dekking, diameter en wanddikte van de transportleiding X-804 varieert over de lengte van de leiding. In de risicoberekeningen zijn deze variërende dekking, diameter en wanddikte ook toegepast. De gemiddelde dekking, de diameters en de minimale wanddiktes van de leiding zijn ook opgenomen in tabel 1.

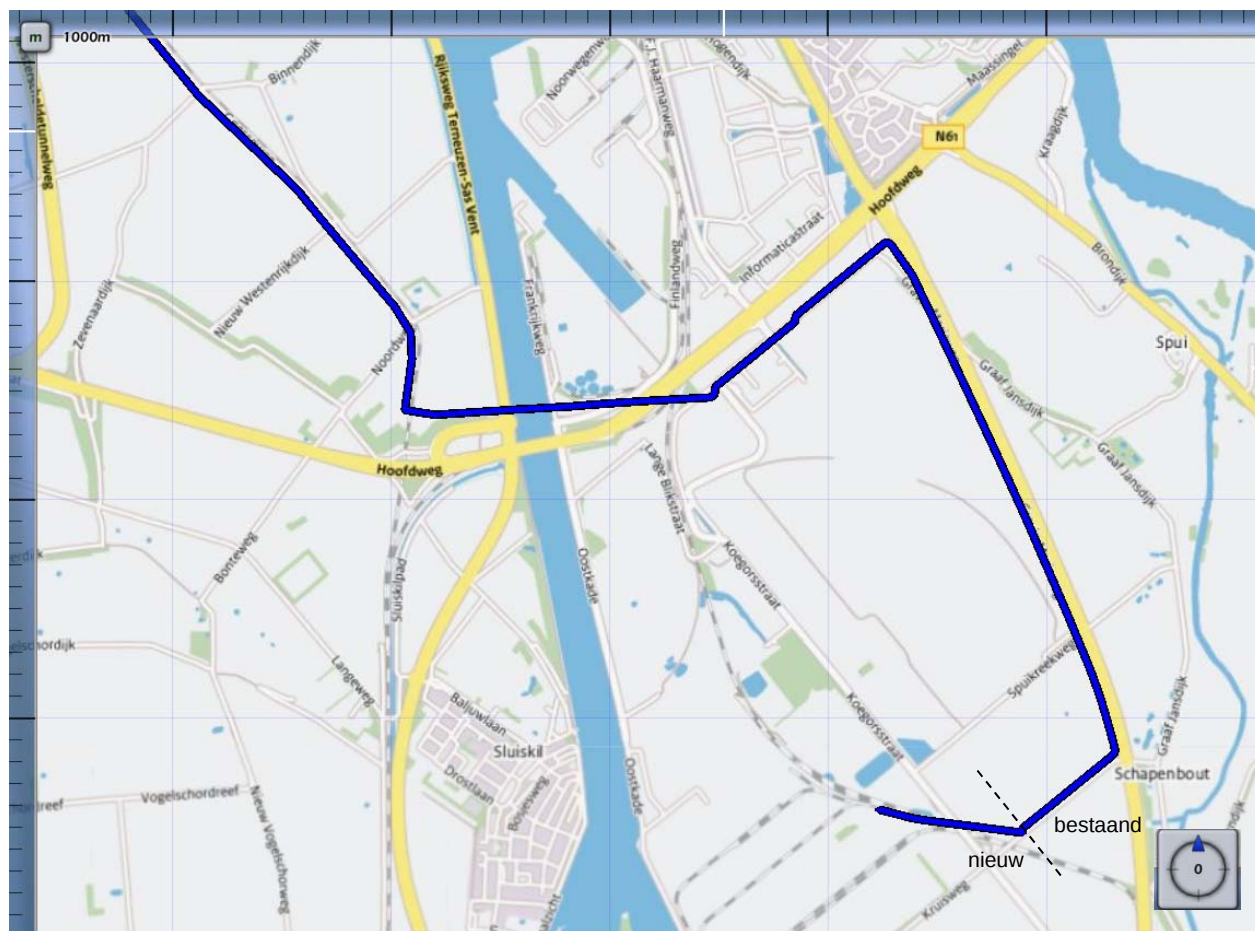
De ligging van de beschouwde leiding X-804 is weergegeven op de noord gerichte topografische weergaves in figuur 1 en figuur 2.

De modellering van de risicoberekeningen voor de aardgas- en waterstofgastransport door leiding X-804 is toegelicht in hoofdstuk 4.

¹ De horizontaal gestuurde boring met een lengte van ca. 685 m heeft een diameter van 323,9 mm. De eerste ca. 12 m van het nieuwe leidingdeel verzorgt de aansluiting van de bestaande leiding A-530-11 op het leidingdeel van de horizontaal gestuurde boring en heeft een diameter van 406,4 mm.



Figuur 1: Ligging van transportleiding X-804 (1 van 2). Het raster heeft een afmeting van 1000m x 1000m.



Figuur 2: Ligging van transportleiding X-804 (deel 2 van 2). Het raster heeft een afmeting van 1000m x 1000m.

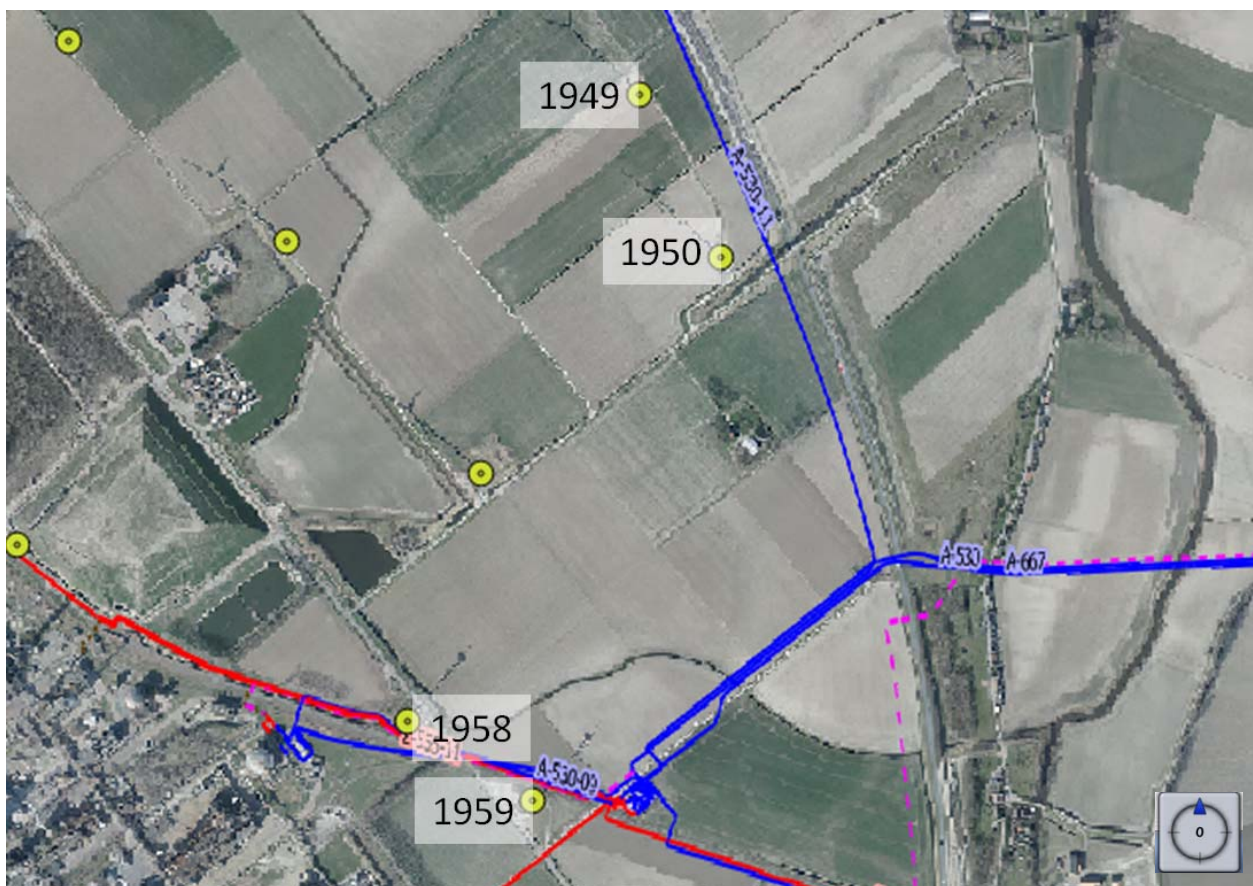
3.2 Weerstation

In de risicoberekeningen is gebruikgemaakt van de windroos van weerstation Vlissingen.

3.3 Risicoverhogende objecten

3.3.1 Windturbines

Langs het tracé van de leiding X-804 zijn twee windturbines gelegen, die als risicoverhogende objecten zijn geïdentificeerd (nummers 1949 en 1950, figuur 3). Deze zijn meegenomen in de risicoanalyse. De plaats van de windturbines ten opzichte van de leidingen is weergegeven in figuur 3. Er zijn meer windturbines aanwezig in de omgeving, waaronder de windturbines met nummers 1958 en 1959 nabij het nieuwe te boren leidingdeel, maar deze hebben geen invloed op de risico's van aardgas- en waterstofgastransport door leiding X-804. Voor dit nieuw te boren leidingdeel komt dit door de grote diepteligging.



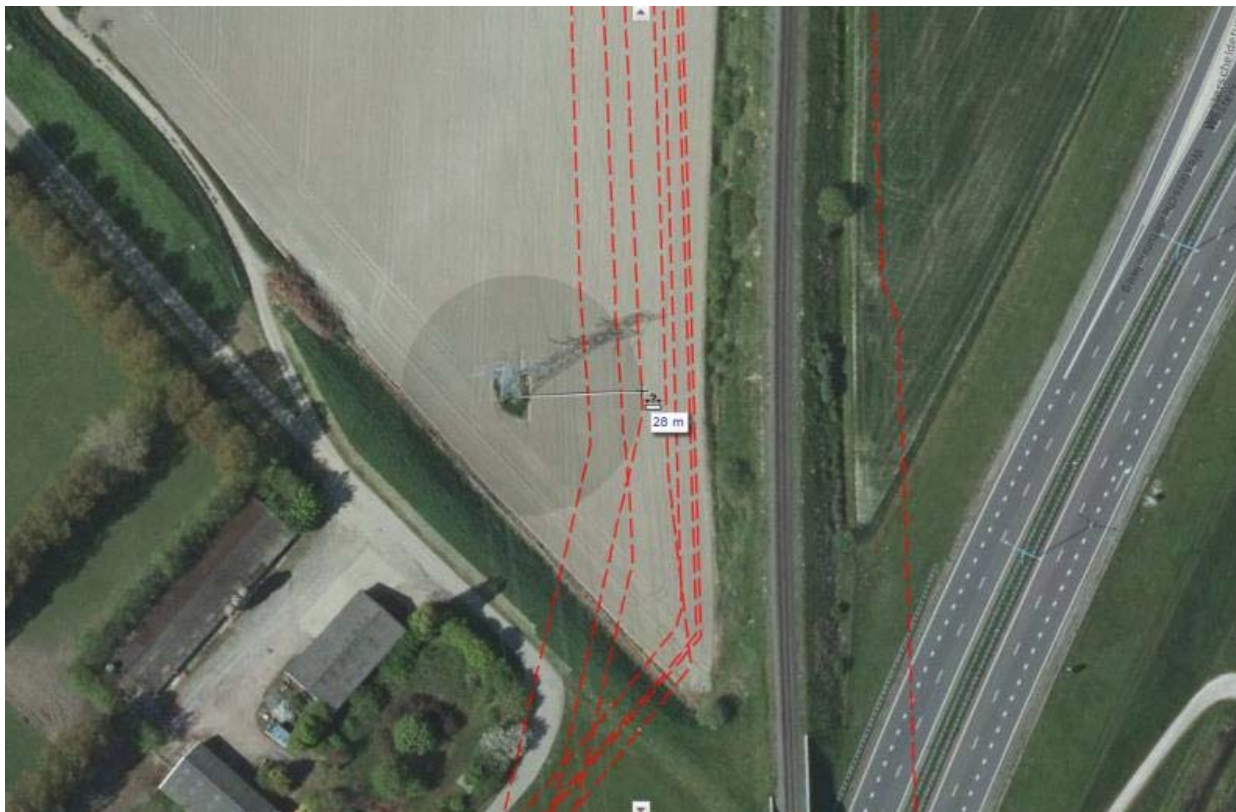
Figuur 3: Ligging windturbines ten opzichte van transportleiding X-804 (schaal onbekend)

Gasunie heeft een Excel rekentool 'Rekentool turbines 6 oktober 2016' aangeleverd om de additionele faalfrequentie veroorzaakt door de windturbines te bepalen. De eigenschappen en autonome faalfrequenties van de windturbines die zijn ingevoerd in deze rekentool zijn weergegeven in Bijlage 2: Windturbinegegevens.

Andersom kan leidingbreuk leiden tot falen van de windturbines. Dit geeft een geringe verhoging van de faalfrequentie van de windturbines en daarmee tot een geringe verhoging van het risico van de windturbines. Doordat deze verhoging niet significant is, hoeft deze niet nader beschouwd te worden.

3.3.2 Hoogspanningsmasten

Naast windturbines zijn er ook hoogspanningsmasten gesitueerd in de buurt van het tracé van leiding X-804. Gasunie heeft de gegevens van de masten ontvangen van de netbeheerder Tennet. Uit een screening van de afstand van de masten tot aan het tracé van de leiding, in combinatie met de masthoogtes, blijkt dat twee masten mogelijk van invloed kunnen zijn op de transportleiding. De ligging van deze twee masten is weergegeven in figuur 4 en figuur 5.



Figuur 4: Ligging mast 10 ten opzichte van leiding X-804 (bron: risicokaart.nl)



Figuur 5: Ligging mast 11a ten opzichte van leiding X-804 (bron: risicokaart.nl)

De mast met ID-nummer 10 (Tennet-aanduiding) staat op een afstand van ca 28 m en mast 11a (tevens Tennet-aanduiding) op een afstand van ca 17 m. Mast 10 heeft daarbij een hoogte van 33,6 m en mast 11a een hoogte van 32,9 m. De diepteligging van de leiding nabij de beide masten is circa 10 m en 1,7 m voor respectievelijk mast 10 en 11a. Omdat mast 11a ook nog een grotere massa heeft, is eerst de penetratiediepte voor punt- en lijnbelasting van de mast 11a op de leiding bepaald. Dit is gedaan op basis van de gegevens die zijn aangeleverd door Tennet, conform Bijlage C - hoofdstuk 8 van het Handboek Risicozonering Windturbines [ref. 5].

Uit de berekening volgt dat de maximale penetratiediepte voor mast 11a (meest kritisch van de twee masten) 1,1 m betreft. Deze penetratiediepte is significant minder dan de minimale diepteligging van de leiding binnen het bereik van de mast. Op basis van deze uitkomst wordt geconcludeerd dat beide masten geen invloed hebben op de faalfrequentie van de transportleiding. Zie Bijlage 3: Berekening penetratiediepte hoogspanningsmast voor een spreadsheet van de berekening.

3.3.3 Parallelligging

Langs een gedeelte van het tracé van bestaande leiding A-530-11 ligt een aardgastransportleiding van ZEBRA Gasnetwerk B.V. Uit informatie van Gasunie (Bijlage 4. Verkenning domino-effecten) blijkt dat er geen domino-effecten zullen optreden tussen beide leidingen. Nabij, maar niet geheel parallel, aan het tracé van het nieuw te boren leidingdeel loopt de 8" aardgasleiding Z-555-01. Ook tussen deze leidingen zullen, mede door de grote diepteligging van het nieuw te boren leidingdeel, geen domino-effecten optreden. Domino-effecten zijn dan ook niet meegenomen in deze berekening.

3.4 Bevolkingsgegevens

Voor de GR berekeningen van transportleiding X-804 is voor de bestaande bevolking gebruik gemaakt van de bevolkingsgegevens van de BAG Populatieservice (populatieservice.demis.nl). Deze data is ontvangen op 30 maart 2017 voor de waterstofberekeningen en 7 april 2017 voor de aardgasberekeningen. De data bevat per adres onder meer de Rijksdriehoekscoördinaten, het aantal personen en de hoofdfunctie van het adres.

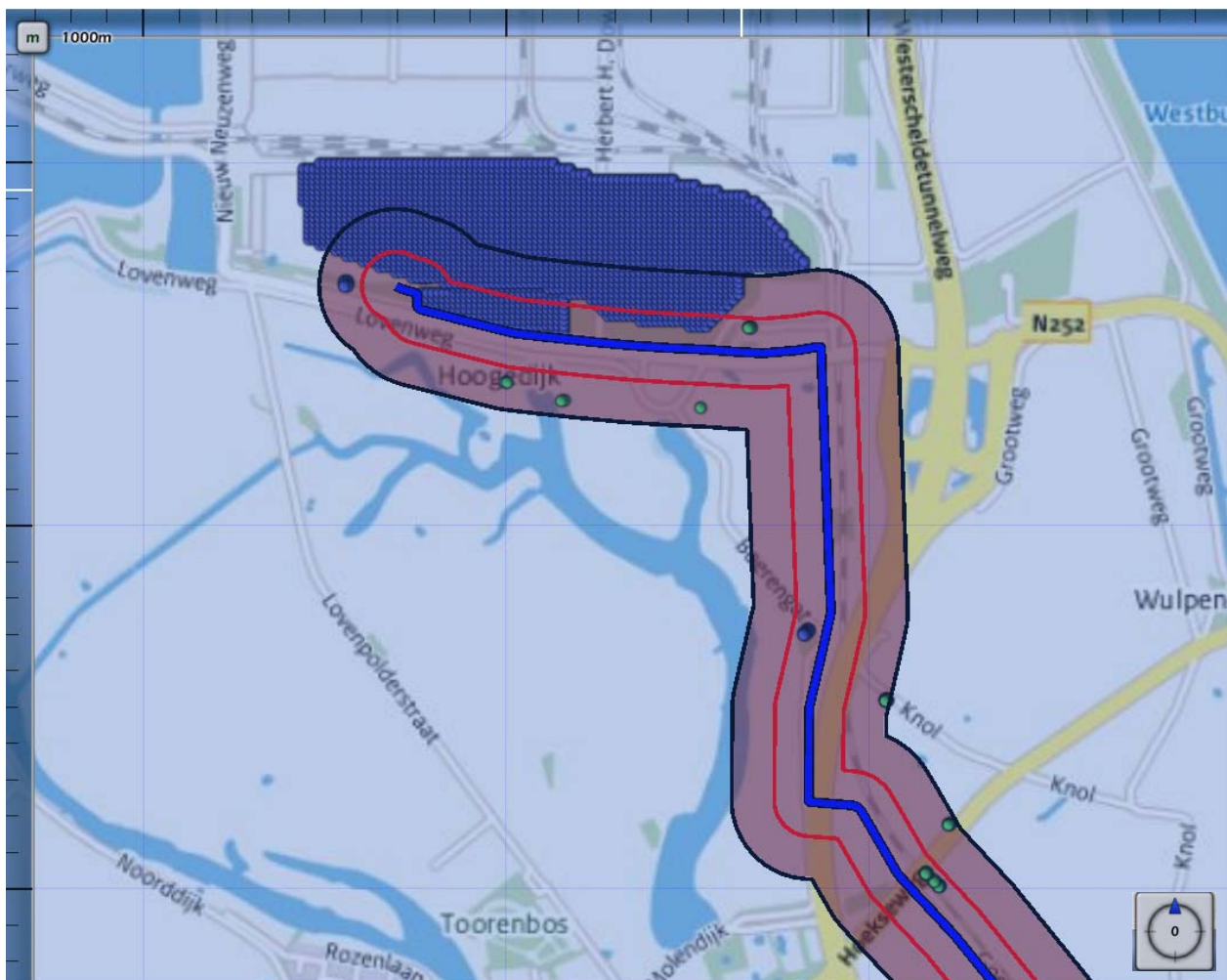
In figuur 6 tot en met figuur 9 zijn de verschillende adressen rond de leidingen vanuit de BAG populatieservice weergegeven als gekleurde punten, zoals weergegeven in CAROLA. Groen gekleurde punten zijn adressen met wonen als de hoofdfunctie en paars gekleurde punten zijn adressen met werken of evenement als hoofdfunctie. Voor het nieuw te boren leidingdeel wordt door de BAG populatieservice binnen het invloedsgebied geen bevolking gevonden. De bevolkingsdata zoals verkregen van de BAG populatieservice is gegeven in Bijlage 1: Populatiegegevens. Binnen het invloedsgebied van het nieuw te boren leidingdeel worden door de BAG populatieservice geen aanwezigen gevonden. Wel zijn er vanuit een screening van de additionele bestemmingsplancapaciteit aanwezigen (werkenden) toegevoegd op het terrein van Yara en van de windturbines nabij het nieuw te boren leidingdeel (zie voor uitleg verderop in deze paragraaf).

De bevolkingsdata voor waterstofgastransport door leiding X-804 is gebaseerd op dezelfde basisgegevens van de BAG populatieservice als de data voor aardgastransport door deze leiding, maar is ten behoeve van de Safeti-NL berekeningen separaat opgevraagd met behulp van het specifiek voor waterstofgas geldende invloedsgebied.

Naast de populatie uit de BAG populatieservice is ook de additionele bestemmingsplancapaciteit in kaart gebracht en meegenomen in de groepsrisicoberekeningen. De populatieaantallen en gehanteerde kengetallen van deze inventarisatie worden tevens in Bijlage 1: Populatiegegevens weergegeven. Populatievlakken (polygonen) die op basis van deze inventarisatie handmatig zijn toegevoegd zijn omgezet in Populatiebestanden, waardoor het onderscheid niet meer direct is waar te nemen in de afbeeldingen.

Bijlage 1: Populatiegegevens geeft een opsomming en een grafische weergave van de ligging van de additionele bevolkingsvlakken. Onder de toegevoegde populatievlakken bevindt zich ook een vlak voor een binnenkort nieuw te vestigen bedrijf, genaamd Ravago, op het terrein van DOW.

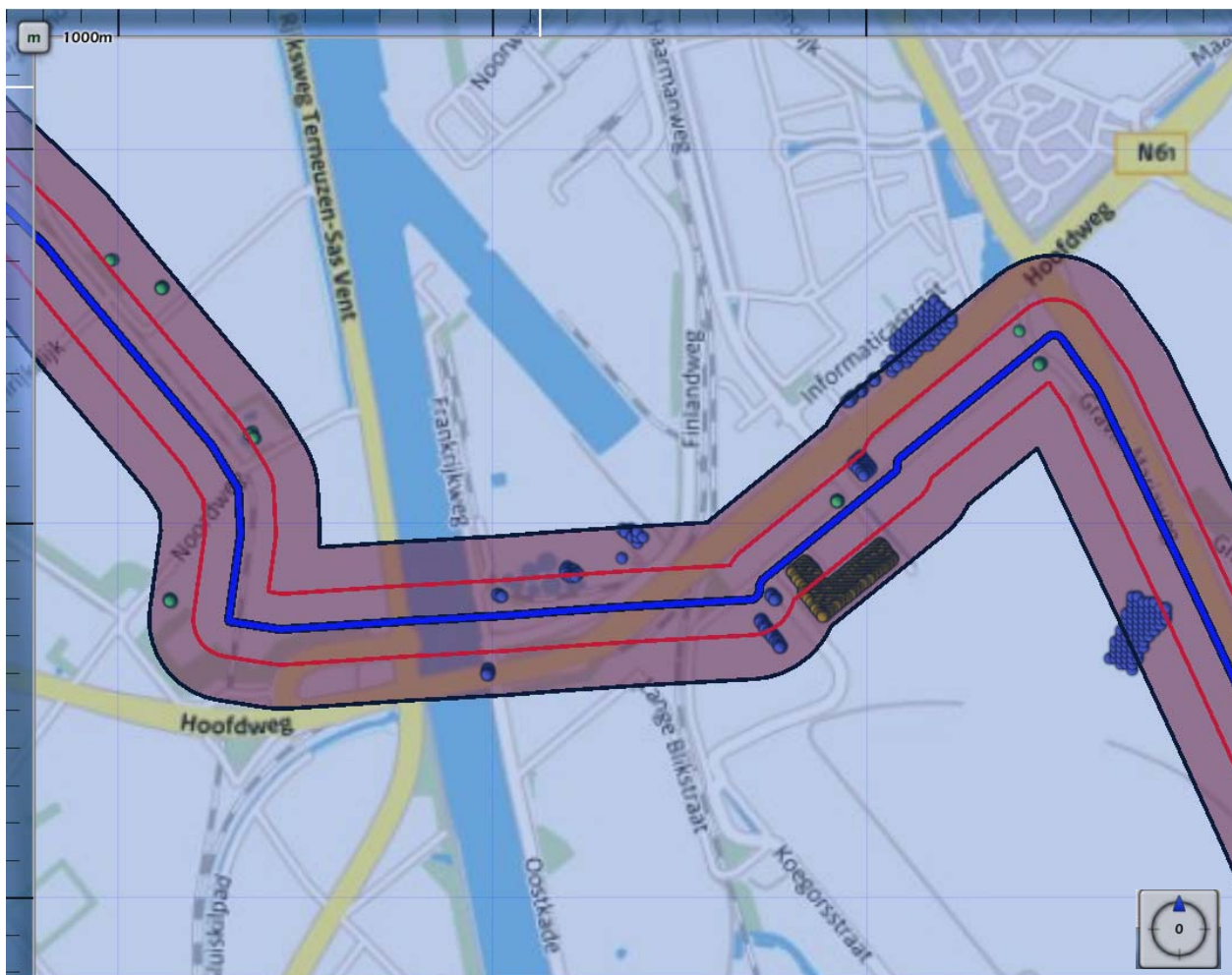
Het zwart omlijnde rode gebied geeft het invloedsgebied (1% letaliteitsgrens) van de leiding weer; de rode lijn geeft de 100% letaliteitsgrens weer. Het invloedsgebied van waterstofgastransport door leiding X-804 is nagenoeg gelijk. Voor een visuele vergelijking zie Bijlage 1: Populatiegegevens.



Figuur 6: Bevolkingsgegevens leiding X-804 (deel 1 van 4). Het raster heeft een afmeting van 1000m x 1000m.



Figuur 7: Bevolkingsgegevens leiding X-804 (deel 2 van 4). Het raster heeft een afmeting van 1000m x 1000m.



Figuur 8: Bevolkingsgegevens leiding X-804 (deel 3 van 4). Het raster heeft een afmeting van 1000m x 1000m.



Figuur 9: Bevolkingsgegevens leiding X-804 (deel 4 van 4). Het raster heeft een afmeting van 1000m x 1000m.

4 Modelling

4.1 Aardgastransport

De risicoberekeningen van aardgastransport zijn conform voorschrift in het Bevb uitgevoerd met het pakket CAROLA, versie 1.0.0.52. Het gebruikte parameterbestand heeft versienummer 1.3. De bedrijfsspecifieke parameters van Gasunie zijn toegepast in de berekeningen. Het Bevb schrijft tevens voor dat risicoverhogende objecten meegenomen dienen te worden in de QRA. Het betreft een risicoanalyse waarbij langs een deel van het tracé van enkel bestaande leiding A-530-11 rekening gehouden moet worden met een additionele faalkans als gevolg van twee windturbines. Het pakket CAROLA voorziet hier niet in, waardoor rekenen met CAROLA (en dus zonder de invloed van de windturbines) in dit geval een (grote) onderschatting van het risico oplevert. Daarom is, voor die delen van het tracé waar een additionele faalkans als gevolg van de twee geïdentificeerde windturbines geldt, naast CAROLA tevens de door Gasunie verstrekte rekentool Risico Reducerende Maatregelen (RRM; versie 2.0) gehanteerd om de risico's te bepalen. Afgezien van de mogelijkheid om additionele faalfrequenties toe te voegen rekent deze tool op dezelfde wijze als het CAROLA pakket en geeft deze tool bij gelijke invoer dezelfde resultaten als CAROLA.

De invoerbestanden (*.txt) voor leiding X-804 die gehanteerd zijn om de berekeningen in zowel CAROLA als RRM uit te voeren zijn in de vorm van een digitale bijlage bij deze rapportage gevoegd.

4.2 Waterstofgastransport

De risicoberekeningen voor het transport van waterstofgas zijn uitgevoerd in Safeti-NL versie 6.54. De modellering van waterstofgas is beschreven in Handleiding Risicoberekeningen Bevb [ref. 2], Module D – Chemicaliënleidingen, paragraaf 2.5.1. Uitgangspunt bij de berekening is een stand-der-techniek leiding. De volgende aanvullende mitigerende maatregelen zijn tevens van toepassing op de leiding:

- Actief rappel; factor 1.2 op categorie 'beschadiging door derden';
- SIL 1 beveiliging; factor 10 op categorie 'operationeel / overig';
- Geen corrosief medium; categorie 'inwendige corrosie' wordt hiermee uitgesloten;
- Operationele druk < 30% SMYS; factor 10 op categorie 'mechanisch' (op gehele leiding van toepassing, met uitzondering van die delen van de bestaande leiding A-530-11 waar de wanddikte 6,2 mm is);
- Uitsluiten ontoelaatbare zettingen/spanningen; factor 10 op categorie 'natuurlijke oorzaken'.

Aanvullende ontstekingsbronnen zijn niet onderzocht, omdat bij een ongeval met het transport van waterstofgas de directe ontstekingskans al op 100% is gesteld.

Conform de Handleiding Risicoberekeningen Bevb, Module D – Chemicaliënleidingen, paragraaf 2.5.1, dient voor breuk van de waterstofgasleiding in Safeti-NL een User Defined Source (UDS) scenario te worden gebruikt waarbij handmatig andere waarden voor de luchtinmenging en de (verlaagde) uitstroomsnelheid ingevoerd moeten worden. Deze waarden dienen berekend te worden aan de hand van onderstaande twee tabellen.

Tabel 2: Hoeveelheid ingemengde lucht [kg/s]

Diameter	16 barg	40 barg	70 barg	100 barg
114,3 mm	120	230	330	420
168,3 mm	230	400	570	720
219,1 mm	360	620	880	1100
323,9 mm	630	1080	1520	1920
508 mm	1290	2190	3110	3920

Tabel 3: Uitstroomsnelheid [m/s]

Diameter	16 barg	40 barg	70 barg	100 barg
114,3 mm	22	30	38	44
168,3 mm	29	41	52	60
219,1 mm	37	53	65	75
323,9 mm	50	69	85	96
508 mm	70	94	113	126

Op basis van de ontwerpdruk van 40 barg en de diameter van 406,4 mm wordt met behulp van lineaire interpolatie (druk en diameter) een hoeveelheid ingemengde lucht van 1635 kg/s en een uitstroomsnelheid van 81,5 m/s berekend voor het leidingdeel dat bestaat uit de oude A-530-11 leiding en een hoeveelheid ingemengde lucht van 1080 kg/s en een uitstroomsnelheid van 69 m/s berekend voor het nieuw te boren leidingdeel met een diameter van 323,9 mm op 40 bar.

De release rate van waterstofgas (gemiddeld over 0 tot 20 seconden) wordt door Safeti-NL voor leidingdeel met diameter van 406,4 mm bepaald op 133 kg/s (tweezijdige uitstroming) en voor het nieuw te boren leidingdeel op 91 kg/s (tweezijdige uitstroming).

Waterstoflekken zijn gemodelleerd met het vessel/pipe source – leak model, met over de gehele X-804 leiding een gatdiameter van 20 mm, conform de handleiding risicoberekeningen Bevb. Aangezien voor de gehele X-804 leiding geldt dat 10% van de leidingdiameter meer is dan de maximale 20 mm wordt overal de maximum gatdiameter van 20 mm gebruikt.

Zowel de leidingbreuken als de leidinglekken zijn met een verticale uitstroomrichting gemodelleerd. De gehanteerde faalfrequenties zijn weergegeven in tabel 4.

Tabel 4: Faalfrequentiebepaling voor waterstofgastransport door leiding X-804

Faaloorzaak	Basisfrequentie breuk	Basisfrequentie lek	Factor	Frequentie breuk na maatregelen	Frequentie lek na maatregelen
[–]	[per km per jaar]	[per km per jaar]	[–]	[per km per jaar]	[per km per jaar]
Beschadiging door derden (bij referentiediepte)	$1,77 \times 10^{-5}$	$2,63 \times 10^{-5}$	1,2 (actief rappel)	$1,48 \times 10^{-5}$	$2,19 \times 10^{-5}$
Mechanisch	$7,96 \times 10^{-6}$	$3,86 \times 10^{-5}$	10 (indien druk < 30% SMYS) ²	$7,96 \times 10^{-7}$	$4,58 \times 10^{-5}$
Inwendige corrosie	$1,41 \times 10^{-6}$	$1,17 \times 10^{-5}$	∞ (niet corrosief medium)	0	0
Uitwendige corrosie	$4,25 \times 10^{-6}$	$3,52 \times 10^{-5}$	1	$4,25 \times 10^{-6}$	$3,52 \times 10^{-5}$
Natuurlijke oorzaken	$2,26 \times 10^{-6}$	$3,60 \times 10^{-6}$	10	$2,26 \times 10^{-7}$	$3,60 \times 10^{-7}$
Operationeel	$3,4 \times 10^{-6}$	$4,56 \times 10^{-6}$	10	$3,4 \times 10^{-7}$	$4,56 \times 10^{-7}$
Totaal	$3,7 \times 10^{-5}$	$1,20 \times 10^{-4}$		$2,04 \times 10^{-5}$	$1,04 \times 10^{-4}$

De basis faalfrequenties betreffen de frequenties voor leidingen die voldoen aan de stand-der-techniek-voorwaarden. De X-804 leiding voldoet aan deze voorwaarden, zodat deze zijn toegepast voor de berekening. De gegeven faalfrequentie betreft een referentiediepte van 0,84 m. In de berekening is de diepteligging op basis van de door Gasunie geleverde leidingdata, conform de handleiding risicoberekeningen Bevb verdisconteerd en varieert dus over de leiding. In de berekening is met een maximale dekking van 2m gerekend, omdat de relatie voor de faalfrequentie voor beschadiging door derden en de diepteligging geldig is tot maximaal 2m. Omdat de leiding gemiddeld veel dieper ligt dan 2m, is deze aanpak conservatief.

Op een kort gedeelte van leiding X-804 (in de bestaande leiding A-530-11) is de wanddikte dunner (6,2 mm i.p.v. 7,4 mm), waarmee de mitigerende maatregel “operationele druk < 30% SMYS” met een factor 10 lokaal niet van toepassing is. Dit gedeelte van leiding X-804 loopt van stationing 10793 tot en met 11451 en is gelegen in de meest zuid(oost)elijke bocht van de leiding nabij bevolkingsvlak 3. Voor dit deel van de leiding is de gehanteerde faalfrequentie voor het scenario breuk $2,75 \times 10^{-5}$ per km per jaar en $9,65 \times 10^{-5}$ per km per jaar voor het scenario lek. Ook deze moeten nog wel worden gecorrigeerd voor de diepteligging.

Voor het lekscenario zijn dezelfde uitgangspunten en maatregelen meegenomen als voor het scenario breuk.

² Voor de maatregel ‘mechanisch’ geldt dat het deel van de frequentie dat van de breuk mag worden afgetrokken, bij het lek moet worden opgeteld. De totale frequentie (breuk + lek) blijft daarmee gelijk ($4,66 \times 10^{-5}$).

5 Resultaten

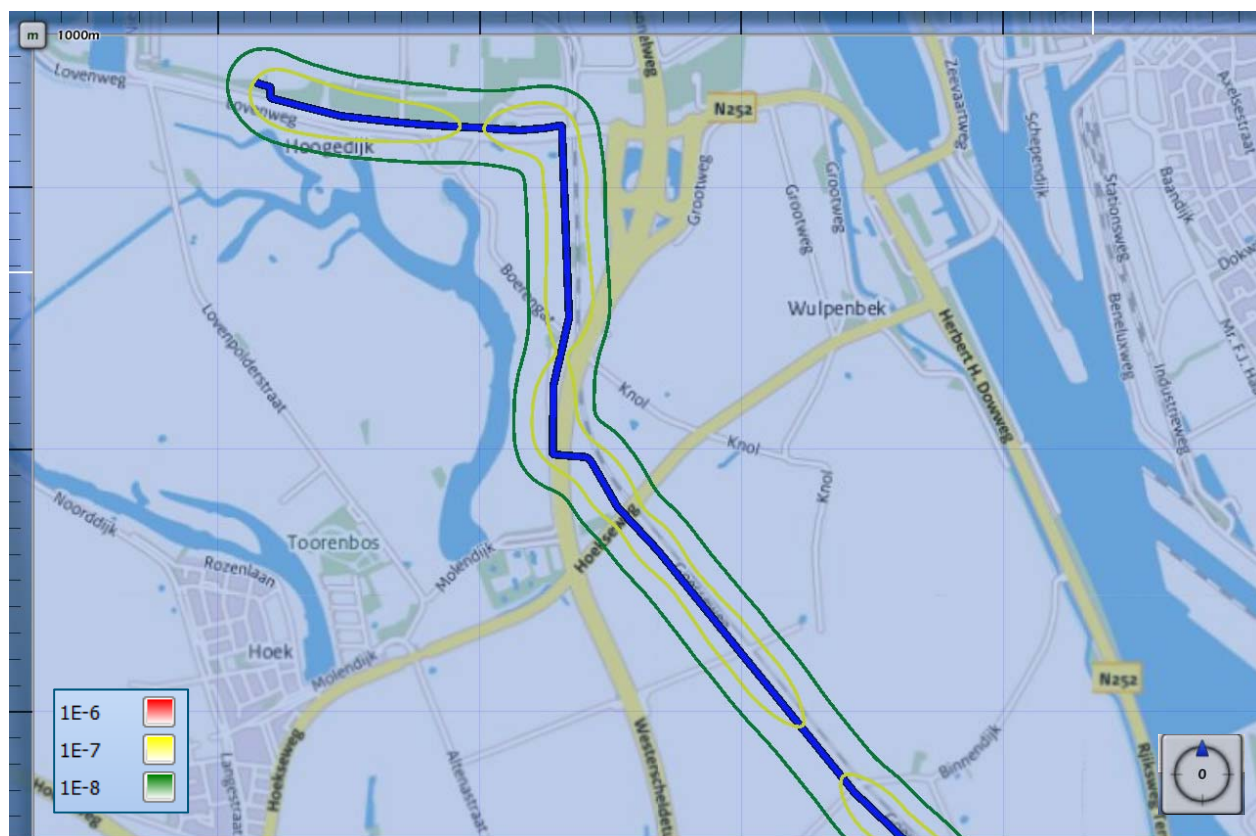
In dit hoofdstuk worden de resultaten gepresenteerd van de uitgevoerde berekeningen en analyses voor transportleiding X-804.

5.1 Plaatsgebonden risico

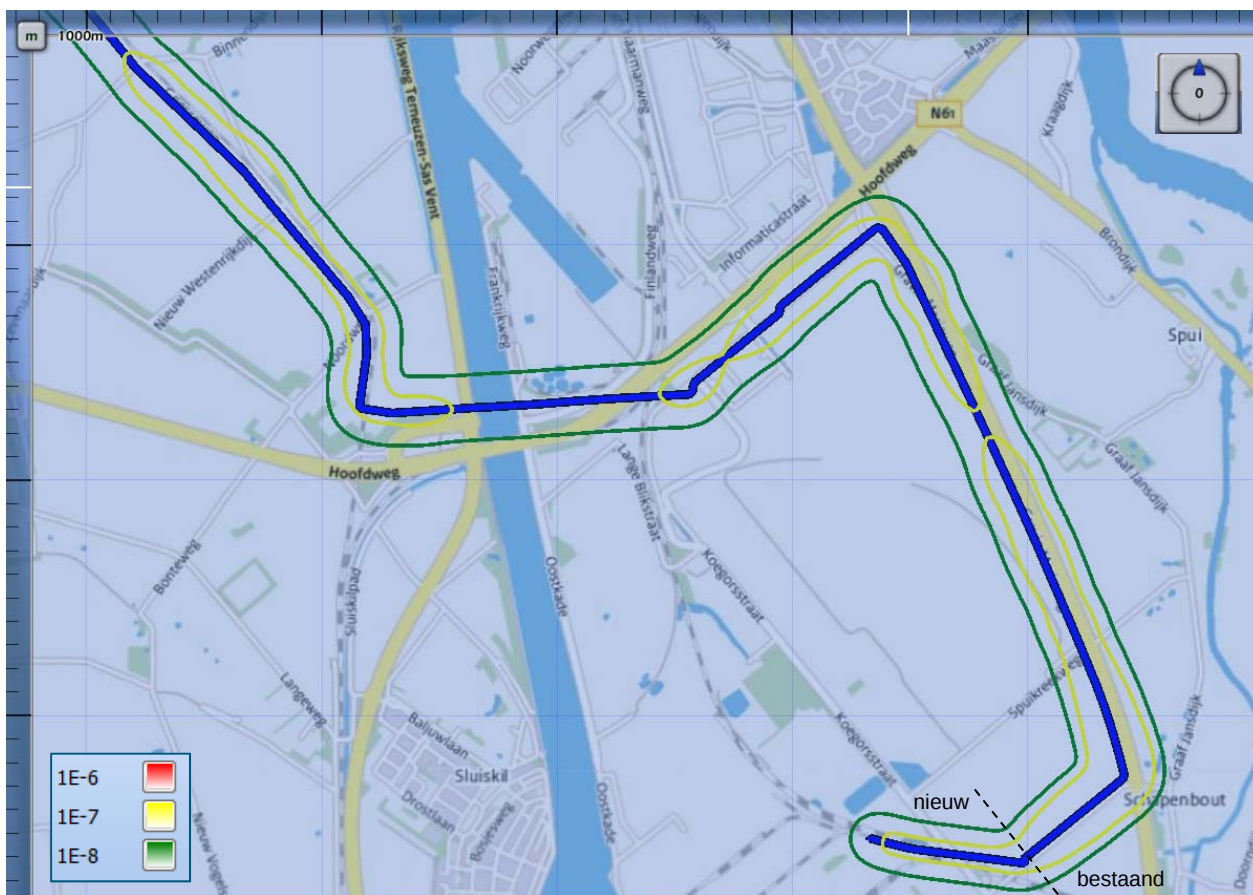
Het plaatsgebonden risico is in het Besluit externe veiligheid buisleidingen [ref. 1] gedefinieerd als “het risico op een plaats nabij een buisleiding, uitgedrukt als de kans per jaar dat een persoon die onafgebroken en onbeschermd op die bepaalde plaats zou verblijven, overlijdt als rechtstreeks gevolg van een ongevoerd voorval met die buisleiding”. Het plaatsgebonden risico wordt rondom de leidingen weergegeven door contouren met risicowaardes per jaar.

5.1.1 Aardgastransport

Voor het transport van aardgas door leiding X-804 zijn de resultaten van de plaatsgebonden risicoberekening weergegeven in figuur 10 tot en met figuur 11. Daarnaast zijn de uitkomsten van de berekeningen in de RRM tool, voor het leidingdeel waar een additionele faalfrequentie van toepassing is op de leidingen, weergegeven in figuur 12.

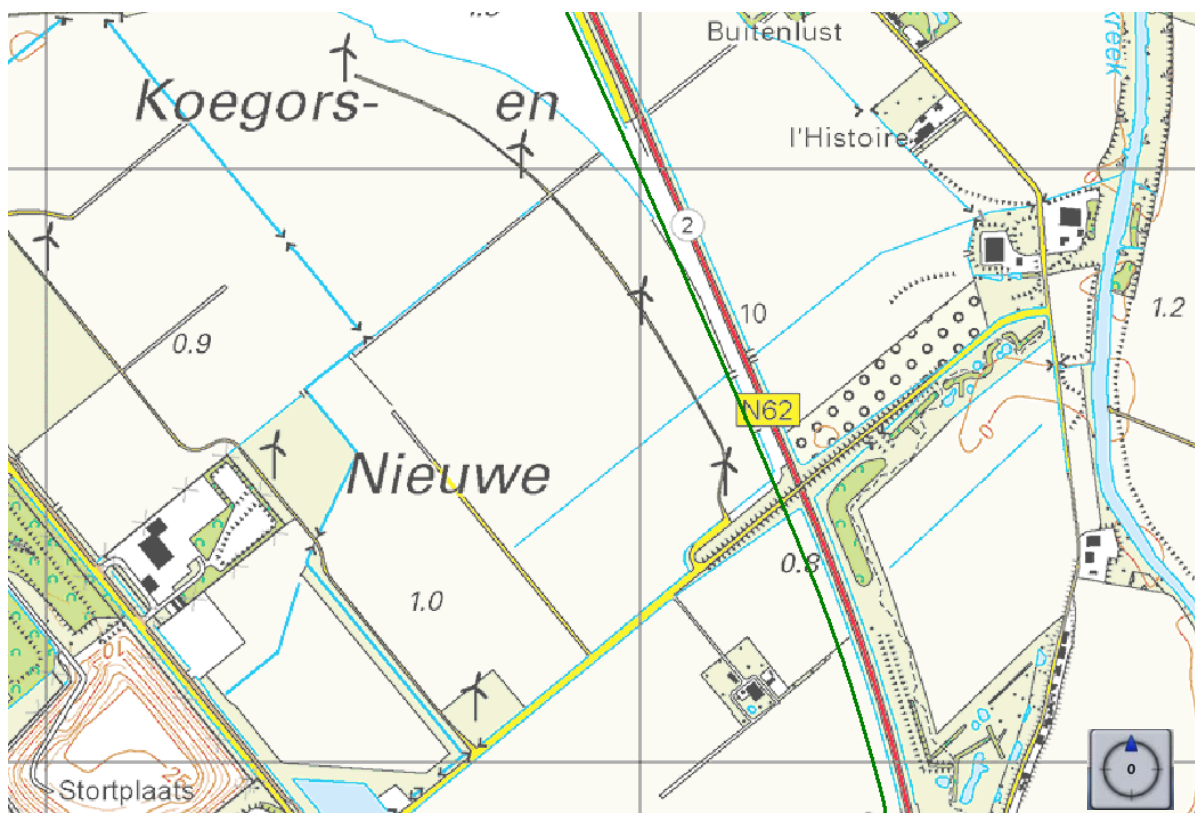


Figuur 10: Plaatsgebonden risicocontouren aardgastransport door leiding X-804 (deel 1 van 2). Het raster heeft een afmeting van 1000m x 1000m.



Figuur 11: Plaatsgebonden risicocontour aardgastransport door leiding X-804 (deel 2 van 2). Het raster heeft een afmeting van 100m x 100m.

In figuur 12 is de output van de RRM tool weergegeven. Indien aanwezig, wordt de 10^{-6} per jaar plaatsgebonden risicocontour in rood weergegeven. In dit geval zorgt de faalfrequentie verhogende werking van de in de nabijheid van de leiding aanwezige windturbines er niet voor dat er een 10^{-6} per jaar plaatsgebonden risicocontour ontstaat.



Figuur 12: (Ontbreken van) 10^{-6} plaatsgebonden risicocontour van voor leiding X-804 in RRM Tool (inclusief faalfrequentie verhogende werking windturbines). Het raster heeft een afmeting van 1000m x 1000m

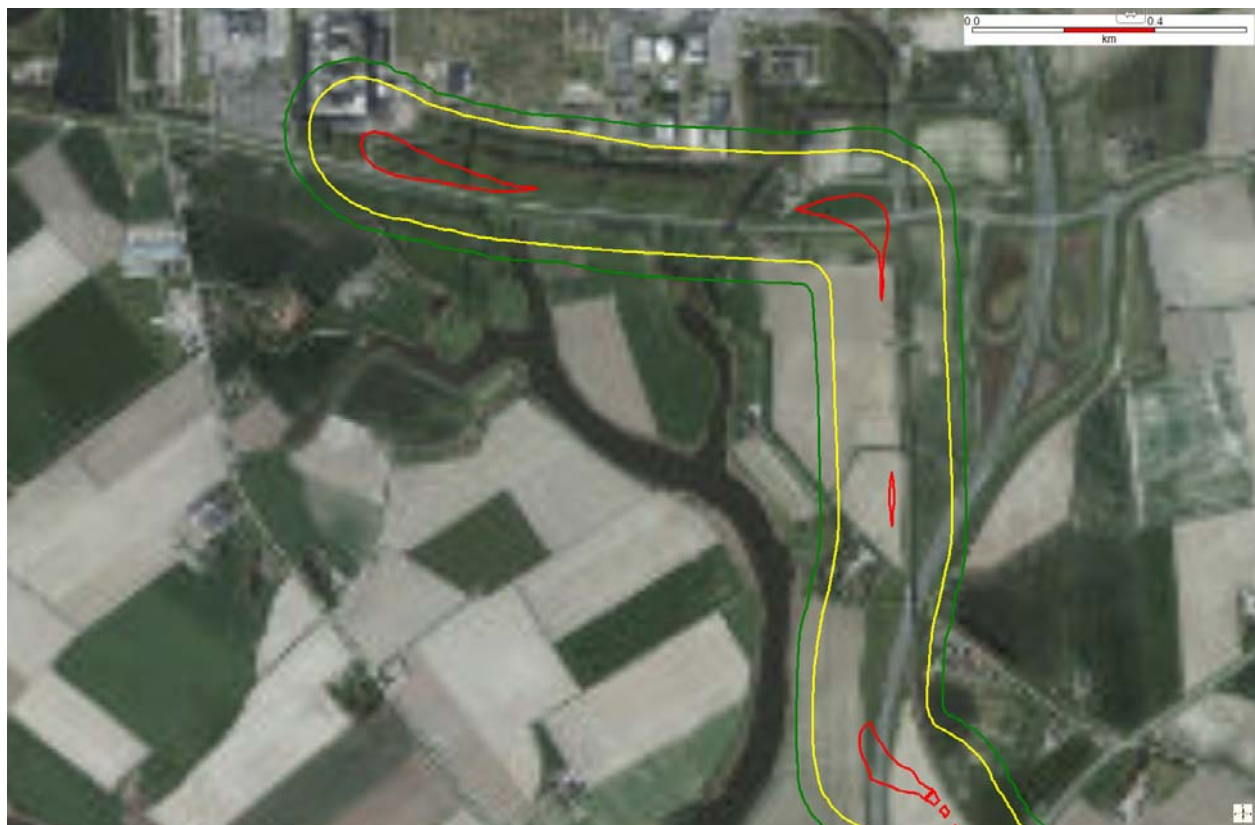
5.1.2 Conclusie PR-berekeningen aardgas

Het plaatsgebonden risico is voor het aardgastransport door leiding X-804 bepaald. Voor de leiding geldt dat er nergens een 10^{-6} per jaar plaatsgebonden risicocontour wordt berekend. Ook inclusief additionele faalfrequentie als gevolg van de windturbines wordt er voor leiding X-804 geen 10^{-6} per jaar plaatsgebonden risicocontour berekend.

Hiermee voldoet het plaatsgebonden risico aan de door de Nederlandse overheid in het Besluit externe veiligheid buisleidingen [ref. 1] en de bijbehorende Regeling externe veiligheid buisleidingen [ref. 4] gestelde voorwaarden.

5.1.3 Waterstofgastransport

Voor het transport van waterstofgas door leiding X-804 zijn de resultaten van de plaatsgebonden risicoberekening, inclusief faalfrequentie verhogende werking van de in paragraaf 3.3 vermelde windturbines, weergegeven in figuur 13 tot en met figuur 17. In deze figuren worden, indien aanwezig, de 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7} en 10^{-8} per jaar PR-contouren weergegeven met respectievelijk paarse, rode, gele en groene contouren.



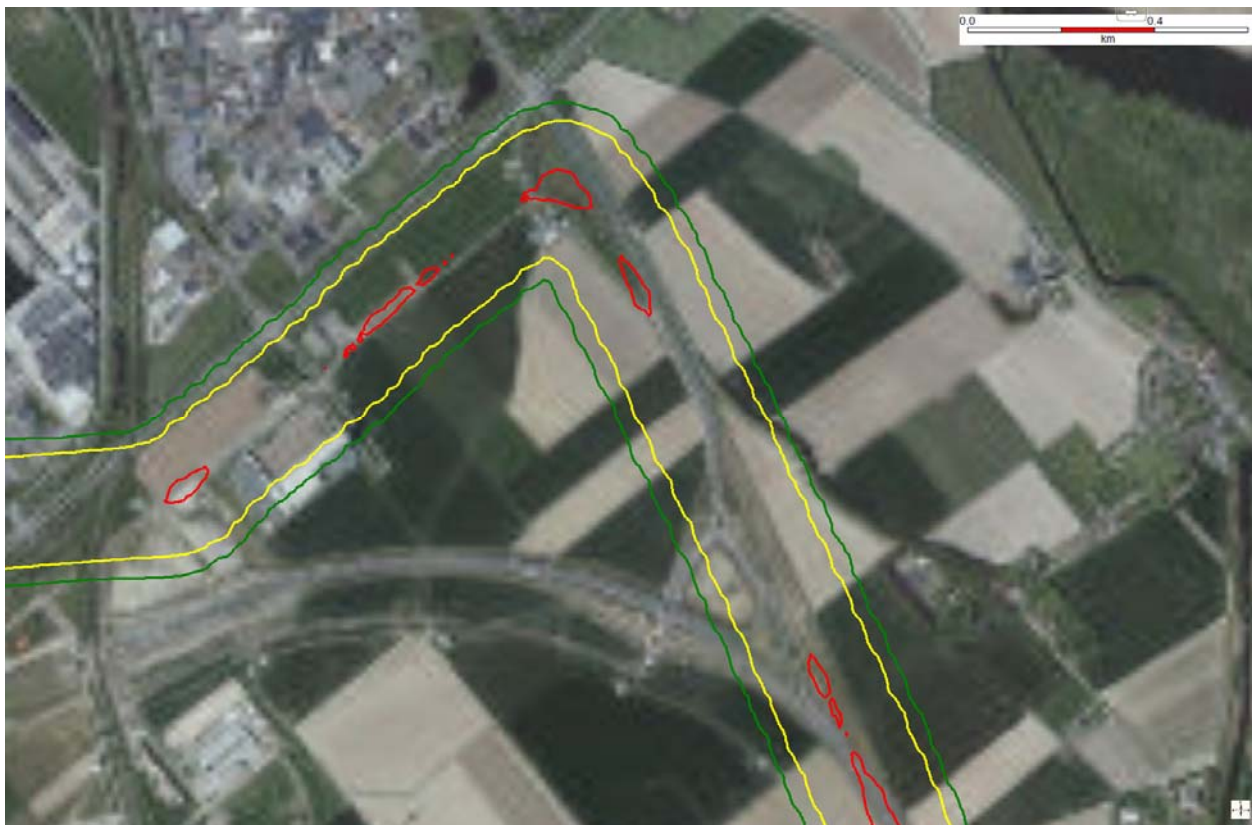
Figuur 13: Plaatsgebonden risicocontouren waterstofgastransport door leiding X-804 (deel 1 van 5), inclusief maatregelen.



Figuur 14: Plaatsgebonden risicocontouren waterstofgastransport door leiding X-804 (deel 2 van 5), inclusief maatregelen.



Figuur 15: Plaatsgebonden risicocontouren waterstofgastransport door leiding X-804 (deel 3 van 5), inclusief maatregelen.

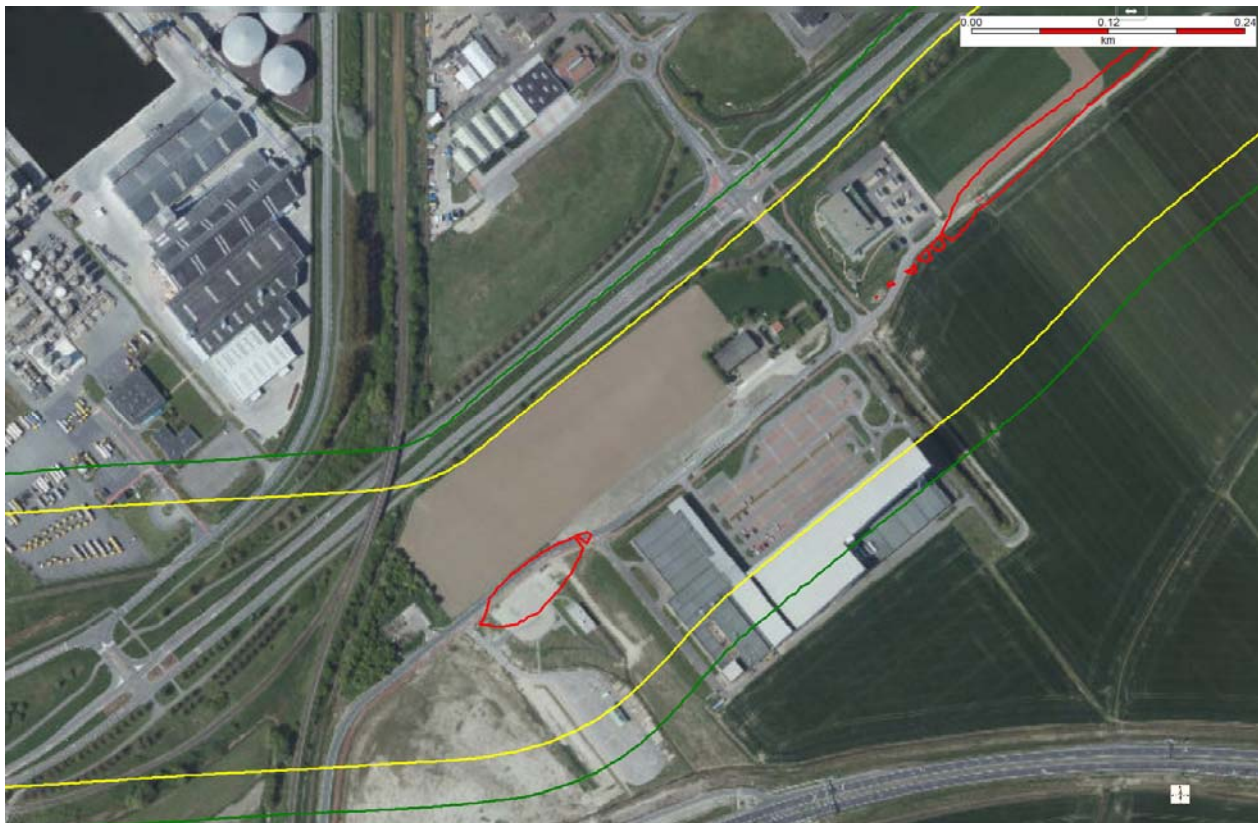


Figuur 16: Plaatsgebonden risicocontouren waterstofgastransport door leiding X-804 (deel 4 van 5), inclusief maatregelen.



Figuur 17: Plaatsgebonden risicocontouren waterstofgastransport door leiding X-804 (deel 5 van 5), inclusief maatregelen.

Voor waterstofgastransport door leiding X-804 inclusief maatregelen wordt op enkele plaatsen in het tracé een 10^{-6} per jaar plaatsgebonden risicocontour berekend. Net buiten de genoemde 10^{-6} per jaar plaatsgebonden risicocontour liggen o.a. de Skidôme, Bio Base Europe Training Center BV, Projectbureau Tractaatweg en een vestiging van Perry Sport. Deze zijn allen als kwetsbare objecten aangemerkt. In de onderstaande figuur is ingezoomd op de PR-contour ter hoogte van de Skidôme. De extra diepteligging vanwege de grondophoging nabij de Skidôme van enkele jaren geleden is meegenomen in de berekening.



Figuur 18: Plaatsgebonden risicocontouren waterstofgastransport door leiding X-804 (detail), inclusief maatregelen.

5.1.4 Conclusie PR-berekeningen waterstofgas

Voor het transport van waterstofgas door leiding X-804 is een plaatsgebonden risicoberekening uitgevoerd.

Voor de berekening van leiding X-804 inclusief maatregelen en de invloed van de windturbines geldt dat er langs het tracé van het leidingdeel bestaande uit de huidige leiding A-530-11 op enkele plaatsen een 10^{-6} per jaar plaatsgebonden risicocontour wordt berekend. De risico's zijn niet uniform over de leiding, dit wordt veroorzaakt door de variërende leiding eigenschappen en de variërende diepteligging. De 10^{-6} per jaar PR-contour ligt maximaal op ca. 80 m uit het hart van de leiding ter hoogte van de Gasunie locatie in de meest zuidoostelijke bocht in de leiding (stationing 11127 m). Binnen deze 10^{-6} per jaar plaatsgebonden risicocontour zijn geen kwetsbare objecten gelegen. De reden dat op deze locatie een grotere 10^{-6} per jaar PR-contour wordt berekend dan over de rest van de leiding is de enigszins geringere diepteligging ter plaatse. Voor het nieuw te boren leidingdeel wordt geen 10^{-6} per jaar plaatsgebonden risicocontour berekend.

Het plaatsgebonden risico voldoet aan de door de Nederlandse overheid in artikel 11, lid 1 van het Besluit externe veiligheid buisleidingen [ref. 1] gestelde voorwaarde dat er binnen de 10^{-6} per jaar plaatsgebonden risicocontour geen kwetsbare objecten gesitueerd zijn.

Het nieuw aan te leggen leidingdeel voldoet tevens aan de door de Nederlandse overheid in artikel 6, lid 2 van het Besluit externe veiligheid buisleidingen [ref. 1] gestelde voorwaarde 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. Tevens voldoet de gecombineerde leiding hiermee aan de in bijbehorende Regeling externe veiligheid buisleidingen [ref. 4] gestelde voorwaarden.

5.2 Groepsrisico

Het groepsrisico is een maat om de kans weer te geven dat een incident met meerdere dodelijke slachtoffers voorkomt. Het wordt in het Besluit externe veiligheid buisleidingen [ref.1] gedefinieerd als “de 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 ongevoerd voorval met die buisleiding”.

Het groepsrisico wordt berekend door rondom elk punt op de leiding een segment van een kilometer te kiezen, dat gecentreerd ligt ten opzichte van dit punt. Voor deze kilometer leiding wordt een FN-curve³ berekend, welke wordt vergeleken met de oriëntatiewaarde⁴ van het groepsrisico. Uit de maximale verhouding tussen de FN-curve en de oriëntatiewaarde volgt de overschrijdingsfactor⁵. Vervolgens wordt voor alle punten op de leiding deze maximale overschrijdingsfactor in een grafiek uiteengezet, waaruit het maximum voor de beschouwde leiding kan worden bepaald. Dit maximum wordt gerapporteerd als het groepsrisico. Als een buisleiding een totale lengte heeft van minder dan 1 km, dan wordt de FN-curve berekend voor de volledige buisleiding. De oriëntatiewaarde blijft ongewijzigd ($F \cdot N^2 = 0.01$ per km per jaar).

5.2.1 Aardgastransport

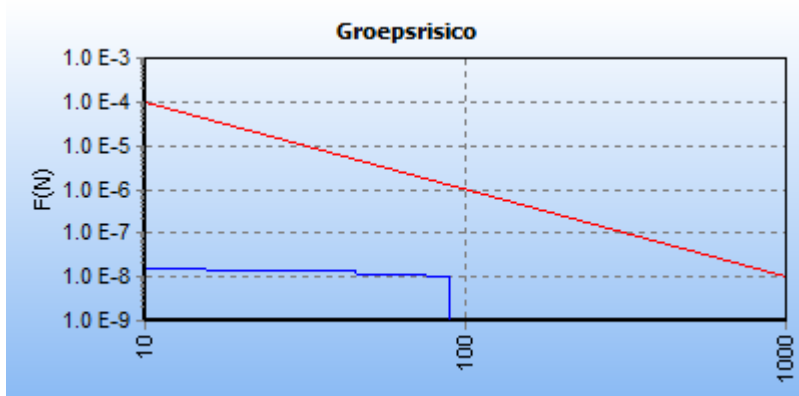
In deze paragraaf worden de resultaten van de groepsrisicoberekening weergegeven voor aardgastransport door de leiding X-804.

Voor leiding X-804 is het groepsrisico bepaald aan de hand van het pakket CAROLA. Over het leidingdeel waar een verhoogde faalfrequentie als gevolg van de windturbines is bepaald, liggen binnen het invloedsgebied van de leiding slechts twee (beperkt) kwetsbare objecten met in totaal ca. 3 aanwezigen. Dit gedeelte van de leiding is niet maatgevend voor het groepsrisico. De kilometer leiding met het hoogste groepsrisico per kilometer wordt, in zowel het pakket CAROLA als de RRM tool, gevonden nabij de kanaalkruising Sluiskil. Daarom zijn enkel de CAROLA uitkomsten voor het groepsrisico weergegeven in deze rapportage. Immers, de RRM tool is alleen relevant voor het leidingdeel waar de risico's verhoogd zijn ten gevolge van de windturbines, wat op een andere locatie is.

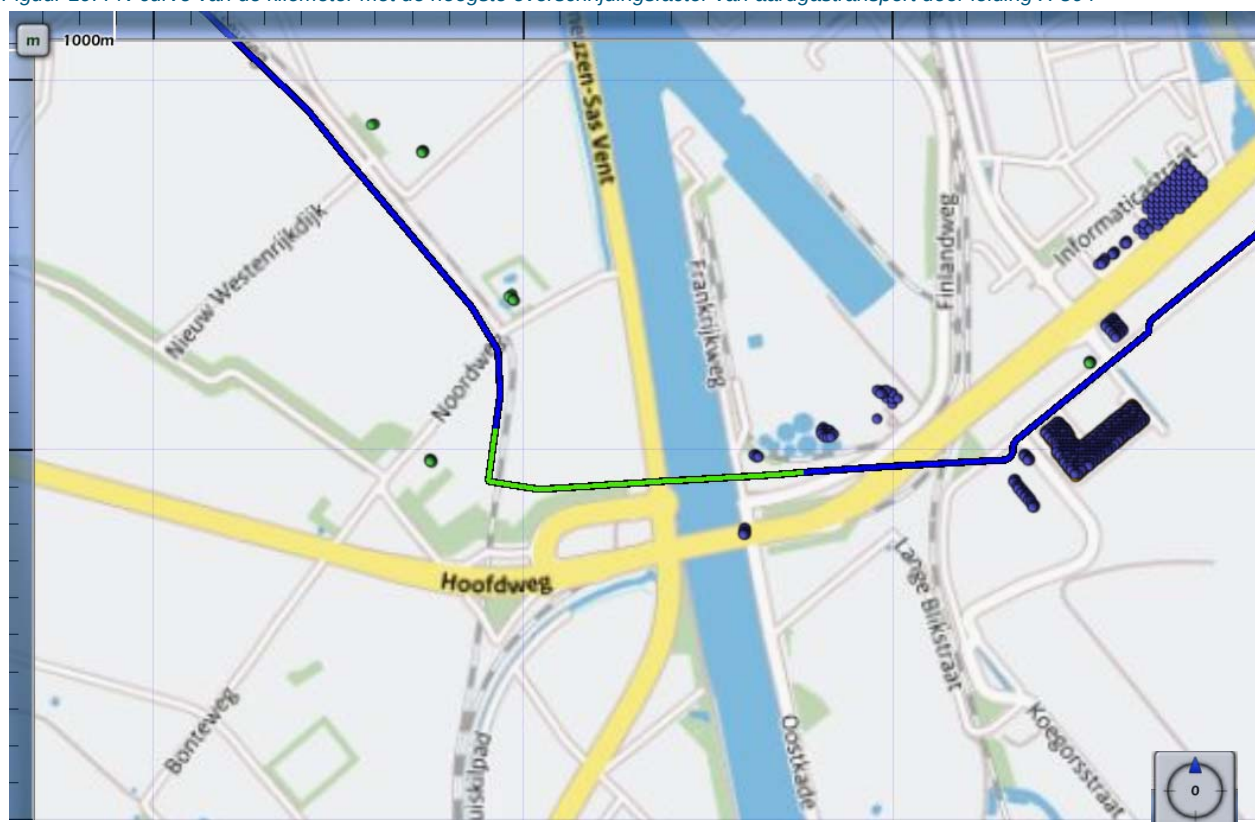
³ De handreiking verantwoordingsplicht groepsrisico [ref.2] omschrijft: “Het groepsrisico wordt weergegeven als een curve in een grafiek met twee logaritmisches geschaalde assen, de zogenaamde FN-curve. Op de y-as wordt de cumulatieve frequentie F (per jaar) uitgezet en op de x-as het aantal te verwachten slachtoffers N. De curve geeft het verband tussen de omvang van de getroffen groep (N) en de kans (f) dat in één keer een groep van ten minste die omvang komt te overlijden”.

⁴ Met de oriëntatiewaarde wordt in het Besluit externe veiligheid buisleidingen [ref.1] bedoeld “de lijn die de kans weergeeft op een ongeval met 10 of meer dodelijke slachtoffers van ten hoogste 10^{-4} per jaar en de kans op een ongeval met 100 of meer dodelijke slachtoffers van ten hoogste 10^{-6} per jaar”.

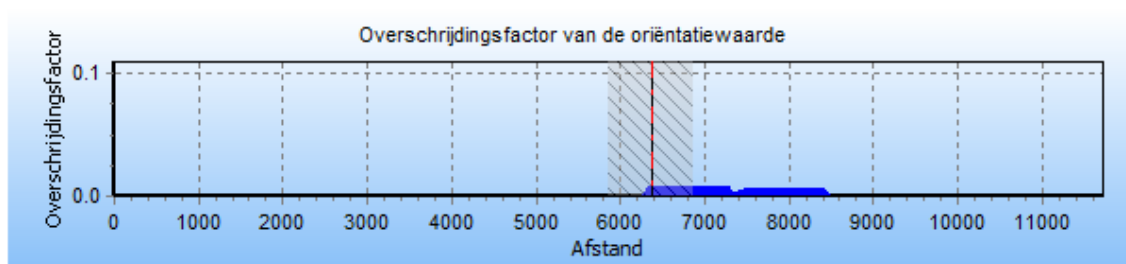
⁵ De overschrijdingsfactor is de maximale verhouding tussen de faalkans volgens de FN-curve en de oriëntatiewaarde. Daarmee is de overschrijdingsfactor een maat die aangeeft in hoeverre de oriëntatiewaarde wordt genaderd of overschreden. Een overschrijdingsfactor kleiner dan één geeft aan dat de FN-curve onder de oriëntatiewaarde blijft. Bij een waarde van één zal de FN-curve de oriëntatiewaarde raken. Bij een waarde groter dan één wordt de oriëntatiewaarde overschreden.



Figuur 19: FN-curve van de kilometer met de hoogste overschrijdingsfactor van aardgastransport door leiding X-804



Figuur 20: Weergave van de kilometer leiding met de hoogste overschrijdingsfactor van aardgastransport door leiding X-804



Figuur 21: Groepsrisicoscreening voor aardgastransport door leiding X-804

De maximale overschrijdingsfactor voor aardgastransport door leiding X-804 wordt gevonden voor de sectie van stationing 5870 m tot 6870 m en is gelijk aan 0,008 en wordt gevonden bij 89 slachtoffers en een frequentie van $1,02 \times 10^{-8}$ per jaar/km. De kilometer met de hoogste overschrijdingsfactor is in figuur 20 weergegeven.

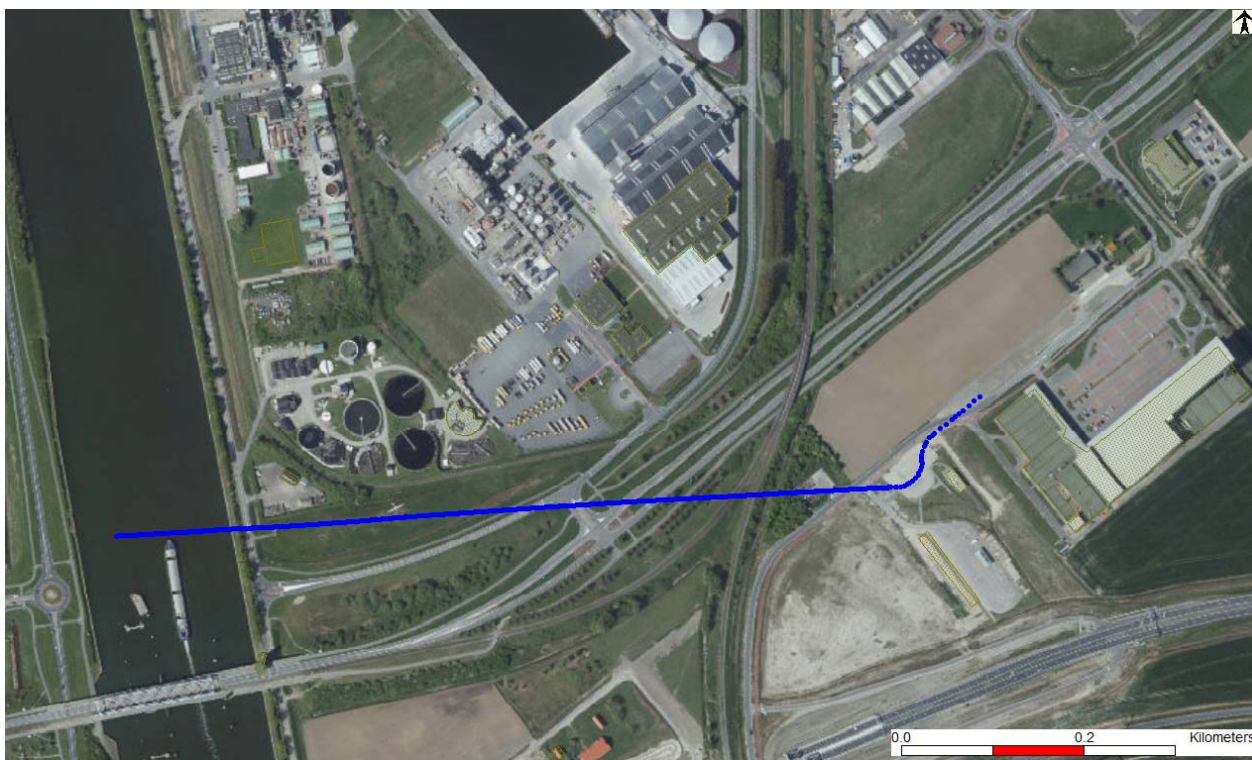
Het groepsrisico van aardgastransport door leiding X-804 is vergeleken met de oriëntatiewaarde voor buisleidingen, zijnde $F \cdot N^2 < 10^{-2}$ per km per jaar waarbij F de frequentie is van een ongeval met N of meer slachtoffers.

Het groepsrisico is kleiner dan de in het Besluit externe veiligheid buisleidingen [ref. 1] gestelde oriëntatiewaarde.

5.2.2 Waterstofgastransport

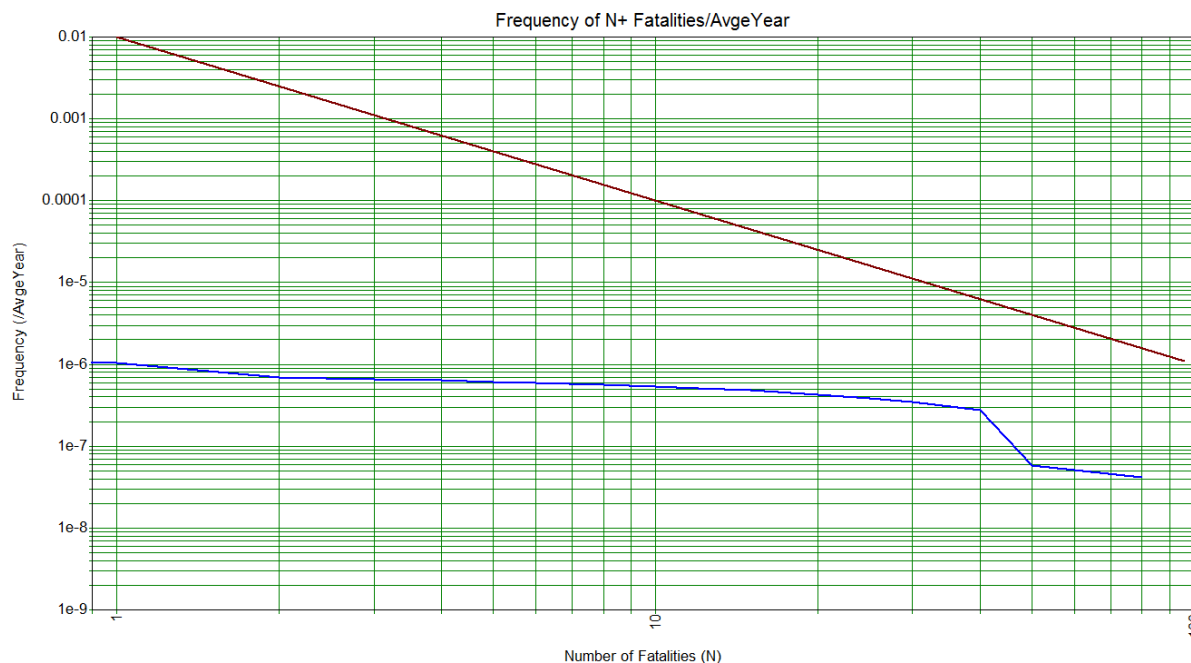
In deze paragraaf worden de resultaten van de groepsrisicoberekening weergegeven voor waterstofgastransport door leiding X-804.

Er wordt door Safeti-NL voor de gecombineerde leiding een groepsrisico berekend. Voor de leiding is de meest kritische kilometer gegeven in figuur 22.



Figuur 22: Weergave van de kilometer leiding met de hoogste overschrijdingsfactor voor waterstofgastransport door leiding X-804

De FN-curve voor de leiding wordt in figuur 23 weergegeven.



Figuur 23: FN-curve voor waterstoftransport door leiding X-804, inclusief maatregelen

De maximale overschrijdingsfactor voor waterstofgastransport door leiding X-804 inclusief maatregelen wordt gevonden voor de sectie van stationing 6610 m tot 7611 m en is gelijk aan 0,044 en wordt gevonden bij 40 slachtoffers en een frequentie van $2,76 \times 10^{-7}$ per km per jaar.

Het groepsrisico van waterstofgastransport door de leiding X-804 is vergeleken met de oriëntatiewaarde voor buisleidingen, zijnde $F \cdot N^2 < 10^{-2}$ per km per jaar waarbij F de frequentie is van een ongeval met N of meer slachtoffers. De verhouding tussen de oriëntatiewaarde en de FN-curve wordt gekenmerkt door de overschrijdingsfactor, die aangeeft in hoeverre de oriëntatiewaarde wordt genaderd (overschrijdingsfactor < 1) dan wel wordt overschreden (overschrijdingsfactor > 1).

Het groepsrisico is kleiner dan de in het Besluit externe veiligheid buisleidingen [ref. 1] gestelde oriëntatiewaarde.

6 Referenties

- [1] Besluit externe veiligheid buisleidingen. Staatsblad 2010 nr. 686, 17 september 2010.
<http://wetten.overheid.nl/BWBR0028265>
- [2] Handleiding Risicoberekeningen Besluit externe veiligheid buisleidingen. RIVM. Versie 2.0, 1 juli 2014
<http://www.rivm.nl/dsresource?objectid=rivmp:253849&type=org&disposition=inline>
- [3] Handreiking verantwoordingsplicht groepsrisico. I&M. Versie 1.0, november 2007.
<http://www.groepsrisico.nl/doc/Handreiking%20verantwoordingsplicht%20groepsrisico.pdf>
- [4] Regeling externe veiligheid buisleidingen. Staatscourant 2013 nr. 33852, 3 december 2013.
<http://wetten.overheid.nl/BWBR0029356>
- [5] Handboek Risicozonering Windturbines, RVO, versie 3.1, uitgave mei 2014

Bijlage

1. Populatiegegevens

1.1 BAG populatieservice

Aardgastransport

Tabel 5: Populatiebestanden aardgastransport door leiding X-804

Pad	Type	Aantal	Aanwezigheids- en verblijfspercentages Personen
bijeen_sport_cel_zkh-dag100-nacht80	Werken	27,46	100 / 80 / 7 / 1 / 100 / 100
evenem-0715100000041102-100dagen-cap265-buit7	Evenement	265,07	100 / 100 / 7 / 1 / 27,4 / 27,4
industrie-dag100-nacht30	Werken	43,43	100 / 30 / 7 / 1 / 100 / 100
kantoor_kliniek_onderwijs_winkel-dag100-nacht0	Werken	611,5	100 / 0 / 7 / 1 / 100 / 100
wonend_vakantiehuis-dag50-nacht100	Wonen	48,33	50 / 100 / 7 / 1 / 100 / 100

Waterstofgastransport

Tabel 6: Populatiebestanden waterstofgastransport door leiding X-804 – Dag

Name	Category	Population	Fraction Indo	Density	Area
			fraction	/m2	km2
pc4538_1	[None]	1.06	0.93	0.001503	0.000705375
pc4538_10	[None]	18.67	0.93	0.026376	0.00070785
pc4538_11	[None]	18.67	0.93	0.026376	0.00070785
pc4538_12	[None]	4.7	0.93	0.006653	0.00070642
pc4538_2	[None]	1.06	0.93	0.001497	0.00070785
pc4538_3	[None]	91.37	0.93	0.039468	0.002315065
pc4538_4	[None]	1.06	0.93	0.001497	0.00070785
pc4538_5	[None]	1.5	0.93	0.002123	0.00070642
pc4538_6	[None]	10.81	0.93	0.015272	0.00070785
pc4538_7	[None]	19.47	0.93	0.027602	0.000705375
pc4538_8	[None]	19.53	0.93	0.027687	0.000705375
pc4538_9	[None]	89.63	0.93	0.126623	0.00070785
pc4538_H15	[None]	161.1	0.93	0.228389	0.000705375
pc4538_H40	[None]	198.53	0.93	0.109392	0.00181485
pc4541_1	[None]	1.07	0.93	0.00087	0.001230475
pc4541_2	[None]	1.07	0.93	0.001517	0.000705375
pc4541_3	[None]	1.07	0.93	0.001512	0.00070785
pc4541_4	[None]	1.07	0.93	0.00152	0.00070395
pc4541_5	[None]	1.46	0.93	0.002074	0.00070395
pc4541_6	[None]	3.74	0.93	0.005284	0.00070785
pc4542_1	[None]	5	0.93	0.007078	0.00070642
pc4542_10	[None]	1.16	0.93	0.001639	0.00070785
pc4542_11	[None]	3.48	0.93	0.00163	0.002135015
pc4542_12	[None]	1.16	0.93	0.001642	0.00070642
pc4542_13	[None]	1.16	0.93	0.001639	0.00070785
pc4542_2	[None]	15.44	0.93	0.021813	0.00070785
pc4542_3	[None]	1.85	0.93	0.002614	0.00070785
pc4542_4	[None]	1.16	0.93	0.001648	0.00070395
pc4542_5	[None]	1.16	0.93	0.001639	0.00070785
pc4542_6	[None]	1.16	0.93	0.001639	0.00070785
pc4542_7	[None]	1.16	0.93	0.001639	0.00070785
pc4542_8	[None]	3.18	0.93	0.004508	0.000705375
pc4542_9	[None]	12.03	0.93	0.010776	0.001116335
pc4542_H4	[None]	193.6	0.93	0.451466	0.000428825
pc4571	[None]	3.19	0.93	0.002814	0.00113365

Tabel 7: Populatiebestanden waterstofgastransport door leiding X-804 – Nacht

Name	Category	Population	Fraction Indo	Density	Area
			fraction	/m2	km2
pc4538_1	[None]	2.12	0.99	0.003005	0.000705375
pc4538_2	[None]	2.12	0.99	0.002995	0.00070785
pc4538_3	[None]	28.25	0.99	0.012203	0.002315065
pc4538_4	[None]	2.12	0.99	0.002995	0.00070785
pc4538_7	[None]	9.93	0.99	0.014078	0.000705375
pc4538_8	[None]	19.53	0.99	0.027687	0.000705375
pc4538_9	[None]	45.71	0.99	0.064576	0.00070785
pc4538_H40	[None]	166.59	0.99	0.091793	0.00181485
pc4541_1	[None]	2.15	0.99	0.001747	0.001230475
pc4541_2	[None]	2.15	0.99	0.003048	0.000705375
pc4541_3	[None]	2.15	0.99	0.003037	0.00070785
pc4541_4	[None]	2.15	0.99	0.003054	0.00070395
pc4541_5	[None]	2.15	0.99	0.003054	0.00070395
pc4541_6	[None]	2.15	0.99	0.003037	0.00070785
pc4542_1	[None]	2.55	0.99	0.00361	0.00070642
pc4542_10	[None]	2.32	0.99	0.003278	0.00070785
pc4542_11	[None]	6.96	0.99	0.00326	0.002135015
pc4542_12	[None]	2.32	0.99	0.003284	0.00070642
pc4542_13	[None]	2.32	0.99	0.003278	0.00070785
pc4542_4	[None]	2.32	0.99	0.003296	0.00070395
pc4542_5	[None]	2.32	0.99	0.003278	0.00070785
pc4542_6	[None]	2.32	0.99	0.003278	0.00070785
pc4542_7	[None]	2.32	0.99	0.003278	0.00070785
pc4542_9	[None]	2.32	0.99	0.002078	0.001116335
pc4571	[None]	6.39	0.99	0.005637	0.00113365

1.2 Additionele populatie bestemmingsplancapaciteit

In tabel 8 is de additionele populatie opgenomen die is gehanteerd voor de groepsrisicoberekening in aanvulling op de populatie uit de online BAG populatieservice. Hoe deze tot stand is gekomen en uit welke gegevens deze is opgebouwd wordt weergegeven in tabel 9. Deze additionele populatie is geïnventariseerd binnen het invloedsgebied van de leiding(en) en in de figuren verderop in deze bijlage aangeduid met blauwe vakken en unieke nummering. De additionele populatie is onderverdeeld in twee categorieën; bestaande objecten die niet in de populatieservice voorkomen en bestemmingsplanvlakken waar aanvullende capaciteit bestaat voor bijvoorbeeld meer bedrijvigheid. Daar waar woon- of bedrijfsbestemmingen en –vlakken voorkomen waar in de populatieservice al een object is opgenomen, is geen additionele populatie geïdentificeerd.

De geïnventariseerde objecten en bestemmingsplancapaciteit zijn weergegeven in figuren 33 tot en met 37 met afbeeldingen van het plangebied. De legenda in figuur 24 geeft het onderscheid tussen de gebruikte vlakken en kleuren weer. De pandselectie betreft een uitvoer van de BAG populatieservice, waarbij de door de service geïdentificeerde populatie in shape-files wordt geëxporteerd.

Pandselectie Populatieservice
 Invloedsgebied X-804 H2-transport
 Invloedsgebied X-804 aardgastransport
 Aanvullende populatie bestemmingsplancapaciteit en ontbrekende objecten
 Aanvullende populatie bestemmingsplancapaciteit en ontbrekende objecten - Ravago


Figuur 24: Legenda additionele populatie

Tabel 8: Populatiebestanden aardgastransport door leiding X-804 - additionele populatie

Pad	Type	Aantal	Aanwezigheids- en verblijfspercentages Personen
..\Populatie\Windmolen.txt	Werken	3	100 / 0 / 7 / 1 / 100 / 100
..\Populatie\Gasunie terrein.txt	Werken	1	100 / 0 / 7 / 1 / 100 / 100
..\Populatie\Tankstation.txt	Werken	9	100/ 10/ 7/ 1/ 100/ 100
..\Populatie\Bedrijf 1.txt	Werken	10	100 / 0 / 7 / 1 / 100 / 100
..\Populatie\Bedrijventerrein.txt	Werken	57	100/ 10/ 7/ 1/ 100/ 100
..\Populatie\Bedrijf.txt	Werken	27	100/ 10/ 7/ 1/ 100/ 100
..\Populatie\DOW.txt	Werken	37	100/ 10/ 7/ 1/ 100/ 100
..\Populatie\Yara 1a.txt	Werken	129	100/ 10/ 7/ 1/ 100/ 100
..\Populatie\Yara 1b.txt	Werken	43	100/ 10/ 7/ 1/ 100/ 100
..\Populatie\Ravago.txt	Werken	50	100/ 10/ 7/ 1/ 100/ 100

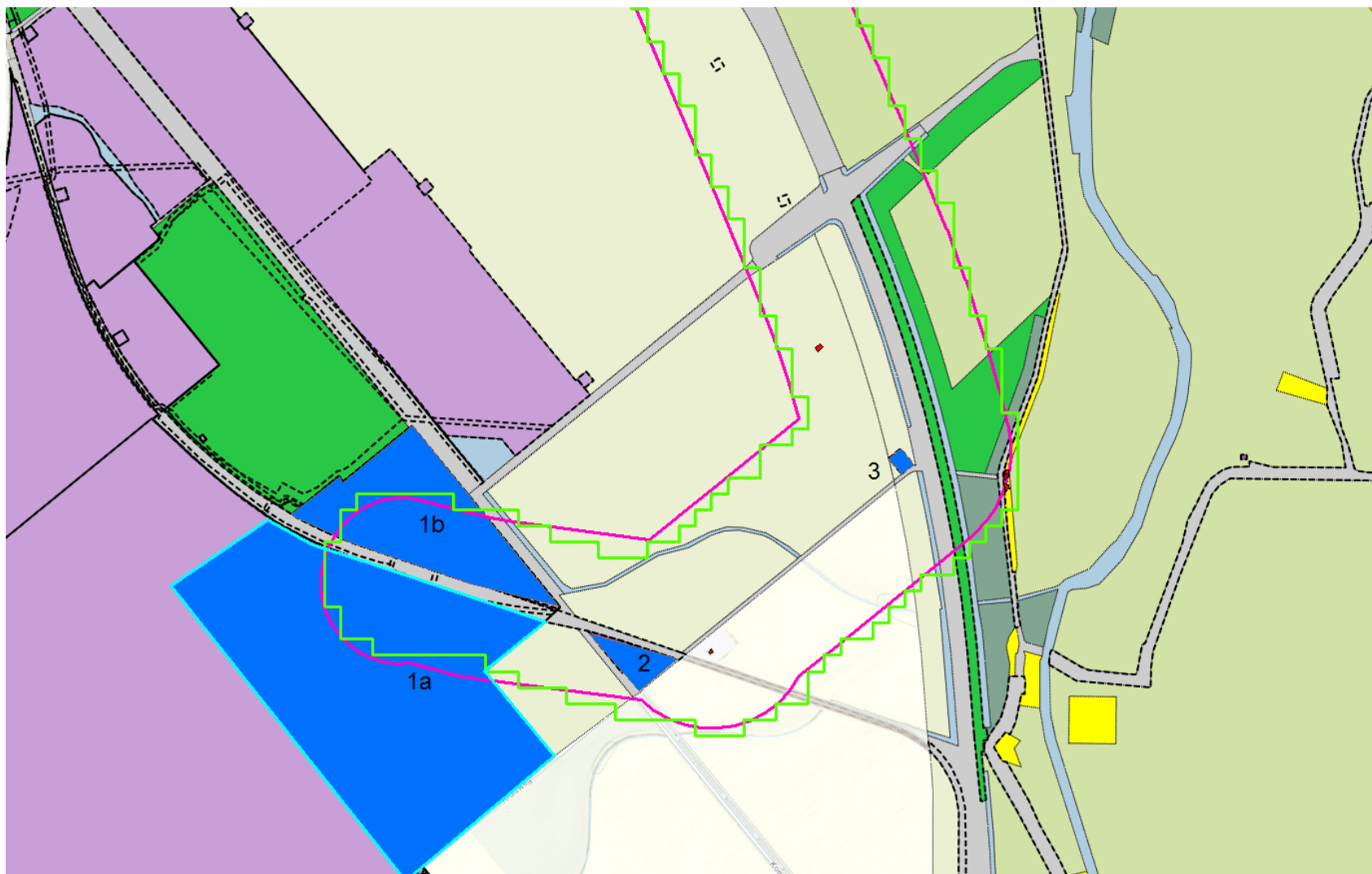
Tabel 9: Additionele populatie o.b.v. ontbrekende objecten in BAG populatieservice en bestemmingsplan capaciteit

Vlaknr.	Bestemmingsplan	Bestaand object/plan-capaciteit	Bestemming(type)	Toelichting	Opp. (m2)	Aanwezigen Kengetal	Bron	Dag	Nacht	Opmerking
1a	Sluiskil Oost	Plan capaciteit	Bedrijventerrein	-	314.000	5/ha (industriegebied personeels- dichtheid laag)	HVG* tabel 16.3	129	16	Nachtaanwezigen betreft aanneme. 10% van aanwezigen overdag
1b					84.000	5/ha	HVG tabel 16.3	43	5	Zie opmerking vlak 1a.
2	Buitengebied	Plan capaciteit	Bedrijf	Windmolen- locatie	8.500	5/ha	HVG tabel 16.3	3	0	Geen werkzaamheden in de nacht.
3	Buitengebied	Plan capaciteit	Bedrijf	Locatie Gasunie	1.400	5/ha	HVG tabel 16.3	1	0	Zie opmerking vlak 2.
4	Buitengebied	Plan capaciteit	Detailhandel	Verkooppunt motorbrandstof- fen	14.400	5/ha	HVG tabel 16.3	9	1	Minimale bezetting avonduren van 1 persoon
5	(Beheers- verordening) Oostelijke Kanaaloevers	Plan capaciteit	Bedrijventerrein	Bedrijventerrein met deels kantoren	14.750	40/ha (industriegebied personeels- dichtheid midden)	HVG tabel 16.3	57	6	Nachtaanwezigen betreft aanneme. 10% van aanwezigen overdag
6	(Beheers- verordening) Oostelijke Kanaaloevers	Bestaand object	Bedrijventerrein	Kantoorpand Communicatie laan nr. 19	150 x 2 verdiepingen	1/30m2 vloeropp.	HVG tabel 16.2	10	0	Aanneme: geen aanwezigen in de nacht.

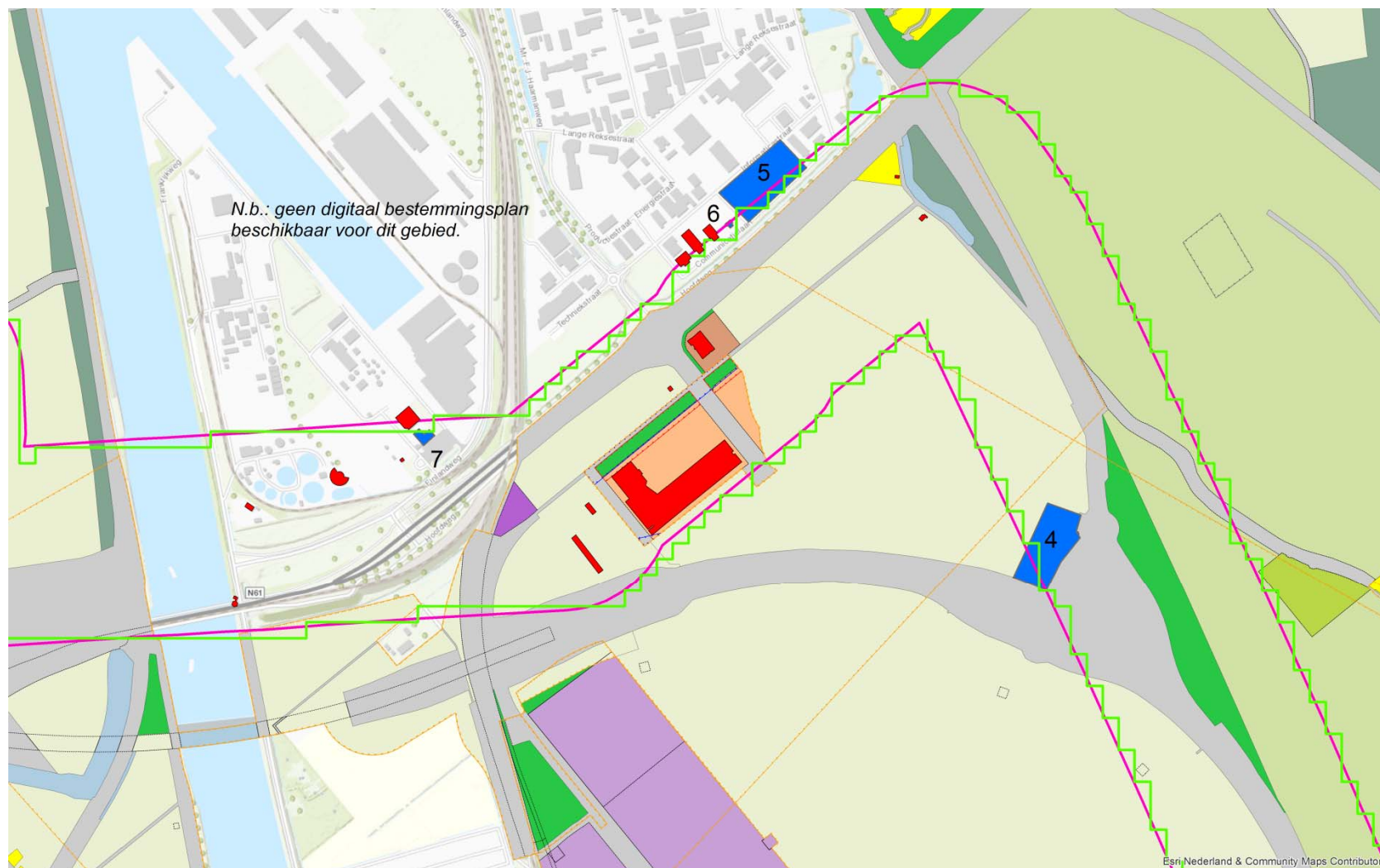
Vlaknr.	Bestemmingsplan	Bestaand object/plan-capaciteit	Bestemming(type)	Toelichting	Opp. (m2)	Aanwezigen				Opmerking
						Kengetal	Bron	Dag	Nacht	
7	(Beheersverordening) Oostelijke Kanaaloever	Bestaand object	Bedrijventerrein	Bedrijfspand Verbrugge Finlandweg	800	1/30 m ²	HVG tabel 16.2	27	3	Nachtaanwezigen betreft aanname. 10% van aanwezigen overdag. Het gebied waar dit pand staat ligt in een bedrijventerrein. Met het kengetal van 5 pers./ha zou het totaal aanwezigen op ca. 20 personen komen. Daarom is de worst-case benadering gekozen en het kengetal van 1 pers./30 m² vloer opp. Genomen.

Vlaknr.	Bestemmingsplan	Bestaand object/plan-capaciteit	Bestemming(type)	Toelichting	Opp. (m2)	Aanwezigen				Opmerking
						Kengetal	Bron	Dag	Nacht	
8	(Beheersverordening) Dow, Mosselbanken en Logistiek Park	Plancapaciteit	Bedrijventerrein	Het aantal aanwezigen dat al in de uitvoer van populatieservice voorkomende gebouwen is opgenomen bedraagt 193, 5 en 15. Deze aantallen worden in mindering gebracht op de additionele bestemmingsplancapaciteit van dit vlak 8.	504.000	5/ha	HVG tabel 16.3	250	25	Zie opmerking vlak 7. Het aantal aanwezigen na correctie voor bestaande objecten in de pandselectie uit de BAG bedraagt 250-(193+5+15) = 37. Voor de nachtpopulatie betreft dit 4.
9	-	Geprojecteerde ontwikkeling bedrijvigheid	Bedrijventerrein	Gasunie heeft van de gemeente vernomen dat zich op deze locatie een nieuw bedrijf vestigt (Ravago).	Ca. 100.000	-	-	50	5	Aanwezigheidsinformatie verkregen via ruimtelijk adviesbureau RHO.

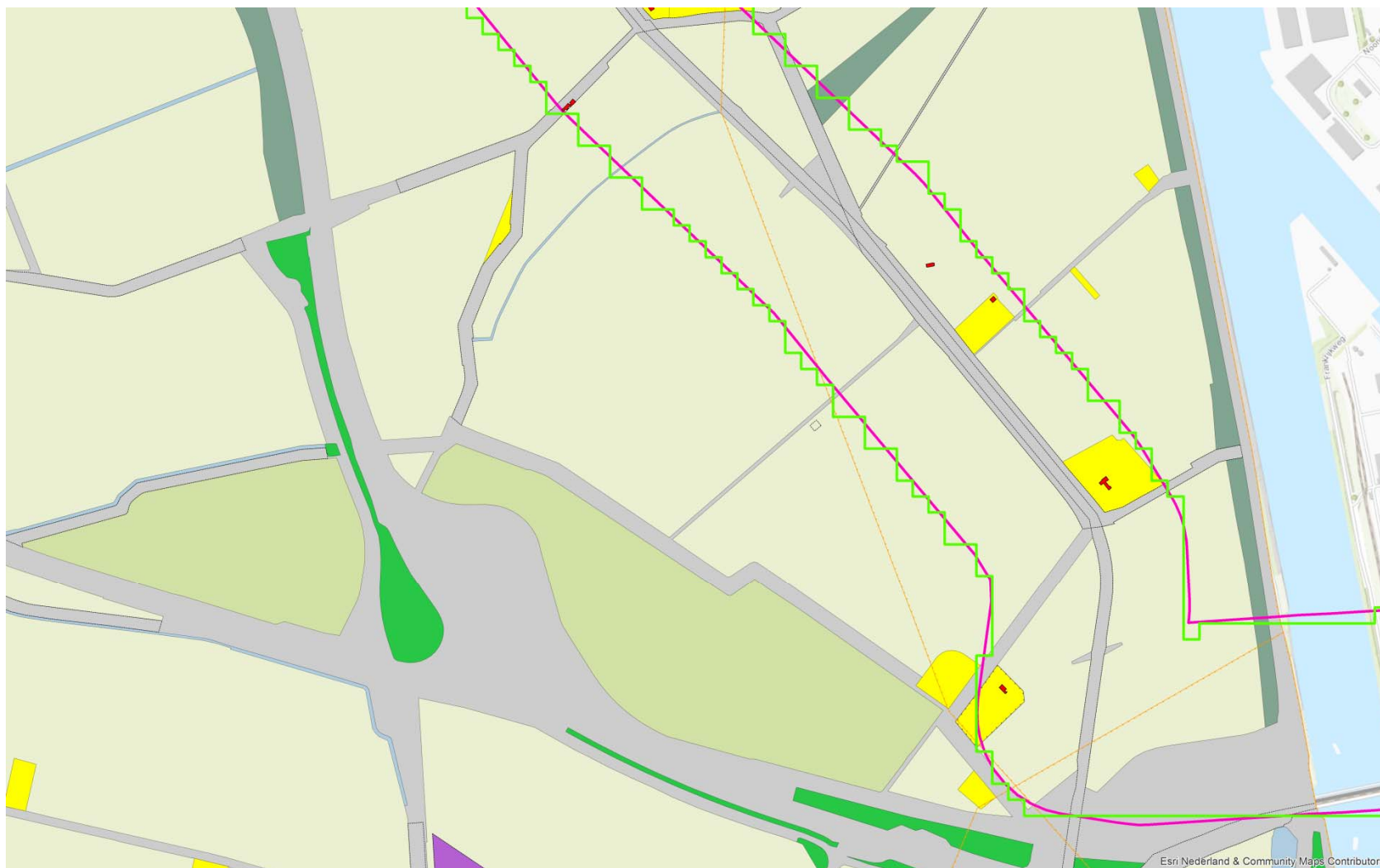
* Handreiking Verantwoordingsplicht Groepsrisico, versie 1.0, november 2007



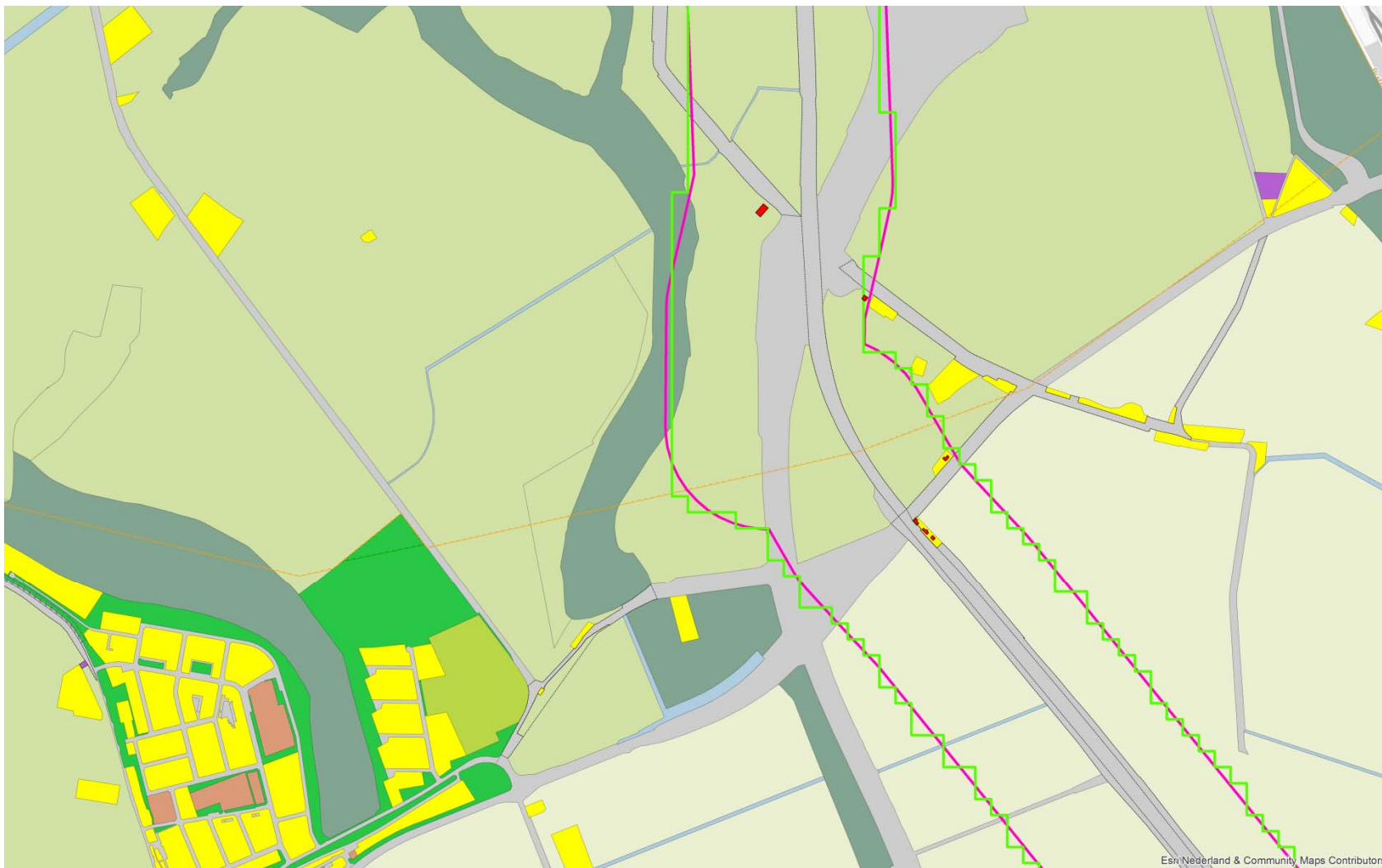
Figuur 25: Afbeelding plangebied 1/5



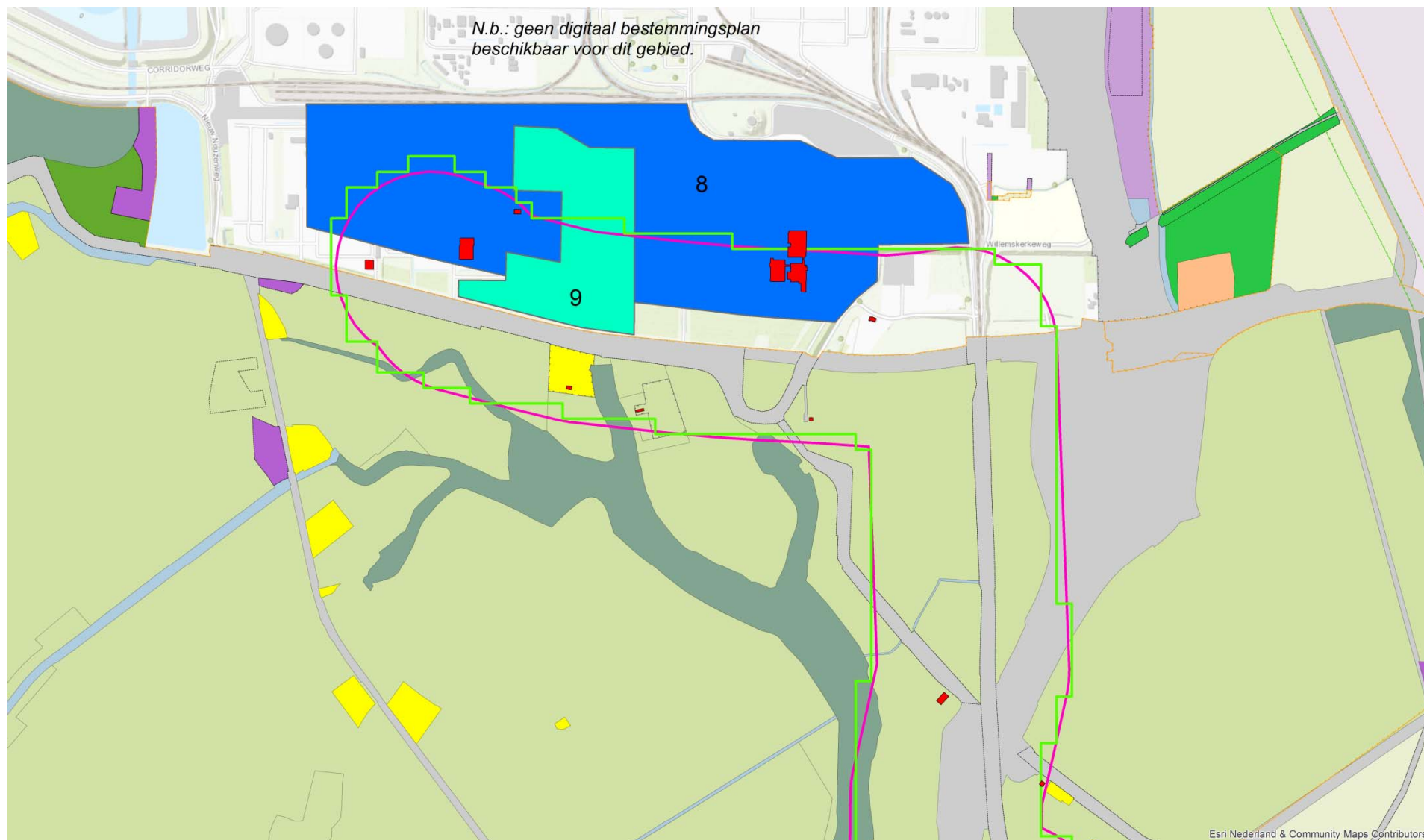
Figuur 26: Afbeelding plangebied 2/5



Figuur 27: Afbeelding plangebied 3/5



Figuur 28: Afbeelding plangebied 4/5



Figuur 29: Afbeelding plangebied 5/5

Bijlage

2. Windturbinegegevens

Windturbinegegevens

Tabel 10: Eigenschappen windturbines

Eigenschap	1	2	3	4
Type	Ves-80-78-2000			
Turbine-ID	1958	1959	1949	1950
Eigenaar	DIF			
Molenpark	Koegorspolder			
Fabrikant	Vestas			
X-coördinaat	48596	48817,59	49004	49145
Y-coördinaat	366636	366497,8	367736	367448
Ashoogte [m]	78			
Bladlengte [m]	39			
Diameter rotor [m]	80			
Nominaal toerental [rpm]	16,7			
Massa blad [ton]	6,5			
Massa gondel [ton]	78,9			
Massa mast [ton]	198			
Ligging zwaartepunt	0,36			
Frequentie bladbreuk, nominaal toerental	$8,40 \times 10^{-04}$			
Frequentie bladbreuk, overtoeren	$5,00 \times 10^{-06}$			
Frequentie gondelbreuk	$4,00 \times 10^{-05}$			
Frequentie mastbreuk	$1,30 \times 10^{-04}$			
Werpafstand nominaal toerental	117			
Werpafstand overtoeren	315			

Bijlage

3. Berekening penetratiediepte hoogspanningsmast

Berekening penetratiediepte hoogspanningsmast

Aardgas leiding

Leiding			
Diameter	D	406.4 mm	
Wanddikte	t	7.4 mm	
Elasticiteit	E	2.10E+11 J	
Rekgrens	SMYS	4.14E+08 Pa	
Druk	P	66 bar	
Diepteligging	d	1.70 m	

Mast 11a			
Massa	m	10100 kg	
Hoogte	h	32.9 m	
Zwaartepunt	Zwpt	21.93 m	

Constanten			
k1		0.3048	
k2		4.44	
k3		2.03E-04	
Lijnbron			
k4		0.43	
k5		1.5	
k6		0.77	
valversnelling	g	9.81 m/s ²	

Waterstofgas leiding

Leiding			
Diameter	D	406.4 mm	
Wanddikte	t	7.4 mm	
Elasticiteit	E	2.10E+11 J	
Rekgrens	SMYS	4.14E+08 Pa	
Druk	P	40 bar	
Diepteligging	d	1.70 m	

Mast 11a			
Massa	m	10100 kg	
Hoogte	h	32.9 m	
Zwaartepunt	Zwpt	21.93 m	

Constanten			
k1		0.3048	
k2		4.44	
k3		2.03E-04	
Lijnbron			
k4		0.43	
k5		1.5	
k6		0.77	
valversnelling	g	9.81 m/s ²	

Berekening kritische breedte	
Kritische breedte	0 m
Diepteligging	1.70 m
R	0.11

Berekening kritische breedte	
Kritische breedte	0 m
Diepteligging	1.70 m
R	1.11

Berekening R	
R	0.11 m
Sigma toelaatbaar	2.33E+08 Pa
Ekinetisch	6.61E+04 J/m
E	2.10E+11 Pa
k1	0.3048
k2	4.44
k3	2.03E-04
Bron	Lijnbron
k4	0.43
k5	1.5
k6	0.77

Berekening R	
R	1.11 m
Sigma toelaatbaar	2.33E+08 Pa
Ekinetisch	3.26E+06 J/m
E	2.10E+11 Pa
k1	0.3048
k2	4.44
k3	2.03E-04
Bron	Puntbron
k4	1
k5	2.5
k6	0.77

Berekening sigma toelaatbaar	
Sigma toelaatbaar	2.33E+08 Pa
SMYS	4.14E+08 Pa
P	6.60E+06 Pa
D	406.4 mm
t	7.4 mm

Berekening sigma toelaatbaar	
Sigma toelaatbaar	2.33E+08 Pa
SMYS	4.14E+08 Pa
P	6.60E+06 Pa
D	406.4 mm
t	7.4 mm

Berekening Ekinetisch	
Ekinetisch	6.61E+04 J/m
m	1.01E+04 kg
g	9.81 m/s ²
h	32.9 m
Zwpt mast	22 m

Berekening Ekinetisch	
Ekinetisch	3.26E+06 J/m
m	1.01E+04 kg
g	9.81 m/s ²
h	32.9 m

Berekening kritische breedte	
Kritische breedte	0 m
Diepteligging	1.70 m
R	0.09

Berekening kritische breedte	
Kritische breedte	0 m
Diepteligging	1.70 m
R	0.97

Berekening R	
R	0.09 m
Sigma toelaatbaar	3.04E+08 Pa
Ekinetisch	6.61E+04 J/m
E	2.10E+11 Pa
k1	0.3048
k2	4.44
k3	2.03E-04
Bron	Lijnbron
k4	0.43
k5	1.5
k6	0.77

Berekening R	
R	0.97 m
Sigma toelaatbaar	3.04E+08 Pa
Ekinetisch	3.26E+06 J/m
E	2.10E+11 Pa
k1	0.3048
k2	4.44
k3	2.03E-04
Bron	Puntbron
k4	1
k5	2.5
k6	0.77

Berekening sigma toelaatbaar	
Sigma toelaatbaar	3.04E+08 Pa
SMYS	4.14E+08 Pa
P	4.00E+06 Pa
D	406.4 mm
t	7.4 mm

Berekening sigma toelaatbaar	
Sigma toelaatbaar	3.04E+08 Pa
SMYS	4.14E+08 Pa
P	4.00E+06 Pa
D	406.4 mm
t	7.4 mm

Berekening Ekinetisch	
Ekinetisch	6.61E+04 J/m
m	1.01E+04 kg
g	9.81 m/s ²
h	32.9 m
Zwpt mast	22 m

Berekening Ekinetisch	
Ekinetisch	3.26E+06 J/m
m	1.01E+04 kg
g	9.81 m/s ²
h	32.9 m

Bijlage

4. Verkenning domino-effecten

De kraterberekeningen, onderlinge afstanden tussen leidingen en de beschrijving van domino-mechanismen in deze verkenning (Bijlage 4) zijn aangeleverd door Gasunie.

Domino-effecten door parallelligging

Er kunnen domino-effecten op een leiding optreden als een parallel gelegen leiding faalt en de daarop volgende fakkelbrand de naastgelegen leiding doet falen. Er wordt gesproken over escalatie indien het falen van de naastliggende leiding een groter effect heeft op de omgeving dan de leidingbreuk van de eerste falende leiding. Omdat het niet te verwachten is dat er meer slachtoffers vallen indien domino-effecten optreden maar geen escalatie, zijn uitsluitend domino-effecten met escalatie relevant.

Escalatie op het tracé van de leiding A-530-11

De 16", 40 bar leiding A-530-11 loopt over ca. 11 km parallel aan de 20", 80 bar aardgasleiding van Zebra Gasnetwerk b.v.

Als de A-530-11 in het geval van een breuk van deze leiding de Zebra leiding ook kan doen falen zal er sprake zijn van escalatie omdat de Zebraleiding zowel een grotere diameter als een hogere ontwerpdruk heeft als de A-530-11.

Andersom kan er bij een breuk van de Zebra leiding geen escalatie optreden door breuk van de A-530-11 omdat deze leiding een kleinere diameter heeft en de druk van het gas lager is waardoor het effectgebied kleiner zal zijn dan het oorspronkelijke effectgebied van de breuk van de Zebra leiding.

Of er bij een breuk van de A-530-11 escalatie kan optreden hangt af van de volgende omstandigheden:

- De onderlinge afstand van de leidingen;
- De hoogte en de duur van de warmtestraling op de Zebra leiding door de fakkelbrand;
- Schade door fysische explosie:

Uit proeven is gebleken dat er al bij een onderlinge afstand van 1 meter of meer tussen de leidingen van 1 meter geen schade optreedt door de fysische explosie van het decomprimerende gas.

De onderlinge afstand van de leidingen is overal meer dan 1 meter (figuur 30), zodat er geen schade aan de Zebra leiding kan ontstaan door de fysische explosie van de A-530-11.

- Schade door warmtestraling:

Er kan alleen schade door warmtestraling aan de Zebra leiding ontstaan als:

- De Zebra leiding faalt;
- Het vrijkomende gas ontsteekt, waardoor er een fakkelbrand ontstaat;
- De Zebra leiding binnen de ontgrondingskrater van de gebroken A-530-11 bloot komt te liggen waardoor de leiding aangestraald wordt door de warmtestraling van de fakkelbrand;
- De stroming in de Zebra leiding dermate laag is dat de afkoeling door de stroming de opwarming onvoldoende kan compenseren.

Volgens de kraterberekeningen (tabel t1) zal de breedte van de ontgrondingskrater die ontstaat bij een breuk van de 16", 40 bar A-530-11 ca. 7.3 meter bedragen. De minimale afstand waarbij de Zebra leiding niet bloot komt te liggen is de halve kraterbreedte, dus 3.7 meter.

Tabel 11: Kraterberekeningen A-530-11

Parameter	Waarde
Grondsoort	Generiek (zand/klei mix)
Diameter	406,4 mm
Druk	40 bar
Dekking	1,7 m
Kraterdiepte	2,9 m
Kraterbreedte	7,3 m

Kraterafmetingen zijn, zoals afgestemd met RIVM, berekend met het kratermodel in PIPESAFE (versie van 2015).

De onderlinge afstand van de leidingen is minder dan 3,7 meter (figuur 30):

- Nabij het skicentrum;
 - Nabij het terrein van DOW;
 - De warmte-intensiteit hoog genoeg is en de duur daarvan lang genoeg om de Zebra leiding te doen bezwijken.
- DNV GL heeft onderzoek gedaan naar de noodzakelijke aanstralingsduur van een conservatief ingeschatte warmtestralingsintensiteit van 50 kW/m^2 ter plaatse van de Zebra leiding om de leiding te laten bezwijken. Deze minimale blootstellingsduur tot het bezwijken van de Zebra leiding in het geval dat er geen gasstroom in die leiding is, is berekend op 790 seconden (zie Bijlage 5).

De maximale uitstroomduur van het gas uit de ca. 12 km lange leiding tussen DOW en Yara zijn met SAFETI-NL berekend.

Tabel 12: Leidingparameters

Parameter	Waarde
Leiding lengte	12510 meter
Leidingdiameter	406,4 mm
Druk	40 barg
Temperatuur	9.8 °C
Stof	H2

Kraterafmetingen zijn berekend met het kratermodel in PIPESAFE (versie van 2015).

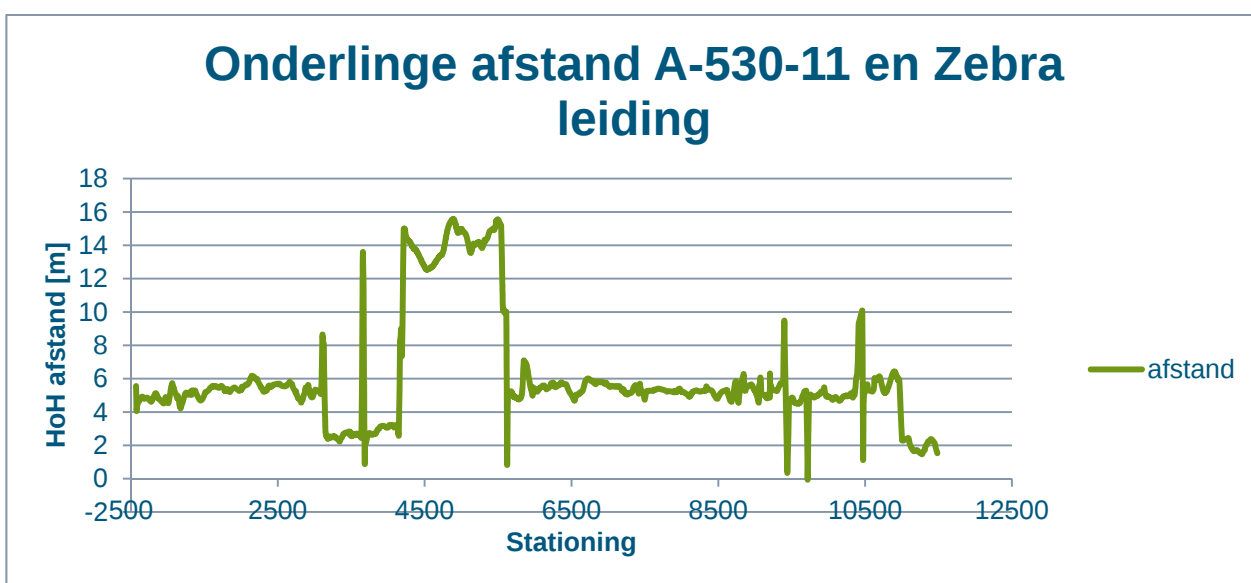
Tabel 13: Rekenwijzen

Berekening	Rekenwijze
Berekening 1	breuk halverwege A-530 op 6255 meter, "long pipeline relative aperture 1"
Berekening 2	breuk vlak voor aansluiting op nieuw te boren leidingdeel op 11703 meter, "long pipeline relative aperture 1"

Tabel 14: Uitkomst tijd tot depressurized

Berekening	Uitkomst tijd tot "depressurized", zoals door SAFETI-NL berekend
Berekening 1	Branch A: 143s
	Branch B: 143s
Berekening 2	Branch A: 367s
	Branch B: 6.7s (duur is onderschat, omdat leiding diameter kleiner is)

Geconcludeerd kan worden dat de maximale uitstroomtijd rond 400 seconden ligt.



Figuur 30: Onderlinge afstand A-530-11 en Zebra leiding

Conclusie Escalatie

- Bij een breuk van de 20", 80 bar Zebra leiding is er geen sprake van escalatie als daardoor de 16", 40 bar A-530-11 zou breken omdat de omvang van de schade daardoor niet toeneemt.
- Bij een breuk van de A-530-11 zal de Zebra leiding niet bezwijken omdat:
 - 1 de onderlinge afstand voldoende is om geen schade aan de Zebra leiding te veroorzaken door de fysische explosie;
 - 2 de Zebra leiding op twee plaatsen weliswaar voldoende dicht bij de A-530-11 ligt om belast te worden door de warmtestraling van de fakkelbrand, de Zebra leiding niet bezwijken omdat de duur van de warmtestraling daarvoor te kort is.

Bijlage

5. Memo domino-effecten DNV-GL

Possible Domino Effects between Parallel Pipelines

Memo to:
Marc Dröge
N.V. Nederlandse Gasunie

Memo No: Request received 20th March 2017
From: Mike Acton
Date: 11th April 2017
Prep. By: Konstantinos Dimitriadis

Possible Domino Effects between Parallel Pipelines

Dear Marc

As requested, we have performed calculations to predict the time to rupture of a buried steel gas transmission pipeline, exposed as a result of the rupture of a second, parallel gas pipeline that causes the first pipeline to be subjected to thermal loading if ignition occurs.

In summary, the input parameters supplied to us were as follows:

Initial failing pipeline

- 406.4 mm diameter
- Currently 40 bar operating pressure transporting natural gas

Exposed pipeline

- 508 mm diameter
- 80 bar operating pressure
- X70 material grade
- 8.8mm wall thickness
- Transporting natural gas

Calculations were performed using the FIBRE thermal response model in the ORDER package [1], taking account of a range of received heat fluxes and possible gas flow velocities (flowing gas has the effect of cooling the pipeline and hence extending the predicted time to rupture) with the results summarised in the following table:

Flow velocity (m/s)	Heat flux (kW/m ²)	Time to Rupture (s)
0	50	790
0.3	50	No rupture
0	100	303
0.5	100	604
0.8	100	No rupture
0	200	139
0.5	200	169
0.8	200	190
1.0	200	207
1.5	200	272
2.0	200	542
2.5	200	No rupture

DNV GL Headquarters, Veritasveien 1, P.O.Box 300, 1322 Høvik, Norway. Tel: +47 67 57 99 00. www.dnvgl.com

Page 2 of 2

To estimate the heat flux expected to be received by the pipeline, within a ground crater formed by the rupture of another gas pipeline, previous work was examined in which large scale experiments and CFD modelling studies were undertaken to validate a simple model used in determining safe separation distances for parallel pipelines [2]. The detailed technical reports (available to Gasunie as a participant in the project) include predictions of the maximum heat fluxes received from a rupture fire by an exposed pipeline within the same ground crater. For rupture releases, the predicted heat fluxes are due to radiative heat fluxes only (i.e. there is no direct flame contact with the exposed pipe). In the case of an initial rupture of a natural gas pipeline of diameter 406mm and an operating pressure of 40 bar, the predicted maximum heat fluxes were as follows [3]:

- 54 kW/m² (sandy soil)
- 47 kW/m² (mixed soil)
- 38 kW/m² (clay soil)

The soil type influences the size and shape of the ground crater formed, which in turn affects the characteristics of the rupture fire and the resulting heat fluxes received by another pipeline within the same ground crater. Nevertheless, these predictions indicate that regardless of the soil type, the maximum heat fluxes received by the exposed pipeline would be expected to be in the region of 50 kW/m² and, hence, the time to rupture is predicted to be 790 seconds in the case with no cooling gas flow within the pipeline. In the case where the gas flow velocity within the pipeline is a minimum of 0.3 m/s, the pipeline is predicted to survive the effects of the maximum heat flux estimated.

- [1] "An Overview of the ORDER Package" (OG/10/07), GL Noble Denton report R8705, 25 March 2010
- [2] Acton, M.R., Jackson, N.W. and Jager, E.E.R., "Developments of Guidelines for Parallel Pipelines", Proceedings of the 8th International Pipeline Conference 2010 (Calgary), ASME International
- [3] Robinson, C., "Parallel Pipeline Group: The Development of Guidelines for Parallel Pipelines", Advantica Technologies report R4673, December 2001

for GLIS UK Ltd.

Dr. Mike Acton B.Sc., D.Phil., C.Phys.
Senior Principal Consultant
Risk Advisory Services
DNV GL – Oil & Gas

E-mail michael.acton@dnvgl.com
Mobile +44 7770 703046 | Direct +44 203 816 4106
www.dnvgl.com | [LinkedIn](#)



With its headquarters in Amersfoort, The Netherlands, Royal HaskoningDHV is an independent, international project management, engineering and consultancy service provider. Ranking globally in the top 10 of independently owned, nonlisted companies and top 40 overall, the Company's 6,000 staff provide services across the world from more than 100 offices in over 35 countries.

Our connections

Innovation is a collaborative process, which is why Royal HaskoningDHV works in association with clients, project partners, universities, government agencies, NGOs and many other organisations to develop and introduce new ways of living and working to enhance society together, now and in the future.

Memberships

Royal HaskoningDHV is a member of the recognised engineering and environmental bodies in those countries where it has a permanent office base.

All Royal HaskoningDHV consultants, architects and engineers are members of their individual branch organisations in their various countries.

Integrity

Royal HaskoningDHV is the first and only engineering consultancy with ETHIC Intelligence anti-corruption certificate since 2010.



royalhaskoningdhv.com

