



BILFINGER

Opdrachtgever: **Air Liquide Industrie B.V.**
Project: **QRA Bevb Terneuzen**

Kwantitatieve Risico Analyse

H₂/N₂ leiding Terneuzen

Bilfinger Tebodin Netherlands B.V.

Laan van Nieuw Oost-Indië 25
2593 BJ Den Haag
Postbus 16029
2500 BA Den Haag

Auteur: J. Jacobse
- Telefoon: +316 4664 8618
- E-mail: jeroen.jacobse@bilfinger.com

25 februari 2022
Ordernummer: T56185.00
Documentnummer: 3461001
Revisie: D



BILFINGER

D	25-02-2022	Opmerking bevoegd gezag (tekstuele opmerking) verwerkt	J. Jacobse	P. Vendrig
C	11-02-2022	Opmerkingen Bevoegd gezag verwerkt	J. Jacobse	R. Bottenberg
B	23-12-2021	Opmerkingen Air Liquide verwerkt	R. Kuipers	J. Jacobse
A	21-12-2021	Eerste uitgave	R. Kuipers	J. Jacobse
Rev.	Datum	Omschrijving	Opsteller	Gecontroleerd

© Copyright Bilfinger 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.



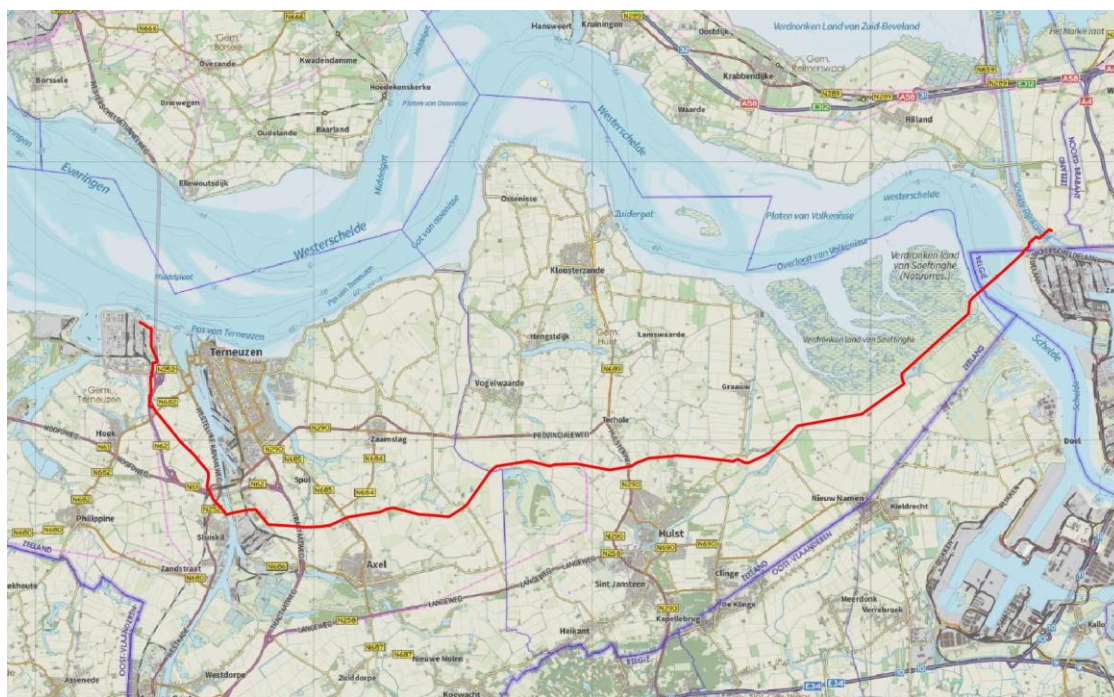
BILFINGER

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
1.1	Administratieve gegevens	4
1.2	Gevolgde methodiek	5
2	Beleid met betrekking tot externe veiligheid	6
2.1	Plaatsgebonden risico	6
2.2	Groepsrisico	6
3	Modellering	8
3.1	Model parameters	8
3.2	Scenario's	9
3.3	Stofafhankelijke uitgangspunten	10
3.4	Mitigerende maatregelen waterstofleiding	11
3.5	Windturbines	12
3.5.1	Invloedsgebied windturbines	12
3.5.2	Aanwezige windturbines	12
3.5.3	Additioneel risico windturbines	15
3.5.3.1	Bladafworp bij nominaal toerental	16
3.5.3.2	Mastbreuk	18
3.6	Hoogspanningsmasten	19
3.7	Totale faalfrequenties	20
4	Uitgangspunten	22
4.1	Weergegevens	22
4.2	Ruwheidslengte	22
4.3	Ontstekingsbronnen	22
4.4	Invloedsgebied en populatiegegevens	22
5	Resultaten	23
5.1	Waterstof	23
5.1.1	PR contouren	23
5.1.2	Groepsrisico (GR)	26
5.2	Stikstof	27
5.2.1	Effectberekening	27
5.2.2	Effectafstanden	27
6	Conclusie en aanbevelingen	28
6.1	PR contouren	28
6.2	Groepsrisico	28
6.3	Aanbevelingen	28
	Referenties	29
	Bijlage 1 – QRA Aftakking H₂ leiding	30
	Bijlage 2 – QRA Aftakking N₂ leiding	31

1 Inleiding

In opdracht van Air Liquide Industrie B.V. (hierna: Air Liquide) is door Bilfinger Tebodin een Kwantitatieve Risico Analyse (QRA) uitgevoerd voor een ondergrondse leiding. De leiding is momenteel bestemd voor het transport van propyleen/ethyleen. Air Liquide is voornemens deze leiding te gebruiken voor het transport van stikstof (N_2) en in een latere fase voor waterstof (H_2). Aangezien waterstof het meest invloedrijke product is, is de QRA in eerste instantie uitgevoerd voor waterstof. In Figuur 1 is de ligging van het tracé vanaf de Braakman haven bij Terneuzen naar de Anna Maria polder (windpark).



Figuur 1: Ligging leiding tracé

1.1 Administratieve gegevens

Leidingexploitant:

Air Liquide Industrie B.V.
Weena 312
3012 NJ Rotterdam

Contact:

Air Liquide Industrie B.V.
Pipelines Department
Noordersingel 19
2140 Antwerpen, België

Opsteller van de QRA:

Bilfinger Tebodin Netherlands B.V.
Laan van Nieuw Oost-Indië 25
2593 BJ Den Haag



1.2 Gevolgde methodiek

Deze rapportage is opgesteld in het kader van het Bevb [1] en Revb [2] en is berekend in analogie met de Handleiding Risicoberekeningen Bevb [3], Handleiding Risicoberekeningen Bevi [4] en met behulp van het programma Safeti-NL [5].

Het Bevb is van toepassing aangezien er sprake is van een buisleiding met een uitwendige diameter van 70 mm of meer en een druk van 1.600 kPa of meer, waardoor gevaarlijke stoffen stromen die zijn opgenomen in de categorie chemicaliënleidingen.

2 Beleid met betrekking tot externe veiligheid

Het risicobeleid in het Bevb is gestoeld op twee risicomaten:

- Plaatsgebonden risico (PR): dit is het risico op een specifieke locatie. Door middel van iso-risicocontouren, waarbij punten met gelijk risico worden verbonden tot een contour, worden de risico's op een kaart inzichtelijk gemaakt.
- Groepsrisico (GR): aan de hand van de personendichtheid in het invloedsgebied van een inrichting kan de kans op een incident met meerdere doden inzichtelijk worden gemaakt. Hiervoor wordt de zogeheten fN-curve berekend waarin de kans op het aantal dodelijke slachtoffers wordt uitgezet tegen het aantal doden.

Bij de normstelling in het Bevb wordt onderscheid gemaakt tussen kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten. Ten aanzien van de definities van (beperkt) kwetsbare objecten sluit het Bevb aan bij het Besluit externe veiligheid inrichtingen (verder Bevi). Kwetsbare objecten zijn objecten die of vanwege hun functie of vanwege de aanwezigheid van veel personen beschermd moeten worden. Beperkt kwetsbare objecten zijn objecten die vanwege de aard ervan iets minder bescherming nodig hebben dan kwetsbare objecten. In de volgende tabel, afkomstig uit het Bevi, is een onderscheid gemaakt. Daarnaast geldt lintbebouwing voor zover deze loodrecht of nagenoeg loodrecht is gelegen op de contouren van het plaatsgebonden risico van een buisleiding als beperkt kwetsbaar object.

Tabel 1: Kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten

Kwetsbare objecten	Beperkt kwetsbare objecten
Woningen	Verspreid liggende woningen (2/ha)
Ziekenhuizen, bejaarden- en verpleeghuizen e.d.	Dienst- en bedrijfswoningen
Scholen en dagopvang minderjarigen	Kantoorgebouwen (< 1.500 m ²)
Kantoorgebouwen en hotels (> 1.500 m ²)	Hotels en restaurants (< 1.500 m ²)
Winkelcentra (> 1.000 m ² > 5 winkels)	Winkels
Winkel met supermarkt (> 2.000 m ²)	Sport-, kampeer- en recreatieterreinen (< 50 personen)
Kampeer- en verblijfsrecreatieterrein (> 50 personen)	Bedrijfsgebouwen
Andere gebouwen met veel personen	Equivalenten objecten en objecten met hoge infrastructurele waarde

2.1 Plaatsgebonden risico

Het plaatsgebonden risico (PR) is het risico op een plaats (buiten een inrichting of langs een transportroute), uitgedrukt als de kans per jaar, dat een persoon die onafgebroken en onbeschermd op die plaats zou verblijven, overlijdt als rechtstreeks gevolg van een ongewoon voorval binnen die inrichting of langs een transportroute waarbij een gevaarlijke stof of gevaarlijke afvalstof betrokken is. Het plaatsgebonden risico wordt weergegeven door zogenaamde iso-risicocontouren (lijnen) rondom de activiteit (een inrichting of transportroute).

Bevb stelt:

- Het plaatsgebonden risico voor een kwetsbaar object, veroorzaakt door een buisleiding, niet hoger mag zijn dan 10^{-6} per jaar;
- De exploitant de aanleg of vervanging van een buisleiding zodanig uitvoert 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.

2.2 Groepsrisico

Het groepsrisico ligt in het verlengde van het plaatsgebonden risico en gaat uit van de daadwerkelijke aanwezigheid van personen en geeft de kans dat een bepaalde groep personen tegelijkertijd slachtoffer kunnen worden door toedoen van een calamiteit met gevaarlijke stoffen. Het groepsrisico kent, in vergelijking tot het plaatsgebonden risico, echter geen strikte normering. Wel wordt er uitgegaan van een oriëntatiewaarde, die recht doet aan risicoaversie (hoe groter de ramp, hoe lager de acceptabele kans). De oriëntatiewaarde geeft een eerste inzicht in het niveau van het risico. Om het groepsrisico te beoordelen moet het bevoegd gezag onder andere aangeven:

- Hoe groot de personendichtheid in het invloedsgebied van de inrichting is (begrensd door 1% letaliteit) en hoe deze eventueel wijzigt in de toekomst;
- De mogelijke maatregelen die van invloed zijn op het groepsrisico en op welke wijze deze zijn meegenomen in het onderzoek;
- Hoe rekening is gehouden met aspecten als rampenbestrijding, zelfredzaamheid van personen in het invloedsgebied en beheersbaarheid van de ramp bij een eventuele calamiteit.

Dit is de zogenaamde verantwoording van het groepsrisico conform de Handreiking verantwoordingsplicht groepsrisico. Als de oriëntatiewaarde wordt overschreden, kan toch een vergunning worden verleend. In alle gevallen moet door het bevoegd gezag invulling worden gegeven aan de verantwoordingsplicht. In het volgende figuur is de oriëntatiewaarde weergegeven.



Figuur 2: Oriëntatiewaarde voor het groepsrisico volgens Bevb

3 Modelling

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de modellering en modelleringsgegevens die als invoerparameters gehanteerd zijn.

3.1 Model parameters

In onderstaande tabel zijn de model parameters inzichtelijk gemaakt voor de doorgaande buisleiding. Voor twee kleine aftakkingen zijn aparte studies uitgevoerd, welke in bijlage 1 en 2 zijn bijgevoegd.

Tabel 2: Basis modelparameters

Parameter	Waarde/naam
Model	Safeti-NL v 8.3
Handleiding	Handleiding risicoberekeningen Bevb versie 3.2, Module D ¹
Ruwheidslengte terrein	100 mm (modelmatig)
Meteo station	Vlissingen
Domino effecten	Windturbines, Hoogspanningsmasten
Temperatuur	15 °C
Product	H ₂ leiding : : 100% H ₂ N ₂ leiding : : 100% N ₂
Operationele druk	H ₂ leiding : : 45 barg N ₂ leiding : : 64 barg Druk conservatief voor gehele leiding beschouwd
Pomp debiet	H ₂ leiding : : 45000 Nm ³ /h N ₂ leiding : : 15000 Nm ³ /h Debiet conservatief voor gehele leiding beschouwd
Leidinglengte	~43 km
Leidingdiameter	6 inch (152,2 mm)
Wanddikte leiding	6 mm
Elasticiteit	210 GPa
SYNS (rekgrens)	290 MPa
Ligging leiding	Ondergrondse leidingen met 1,0 meter dekking Modelmatig is de H ₂ leiding in het krater model volgens de rekenmethodiek, zoals in de handleiding risicoberekeningen Bevb is voorgeschreven.
Gebruiksfractie	Continu
Kans op directe ontsteking	1 (waterstof) n.v.t. (stikstof)
Uitstroomhoogte	0,01 m (modelmatig)
Uitstroomrichting	Verticaal (modelmatig)
Uitstroomduur	30 minuten (modelmatige afkapgrens)
Method for calculating average rate	Average between two times, 0-20 sec. (waterstof)

¹ Revb schrijft de Handleiding risicoberekeningen Bevi versie 3 en Safeti-NL versie 8 voor. Gebruik is gemaakt van versie 3.2 en Safeti-NL versie 8.3, vanwege de update in het long pipeline model ten opzichte van de voorgaande versies.



BILFINGER

3.2 Scenario's

In de rekenmethodiek [3] wordt beschreven dat het falen van een leiding kan worden uitgedrukt in een lekkage scenario en een breuk scenario.

In de bijlage van module D van de rekenmethodiek [3] zijn de randvoorwaarden beschreven waar aan een leiding moet voldoen, om te voldoen aan de *stand der techniek*. Deze randvoorwaarden zijn overgenomen in de eerste twee kolommen van tabel 3. In de derde kolom is geanalyseerd of het ontwerp aan de randvoorwaardes voldoet. Op basis van deze analyse wordt gesteld dat de pijpleiding zal voldoen aan de randvoorwaarden welke gesteld worden aan de stand der techniek, behalve met betrekking tot de faaloorzaak *beschadiging door derden*.

Tabel 3: Randvoorwaarden stand der techniek

Faaloorzaak	Stand der Techniek voorwaarde, conform de Handleiding Bevb	Toegepast?
Beschadiging door derden	Duidelijk aangegeven bovengrondse markeringen van de buisleiding die vanuit elk gezichtspunt waarneembaar zijn. Van de regel kan worden afgeweken bij praktische beperkingen zoals bij bochten, bosschages en obstakels.	Ja
	Periodieke communicatie met landeigenaren om deze bewust te maken en houden van de aanwezigheid van de buisleiding.	Nee
	Geïmplementeerd KLIC/WION systeem met actief rappel.	Ja
Mechanisch	Leidingen aangelegd vóór 1980: het beschikbaar hebben van een mechanical assesment van de buisleiding.	Ja (ILI+druktest 2021)
	Leidingen aangelegd vanaf 1980: geen, is afgedekt door sterk verbeterde kwaliteitscontrole en kwaliteitsborging (QA/QC) bij de aanleg van een buisleiding.	Nvt
Inwendige corrosie	Corrosiemanagementsysteem bestaande uit:	
	Bepaling van product corrosiviteit	Ja
	Toepassing van ontwerpmaatregelen gebaseerd op corrosiviteit; (bijvoorbeeld corrosietoeslag op wanddikte, toepassen corrosie inhibitie, toepassen corrosiebestendige staallegering van de buiswand en eventuele inwendige coating / "liner");	Ja
	Effectief monitoring programma (bijvoorbeeld bewaking productkwaliteit middels sampling, chemicaliën injectie, sampling op metaalafgifte).	Nee
Uitwendige corrosie	Toepassen van passende coating en kathodische bescherming conform NEN 3654. Effectief monitoring programma van kathodische bescherming en van coating.	Ja
Natuurlijke oorzaken	Het constructief ontwerp in relatie tot zettingen en spanningen is bekend, gedocumenteerd en er zijn passende maatregelen getroffen.	Ja
Operationeel en overige faaloorzaken	Gespecificeerde werkgebied m.b.t debiet, druk, temperatuur, trip settings.	Ja
	Geautomatiseerde procesbewaking en procesbeveiligingen.	Ja
	Monitoring van relevante DCS- of SCADA-data om binnen dit werkgebied te blijven opereren.	Ja
	Verandering van werkgebied alleen toegestaan middels vastgestelde procedures, zoals bij wijzigingen (Management of Change, MoC).	Ja

De leiding is ondergronds met 1,0 meter dekking aangelegd. Deze diepteligging heeft invloed op de kans op een leiding beschadiging door derden. Deze specifieke faalfrequentie wordt als volgt berekend [3]:

$$\text{Faalfrequentie}_{\text{beschadiging door derden, gecorrigeerd}} = \text{Faalfrequentie}_{\text{beschadiging door derden}} / \text{factor}$$

Waarin geldt,

$$\text{factor} = e^{-2,4 \times (0,84 - \text{diepte ligging})}$$

Op basis van deze formule wordt voor diepteligging een factor van 1,47 berekend.

Op basis van het voorgaande zijn de faalfrequenties voor de leidingen bepaald en beschreven in de volgende tabel. Hierbij zijn dus alleen de lagere faalfrequenties gehanteerd, behorende bij faaloorzaken waarbij de stand der techniek is gehanteerd, en is voor de diepteligging gecorrigeerd. Mitigerende maatregelen zijn hier nog niet toegepast en komen in paragraaf 3.4 aan bod. Voor de modellering is gebruik gemaakt van het long pipeline model.

Tabel 4: Voor QRA gehanteerde faalfrequenties voor leidingen H₂ en N₂

Faal oorzaken	Faal frequentie [per kilometer, per jaar]		
	Breuk	Lek	Totaal
Beschadiging door derden	4,89E-05	6,71E-05	1,16E-04
Mechanisch	7,96E-06	3,86E-05	4,66E-05
Inwendige corrosie	5,71E-06	4,40E-05	4,97E-05
Uitwendige corrosie	4,25E-06	3,52E-05	3,95E-05
Natuurlijke oorzaken	2,26E-06	3,60E-06	5,86E-06
Operationeel/overig	3,40E-06	4,56E-06	7,96E-06
Totaal	7,25E-05	1,93E-04	2,66E-04

3.3 Stofafhankelijke uitgangspunten

De leidingen zullen gebruikt worden voor het transport van waterstof en stikstof. Beide stoffen hebben specifieke uitgangspunten in de Handleiding risicoberekeningen Bevb [3].

Waterstof

Gezien de zeer lage ontstekingsenergie van waterstof wordt aangenomen dat bij het vrijkomen van waterstof door een breuk of lekkage, de kans op een directe ontsteking gelijk is aan 1. Voor het vrijkomen van waterstof, hetzij door een breuk, hetzij door een lekkage, wordt gebruik gemaakt van het kratermodel dat in Safeti-NL [5] is opgenomen. Dit is overeenkomstig de Handleiding risicoberekeningen Bevb, module D, paragraaf 2.5.1.

Stikstof

Onder normale omstandigheden bedraagt het zuurstof/stikstofpercentage in de lucht 21%/78% (+1% overige gassen). Wanneer het stikstofpercentage stijgt en het zuurstof percentage daalt kunnen er ademhalingsproblemen ontstaan en uiteindelijk verstikking na langdurige blootstelling. Dit gebeurt bij zuurstofpercentages onder de 19% en stikstof bij 80%.

Aangezien in Safeti-NL geen stikstof uit de omgevingslucht gebruikt kan worden waarmee de pure stikstofuitstroom gemengd wordt, dient de extra hoeveelheid stikstof in het model bekeken worden. In dit geval gaat het om een stikstoftoename van 2% t.o.v. omgevingslucht (80%-78%). Dus pure stikstof komt vrij in omgevingslucht met 21% zuurstof. Om tot de 2% stikstoftoename te komen, dient modelmatig dit door de 21% zuurstofvermenging gedeeld te worden. Het modelmatige resultaat hiervan bedraagt 9,5% stikstof (0,02/0,21). Dit komt overeen met ongeveer 90.000 ppm. In de Handleiding Risicoberekeningen Bevi [4] is een rekenwijze opgenomen om de schadecriteria voor zuurstof te berekenen. Omgekeerd kan dit op gelijke wijze worden gedaan voor stikstof.

3.4 Mitigerende maatregelen waterstofleiding

Voor additionele veiligheidsmaatregelen voor de waterstofleiding, buiten de voorwaarden die gesteld zijn om te voldoen aan de stand der techniek, worden er in dit rapport mitigerende maatregelen beschouwd, welke beschreven zijn in de volgende tabel. Deze genoemde maatregelen zijn aangeleverd door Air Liquide. De verschillende mitigerende maatregelen staan genoemd in hoofdstuk 4 van module D van de rekenmethodiek [3].

Tabel 5: Opties voor additionele mitigerende maatregelen waterstofleiding

Optie	Omschrijving
Optie 0	Geen specifieke additionele maatregelen
Optie 1	• Waarschuwingslint; • Beperkte restricties; • Strikte begeleiding werkzaamheden; • Medium inherent aantoonbaar volledig niet-corrosief; • Ontoelaatbare zettingen/spanningen kunnen vergaand worden uitgesloten; • Toepassen In-Line inspectie (ILI) & Defectanalyse

Op basis van deze opties en de informatie in de rekenmethodiek zijn in Tabel 6 de reductiefactoren weergegeven per optie, waarmee de frequenties voor faalorzaken verlaagd mogen worden. Deze factoren zijn een toevoeging op de factoren, die beschouwd worden in verband met dieptelgging en het voldoen aan de randvoorwaarden voor de stand der techniek.

Tabel 6: Reductiefactoren voor faalfrequenties

Faal oorzaak	Optie 0	Optie 1
Beschadiging door derden	n.v.t.	1,67 (Waarschuwingslint); 1,6 (Beperkte restricties); 3 (Strikte begeleiding werkzaamheden);
Mechanisch	n.v.t.	10 (Toepassen ILI en defect analyse)
Inwendige corrosie	n.v.t.	∞ (Volledig niet-corrosief)
Uitwendige corrosie	n.v.t.	10 (Toepassen ILI en defect analyse)
Natuurlijke oorzaken	n.v.t.	10 (Ontoelaatbare zettingen en spanningen kunnen vergaand worden uitgesloten)
Operationeel/overig	n.v.t.	n.v.t.

Op basis van de bovenstaande informatie zal voor de faalfrequenties van de leidingen worden uitgegaan van de frequenties in Tabel 7.

Tabel 7: Faalfrequenties veiligheidsmaatregelen conform optie 1

Faal oorzaken	Faal frequentie [per kilometer, per jaar]		
	Breuk	Lek	Totaal
Beschadiging door derden	6,10E-06	8,37E-06	1,45E-06
Mechanisch	7,96E-07	3,86E-06	4,66E-06
Inwendige corrosie	0	0	0
Uitwendige corrosie	4,25E-07	3,52E-06	3,95E-06
Natuurlijke oorzaken	2,26E-07	3,60E-07	5,86E-07
Operationeel/overig	3,40E-06	4,56E-06	7,96E-06
Totaal	1,09E-05	2,07E-05	3,16E-05

3.5 Windturbines

Langs het tracé van de buisleiding zijn verschillende windparken gelegen. Volgens de Handreiking Risicozonering Windturbines [6] dient een mogelijk Loss of Containment ten gevolge van het falen van een nabijgelegen windturbine meegenomen te worden in de faalkans. Hoe de berekening van een eventueel verhoogde faalkans uitgevoerd dient te worden, staat beschreven in de Handleiding Omgevingsveiligheid, module IV [7].

3.5.1 Invloedsgebied windturbines

Voor een windturbine kunnen een viertal faalscenario's maatgevend zijn met betrekking tot de impact op ondergrondse leidingen:

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

Elk faalscenario heeft zijn eigen invloedsgebied afhankelijk van het type windturbine. In onderstaande tabel is aangegeven hoe de straal van het invloedsgebied bepaald wordt voor de verschillende faalscenario's.

Tabel 8: invloedsgebieden faalscenario's

Scenario	Straal invloedsgebied
Gondelafworp	½ rotordiameter
Mastbreuk	Lengte mast + rotorbladlengte
Bladafworp bij nominaal toerental	Afhankelijk van type windturbine
Bladafworp bij overtoeren	Afhankelijk van type windturbine

De kans op het faalscenario bladafworp bij overtoeren is zeer klein (ca 1-2% van totaal bladafworp) en derhalve van verwaarloosbare invloed op de totale additionele faalkans. Een verdere uitwerking van deze onderbouwing wordt in paragraaf 3.5.2 en in Figuur 5 weergegeven. Het scenario bladafworp bij overtoeren wordt derhalve verder niet beschouwd in de berekeningen.

3.5.2 Aanwezige windturbines

Het tracé van de pijpleiding ligt bij twee windparken. In Figuur 3 zijn de windturbines van het windpark Koegorspolder weergegeven en in Figuur 4 de windturbines van windpark Anna Mariapolder. De rode stippen geven de windturbines aan. Naast sommige windturbines staat de afstand tot aan de leiding weergegeven. De relevante windturbines, waarbij de leiding binnen het invloedsgebied van één van de relevante scenario's ligt, zijn omcirkeld.



Figuur 3: Aanwezige windturbines Windpark Koegorspolder, 2 MW [Bron WindStats]



Figuur 4: Aanwezige windturbines windpark Anna Maria Polder, 900 kW [Bron WindStats]

In Tabel 9 zijn de verschillende windturbines weergegeven met de bijbehorende specificaties en invloedsgebieden van de relevante faalscenario's. Handreiking Risicozonering Windturbines geldt voor windturbines met een vermogen vanaf 1 MW. Aangezien de Anna Mariapolder minder zijn dan 1 MW zullen deze niet van invloed zijn op de QRA.

Tabel 9: Overzicht windturbines en invloedsgebieden

Turbinegegevens	Koegorspolder	Anna Mariapolder
Fabrikant	Vestas	EWT
Vermogen	2 MW	900 kW
Ashoogte	78 m	75 m
Diameter rotor	80 m	54 m
<i>Berekende invloedsgebieden</i>		
Gondelafworp	40 m	n.v.t.
Mastbreuk	118 m	n.v.t.
Bladafworp bij nominaal toerental	140 m	n.v.t.

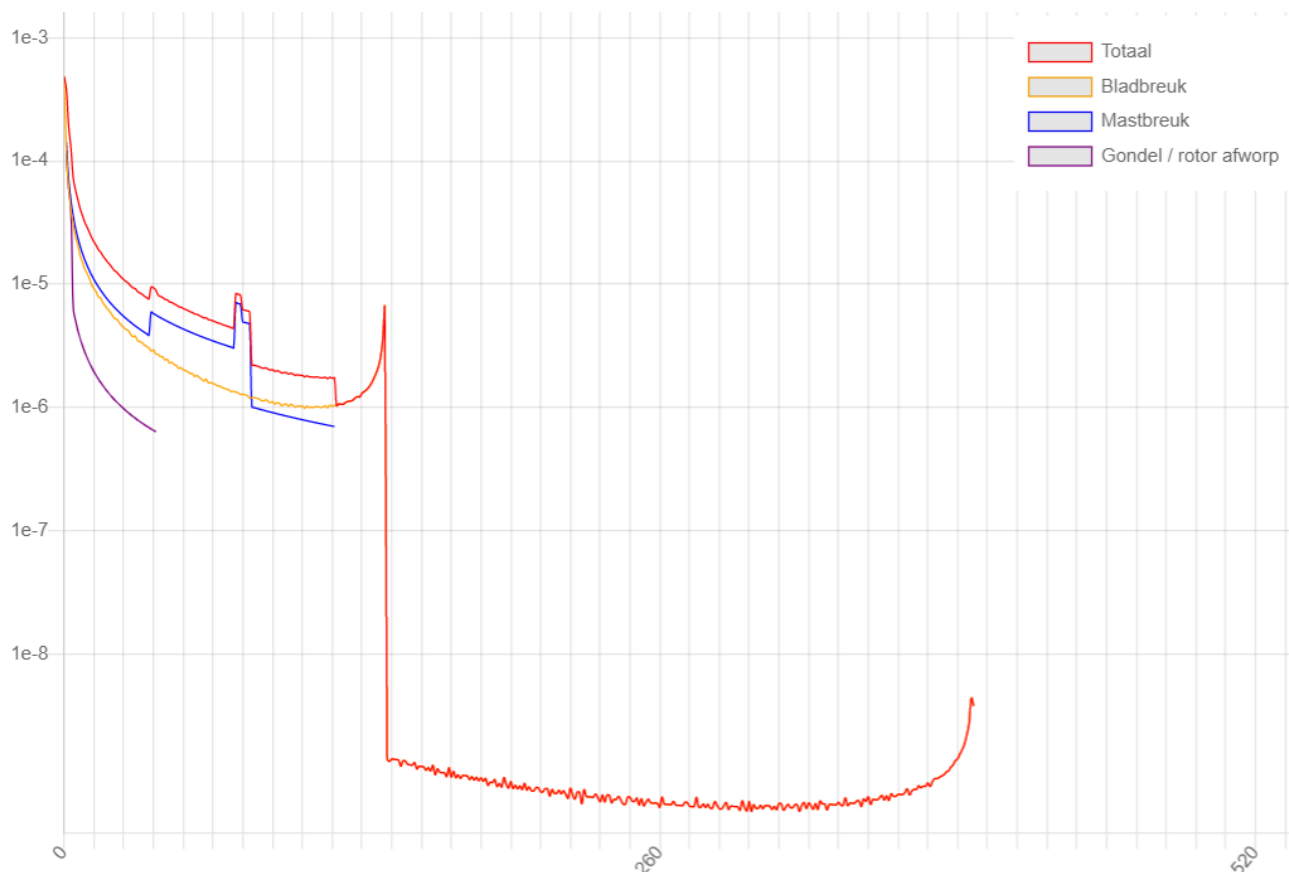
Het invloedsgebied van het scenario bladafworp bij nominaal toerental is berekend met behulp van het online rekenmodel Save-W². In het model zijn typische afmetingen van een gondel gehanteerd (zoals voorgesteld door het rekenmodel) en een nominaal toerental van 15 omwentelingen per minuut. Save-W is niet gebruikt om de faalkansverhoging te bepalen, maar alleen om het invloedsgebied per faalkansoorzaak te bepalen. De faalkansverhoging is bepaald volgens de Handleiding Omgevingsveiligheid in de volgende paragraaf.

Een uitdraai voor de Koegorspolder is weergegeven in Figuur 5. Hier is het PR als functie van de afstand weergegeven voor de windturbine. Het invloedsgebied voor het scenario bladafworp bij nominaal toerental is af te lezen uit de grafiek. Tevens valt hierin af te lezen dat het scenario bladafworp bij overtoeren een verwaarloosbaar risico heeft zoals al eerder is gesteld.

² www.save-w.nl



BILFINGER



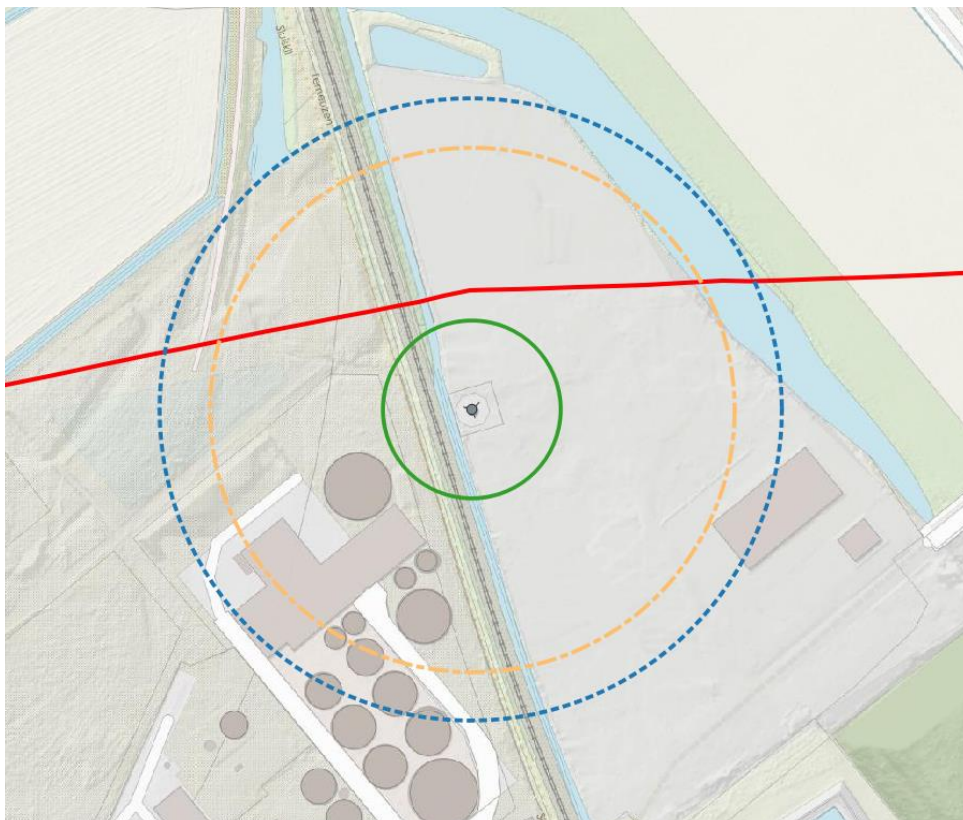
Figuur 5: PR risico (y-as) voor windturbine Koegorspolder, berekend als functie van de afstand (x-as) met behulp van de Save-W rekentool

3.5.3 Additioneel risico windturbines

Voor de twee omcirkelde windturbines in Figuur 3 valt de leiding binnen het invloedsgebied voor mastbreek en bladafworp, waarbij dus alleen de scenario's mastbreek en bladafworp bij nominaal toerental de leiding kunnen beschadigen. Gondelafworp vormt geen risico voor de leiding.

De faalfrequentie voor bladafworp bij nominaal toerental bedraagt $8,4 \times 10^{-4}$ per jaar en de mastbreek bedraagt $1,3 \times 10^{-4}$ per jaar conform de handleiding. Vervolgens dient de trefkans per meter leiding bepaald te worden.

Met behulp van de stelling van Pythagoras kan het leidingdeel in het invloedsgebied van de windturbine per scenario bepaald worden. De leiding bij de turbine blauwe cirkel verloopt in een knik, zoals weergegeven in Figuur 6. Om hier het leidingdeel in het invloedsgebied te bepalen is de buisleiding aangenomen als recht voor de berekening en vervolgens 10 meter leiding bij opgeteld als correctie. Voor beide windturbines is de hoeveelheid leiding te vinden in Tabel 10.



Figuur 6: Buisleiding bij de windturbine blauwe cirkel. Groene cirkel is de gondelafworp, oranje gestippelde cirkel is de mastbreuk en de blauwe gestippelde cirkel is de bladafworp

Tabel 10: Leidingdeel binnen invloedsgebied windturbine

Faalscenario	Turbine blauwe cirkel	Turbine groene cirkel
	Leidinglengte binnen invloedsgebied	
Mastbreuk	223 m	104 m
Bladafworp bij nominaal toerental	271 m	183 m

Conservatief wordt per windturbine eenzelfde faalfrequentie berekend voor het leidingdeel binnen het grootste invloedsgebied (zie dikgedrukte lengte in de tabel).

3.5.3.1 Bladafworp bij nominaal toerental

Voor ieder punt op de leiding binnen het invloedsgebied kan apart de trefkans berekend worden dat het zwaartepunt van het blad op exact dat punt terecht komt. Echter is in de aanpak conservatief de worst-case trefkans voor de windturbine met het grootste invloedsgebied bepaald en op ieder punt van de leiding binnen het invloedsgebied van alle windturbines toegepast.

De grond, welke een beschermende werking heeft voor de leiding, zal als gevolg van de impact energie van een falende windturbine vervormen of verschuiven wat falen van de leiding tot gevolg kan hebben. Aan de hand van de resterende materiaalspanning in de leiding, welke onder andere afhankelijk is van materiaalsterkte en ontwerpdruk, kan bepaald worden wat de minimale gronddekking dient te zijn alvorens de leiding faalt als gevolg van de vrijkomende energie bij een falende windturbine.



BILFINGER

Elk onderdeel van de windturbine heeft een eigen impact energie wanneer deze de grond raakt. Gesteld wordt dat voor de genoemde faalscenario's de potentiële energie volledig wordt omgezet in kinetische energie welke loodrecht op de grond is gericht. Voor het bladafworp scenario wordt tevens de helft van de kinetische energie die de bladen hebben bij genoemd toerental in rekening gebracht. Deze kinetische energie resulteert in een gebied onder de locatie van impact op maaiveldniveau waarbinnen de leiding zou falen. Hiervoor wordt de volgende vergelijking toegepast:

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

Waarbij geldt,

R = de kritische afstand [m]

E = elasticiteit [Pa]

$\sigma_{\text{toelaatbaar}}$ = toelaatbare extra stress voordat metaal gaat vloeien [Pa]

t = wanddikte [mm]

SMYS = minimum vloeigrens [Pa]

$E_{\text{kinetisch}}$ = effectieve kinetische energie [J]

k_4 , k_5 en k_6 = empirische coëfficiënten:

$k_4 = 1,0$

$k_5 = 2,5$

$k_6 = 0,77$

Voor de invoerwaarden wordt verwezen naar paragraaf 3.1.

De toelaatbare extra stress wordt met de volgende vergelijking berekend:

$$\sigma_{\text{toelaatbaar}} = \text{SMYS} - \frac{P \cdot D}{2 \cdot t}$$

Waarbij geldt,

SMYS = de gespecificeerde minimum vloeigrens [Pa]

P = de interne gasdruk in de pijpleiding [Pa]

D = de diameter van de pijpleiding [mm]

T = wanddikte [mm]

De kinetische energie wordt als volgt bepaald:

$$E_{\text{schokgolf}} = m \cdot g \cdot h + \frac{1}{2} \cdot f \cdot m \cdot v^2 \text{ met } v = \frac{2\pi\omega}{60} \cdot \frac{l}{3}$$

Waarbij geldt,

$E_{\text{schokgolf}}$ = de energie van de bron (effectieve kinetische energie van de schokgolf) [J]

M = massa van het object [kg] – invoer 10.000 kg (schatting)

f = fractie van de initiële kinetische energie opgenomen door de bodem (≤ 1) – invoer: 0,5

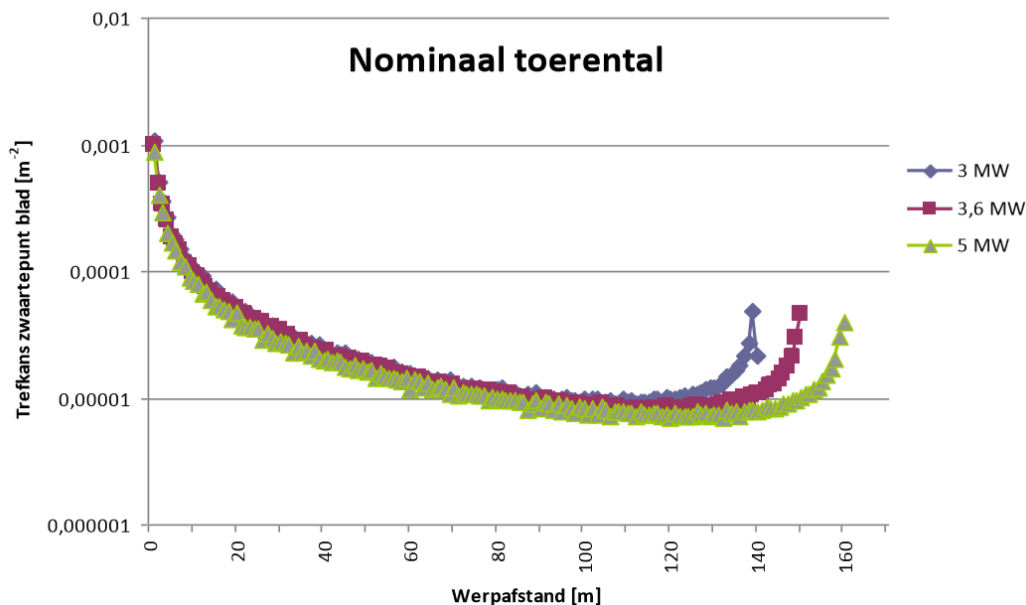
g = valversnelling (9,81 m/s²)

h = initiële hoogte van het vallend object [m] – invoer masthoogte van 78 m

ω = toerental van de windturbine [per minuut] – invoer 15 per minuut

l = bladlengte van de windturbine [m] – invoer 40 m

Wanneer al deze formules worden ingevuld resulteert dit in een kritische afstand van 1,7 meter. Voor de diepteligging van de buisleiding lijdt dit tot een breedte van 2,8 m voor de kritische strook. In het Handboek Risicozonering Windturbines [6] is de trefkans per m² aangegeven op een gegeven afstand van de windturbines, zoals is weergegeven in Figuur 7.



Figuur 7: Trefkans Bladafworp bij nominaal toerental versus afstand tot windturbine

De windturbines van de Koegorspolder zijn 2 MW turbines maar hiervoor is geen trefkans curve beschikbaar, daarom is de curve voor 3 MW gebruikt voor de windturbines. Als conservatieve aanname is voor het gehele stuk leiding binnen het invloedsgebied van de windturbine een trefkans van 6×10^{-5} per m² gehanteerd zoals gepresenteerd in Figuur 7.

De verhoging van de faalkans voor de leiding in het invloedsgebied ten gevolge van "bladafworp bij nominaal toerental is daarmee:

$$8,4 \times 10^{-4} \text{ jaar}^{-1} \cdot 2,8 \text{ m} \cdot 6 \times 10^{-5} \text{ m}^{-2} = 1,41 \times 10^{-7} \text{ m}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$$

3.5.3.2 Mastbreuk

Bij mastbreuk kan vanwege de afstand tot de leiding alleen het blad aan de mast de leiding mogelijk raken. De kans dat de mast een bepaalde richting op valt is uniform verdeeld over het gehele cirkelvormige invloedsgebied en de mast te allen tijde bij de voet breekt. De trefkans wordt bepaald als de mast haaks op de leiding valt, wat resulteert in de hoogste kans per meter leiding per jaar. Deze trefkans wordt conservatief gehanteerd voor het gehele leidingdeel binnen het invloedsgebied van de windturbine en wordt bepaald door de fractie van de cirkel waarbinnen het leidingdeel binnen het invloedsgebied ligt te delen door de lengte van dit leidingdeel.

Als voorbeeld voor de windturbine in de blauwe cirkel: de leiding ligt binnen een hoek van 112° van de cirkel. Dit komt overeen met een fractie van $112^\circ / 360^\circ = 0,31$ van de cirkel. Door dit te delen door de lengte van het leidingdeel (223 m) komt er een trefkans van $1,39 \times 10^{-3}$ per meter leiding uit.

De verhoging van de faalkans wordt bepaald door de trefkans per meter leiding binnen het invloedsgebied te vermenigvuldigen met de faalkans van $1,3 \times 10^{-4}$ per jaar. De verhoging van de leiding bij de twee turbines is te vinden in Tabel 11.

Tabel 11: Verhoging faalkans binnen invloedsgebied windturbine door mastbreuk

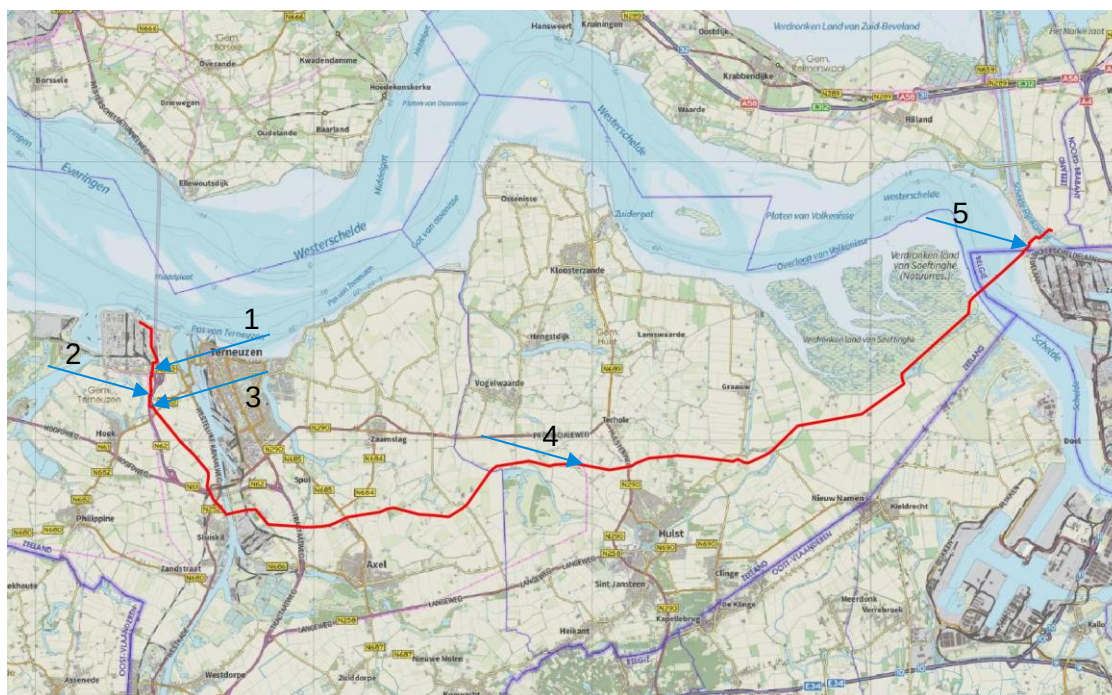
Verhoging faalkans	Windturbine blauw	Windturbine groen
Leidinglengte binnen invloedsgebied mastbreuk	223 m	104 m
Fractie van de cirkel rondom de mast	0,31	0,14
Trefkans per meter leiding	$1,39 \times 10^{-3}$	$1,39 \times 10^{-3}$
Verhoging faalkans per meter leiding [m /jaar]	$1,81 \times 10^{-7}$	$1,81 \times 10^{-7}$

3.6 Hoogspanningsmasten

Het tracé van de buisleiding wordt meerdere keren gekruist door hoogspanningskabels. Indien een hoogspanningsmast dicht bij de buisleiding staat, kan deze een domino-effect veroorzaken bij omvallen. Een mogelijk Loss of Containment ten gevolge van het falen van een hoogspanningsmast dient meegenomen te worden in de faalkans. Er is echter geen voorgeschreven methode hiervoor bekend ³.

3.6.1 Relevante hoogspanningsmasten

De buisleiding wordt op vijf locaties gekruist, waarbij de buisleiding mogelijk binnen het invloedsgebied van een hoogspanningsmast ligt. In het volgende figuur zijn deze vijf locaties aangegeven op kaart.



Figuur 8: Kruisingen leidingtracé met hoogspanningskabels

De hoogspanningsmasten zijn allen 34 meter hoog. Het invloedsgebied rondom de masten is gelijk aan de hoogte, analoog aan het omvallen van een windturbine. Alleen de mast bij “kruising 1” ligt op een afstand kleiner dan het invloedsgebied (op 24 meter afstand) en dient daarom verder te worden beschouwd.

³ Blijkt uit navraag bij RIVM.

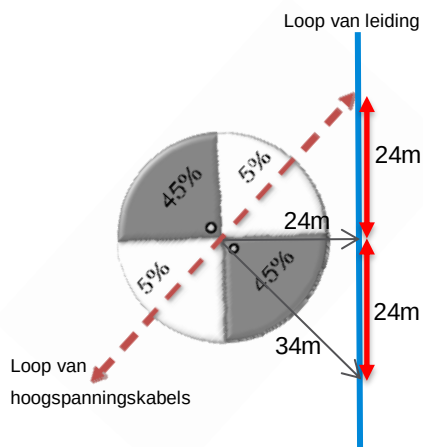
3.6.2 Additioneel risico hoogspanningsmasten

Het additioneel risico van hoogspanningsmasten is bepaald zoals in de door Deltares uitgevoerde studie "Beschouwing van de impact van een vallende hoogspanningsmast op nabijgelegen gasleidingen" [10]. Volgens de NEN EN 50341-1:2013 is de bezwijkkans van een mast $1 \cdot 10^{-5}$ per jaar. Volgens TenneT volgt uit de casuïstiek dat in 1 op de 6 gevallen het gefaalde mastdeel zonder remmende werking op het maaiveld terecht komt, waardoor een onderliggende leiding kan falen.

Verder wordt gesteld dat faalfrequenties gebaseerd dienen te zijn op de 95% betrouwbaarheidsgrens. De 95% waarde dient bepaald te worden met een Poisson-verdeling. Bij de uit de casuïstiek volgende verwachtingswaarde van één mast is de 95% betrouwbaarheidswaarde, gebaseerd op de Poisson-verdeling, gelijk aan 3.

De rekenwaarde voor de beginkans wordt daarmee $3 \cdot 1/6 \cdot 1 \cdot 10^{-5} = 5 \cdot 10^{-6}$ per mast per jaar.

De valrichting van een hoogspanningsmast is niet willekeurig. In onderstaand figuur is de kansverdeling per segment voor een mast opgenomen.



Figuur 9: Kansverdeling valrichting mast; 2 x 24 meter leiding binnen invloedsgebied van mast (met verschillende kansen)

Voor het onderste stuk leiding van 24 meter binnen het invloedsgebied wordt de kans op falen als gevolg van het falen van de hoogspanningsmast:

$$5 \cdot 10^{-6} \text{ per jaar} \cdot 0,5 \cdot 45\% / 24 \text{ meter} = 4,69 \cdot 10^{-8} \text{ per meter per jaar.}$$

Voor het bovenste stuk leiding van 24 meter binnen het invloedsgebied wordt de kans op falen als gevolg van het falen van de hoogspanningsmast:

$$5 \cdot 10^{-6} \text{ per jaar} \cdot 0,5 \cdot 5\% / 24 \text{ meter} = 5,21 \cdot 10^{-9} \text{ per meter per jaar.}$$

Beide kansen dragen voor meer dan 10% van de initiële faalkans van de leiding bij en dienen daarom opgeteld te worden bij de initiële faalkans van de leiding.

3.7 Totale faalfrequenties

Totaal kunnen er verschillende leidingdelen worden gemaakt van het gehele leiding tracé waarbij verschillende faalfrequenties gehanteerd worden. De verschillende delen zijn als volgt:

- Leidingdeel binnen invloedsgebied van de blauwe windturbine
- Leidingdeel binnen invloedsgebied van de groene windturbine
- Ondergrondse leiding zonder windturbine

De totale faalfrequentie per leidingdeel is in de volgende tabel inzichtelijk gemaakt.

Tabel 12: Totale faalfrequentie per leidingdeel

Leidingdeel	Faalfrequentie [$\text{m}^{-1} \text{jaar}^{-1}$]							
	Initieel breuk leiding	Mastbreuk	Bladafworp bij nom. toerental	Totaal Breuk	%	Lek	%	Totaal
Invloedsgebied blauwe windturbines	$1,09 \times 10^{-8}$	$1,81 \times 10^{-7}$	$1,41 \times 10^{-7}$	$3,33 \times 10^{-7}$	94	$2,07 \times 10^{-8}$	6	$3,54 \times 10^{-7}$
Invloedsgebied groene windturbine	$1,09 \times 10^{-8}$	$1,81 \times 10^{-7}$	$1,41 \times 10^{-7}$	$3,33 \times 10^{-7}$	94	$2,07 \times 10^{-8}$	6	$3,54 \times 10^{-7}$
Invloedsgebied hoogspanningsmast (onderste 24 meter)	$1,09 \times 10^{-8}$	$4,69 \times 10^{-8}$	-	$5,78 \times 10^{-8}$	74	$2,07 \times 10^{-8}$	26	$7,85 \times 10^{-8}$
Invloedsgebied hoogspanningsmast (bovenste 24 meter)	$1,09 \times 10^{-8}$	$5,21 \times 10^{-9}$	-	$1,61 \times 10^{-8}$	44	$2,07 \times 10^{-8}$	56	$3,68 \times 10^{-8}$
Leiding ondergronds overig	$1,09 \times 10^{-8}$	-	-	$1,09 \times 10^{-8}$	35	$2,07 \times 10^{-8}$	65	$3,16 \times 10^{-8}$

De faalkansverhoging als gevolg van het falen van een hoogspanningsmast is voor de kleine leidingdelen afzonderlijk gemodelleerd. Het model berekent de cumulatieve kans van de initiële leidingbreuk en de faalkansverhoging door de hoogspanningsmast samen.

4 Uitgangspunten

Voor de berekening van de externe risico's zijn de onderwerpen in de volgende paragrafen van belang.

4.1 Weergegevens

Voor het uitvoeren van de berekeningen zijn de weergegevens van Vlissingen toegepast. De letters staan voor de stabiliteitsklasse van het weer en het getal staat voor de windsnelheid. In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de weerklassen die worden beschouwd.

Tabel 13: Weertype

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

4.2 Ruwheidslengte

De ruwheidslengte is een (kunstmatige) lengtemaat die de invloed van de omgeving op de windsnelheid aangeeft. In deze studie is uitgegaan van een ruwheidslengte van 100 mm.

4.3 Ontstekingsbronnen

Aangezien uitgegaan wordt van directe ontsteking bij het vrijkomen van waterstof, dienen ontstekingsbronnen niet nader beschouwd te worden.

4.4 Invloedsgebied en populatiegegevens

Ten behoeve van de berekeningen voor het groepsrisico zijn de populatiegegevens ingevoerd rondom de leiding. Ten zuiden van de leiding ligt het dorp Sluiskil, direct naast de leiding ligt een woonwijk van Sluiskil (de Pierssenspolderstraat) en verder gaat de leiding door het industriegebied Sluiskil Oost.

Voor de populatie binnen het invloedsgebied zijn de gegevens aangehouden in Tabel 10. Dit betreft een gemiddelde populatiedichtheid voor drukke woonwijken volgens de Handreiking Verantwoordingsplicht Groepsrisico [8]. Voor losse huizen is 2,4 personen per woning [8] aangenomen waarbij dag 50% aanwezig is en in de nacht 100%.

Tabel 14: Overzicht populatiegegevens

Gebied	Populatiegegevens [personen / ha]
Dorp Sluiskil	Dag: 35 / Nacht: 70
Pierssenspolderstraat	Dag: 12,5 / Nacht: 25
Industrie Sluiskil Oost	Dag: 40 / Nacht: 0 / 5 *

* Voor Yara is een lage personendichtheid van 5 personen/ha gehanteerd. Voor het overige industriegebied is geen rekening gehouden met personen in de nacht.

5 Resultaten

Er is een risicoanalyse uitgevoerd met als doel om inzicht te krijgen in de externe risico's. De QRA is uitgevoerd met het modelleringsprogramma Safeti-NL 8.3. In dit hoofdstuk worden, op basis van de gehanteerde uitgangspunten, de resultaten van de berekeningen voor het plaatsgebonden risico en het groepsrisico gepresenteerd voor de leiding gevuld met waterstof en voor de leiding gevuld met stikstof.

5.1 Waterstof

5.1.1 PR contouren

Op basis van de gehanteerde uitgangspunten, mitigerende maatregelen (optie 1) en aanwezige windturbines en hoogspanningsmasten is voor het gehele leidingtracé de PR contour bepaald. Indien er PR 10^{-6} contouren berekend worden, zal er via een risk transect een doorsnede gegeven worden. Gezien de lengte van de leiding zijn er meerdere secties van de leiding gemaakt, te zien in de verschillende figuren, waarin de PR-contouren gepresenteerd worden.

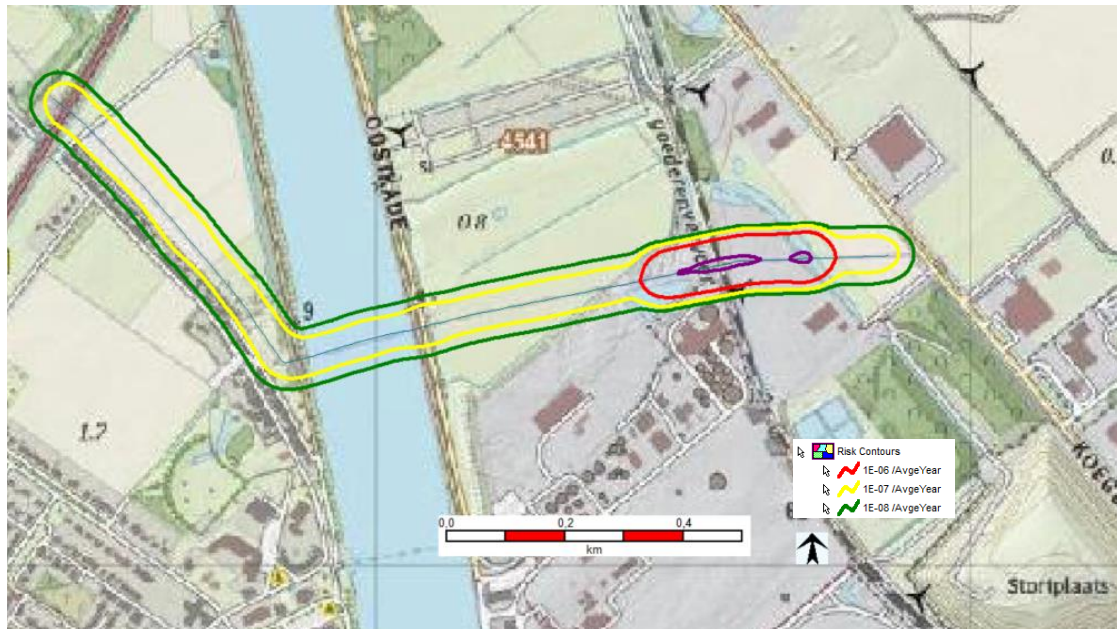


Figuur 10: PR waterstof Terneuzen Sluiskil

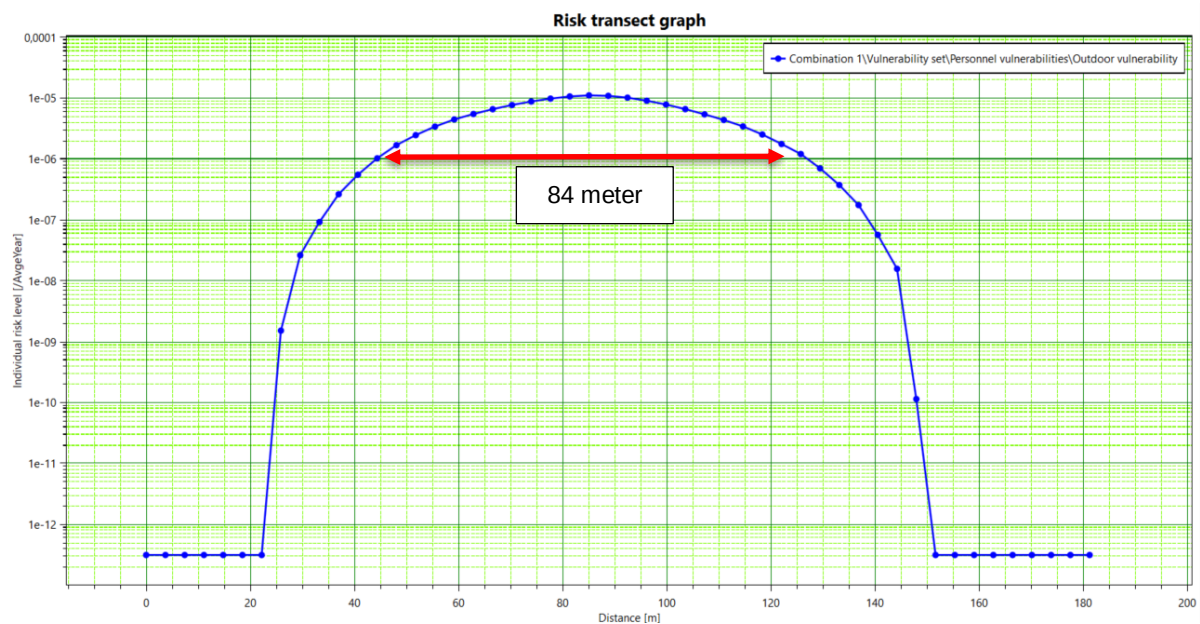
Ter hoogte van de hoogspanningsmast is, net als voor het overige deel van de leiding, geen PR 10^{-5} of 10^{-6} contour aanwezig. Ter hoogte van de windturbine blauw en windturbine groen is wel een PR 10^{-6} contour zichtbaar. De PR 10^{-6} contour ligt op ca. 42 meter afstand van de leiding. Tevens worden er ook een PR 10^{-5} contouren weergegeven, zoals te zien in onderstaand figuur.



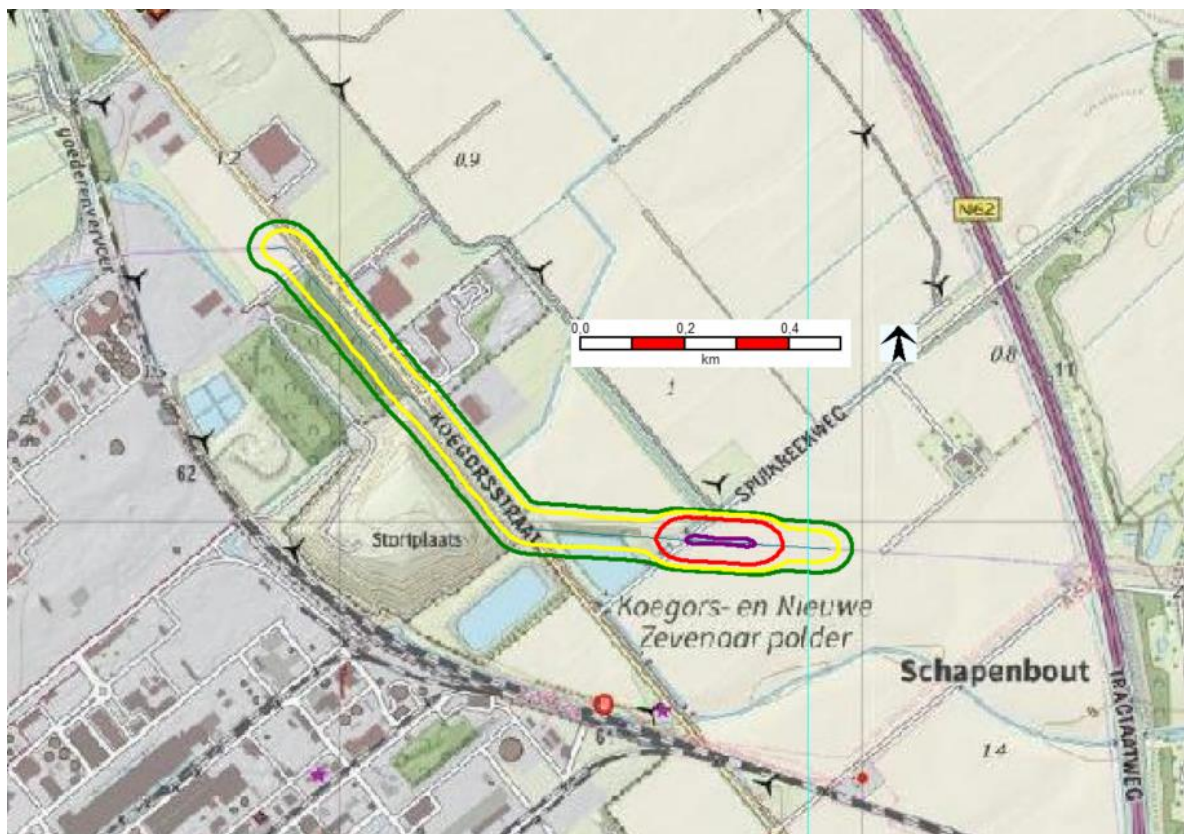
BILFINGER



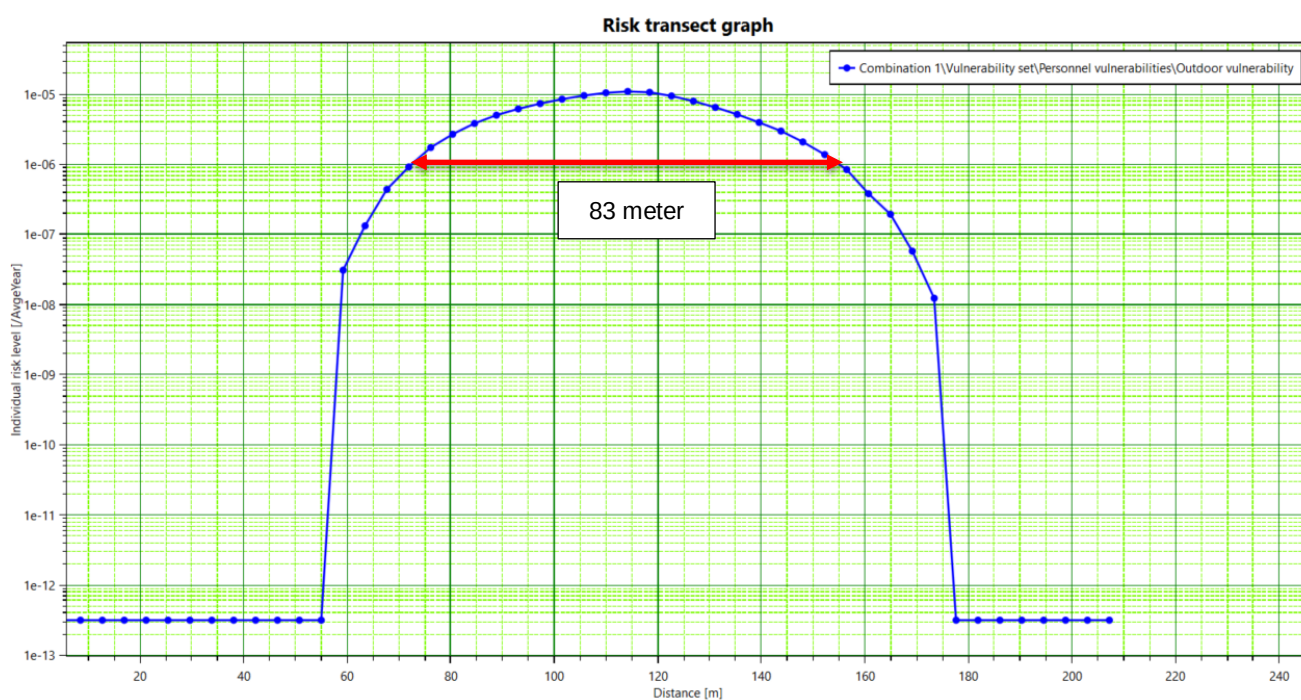
Figuur 11: PR waterstof bij windturbine blauw



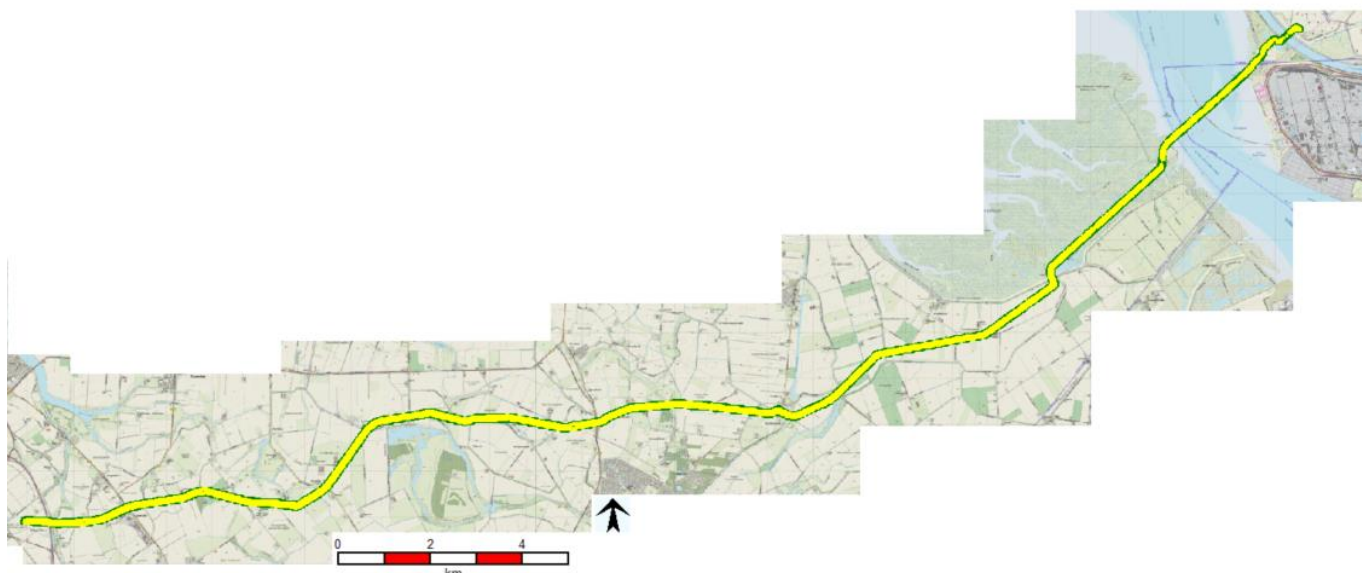
Figuur 12: PR waterstof bij windturbine blauw (risk transect)



Figuur 13: PR waterstof windturbine groen



Figuur 14: PR waterstof windturbine groen (risk transect)



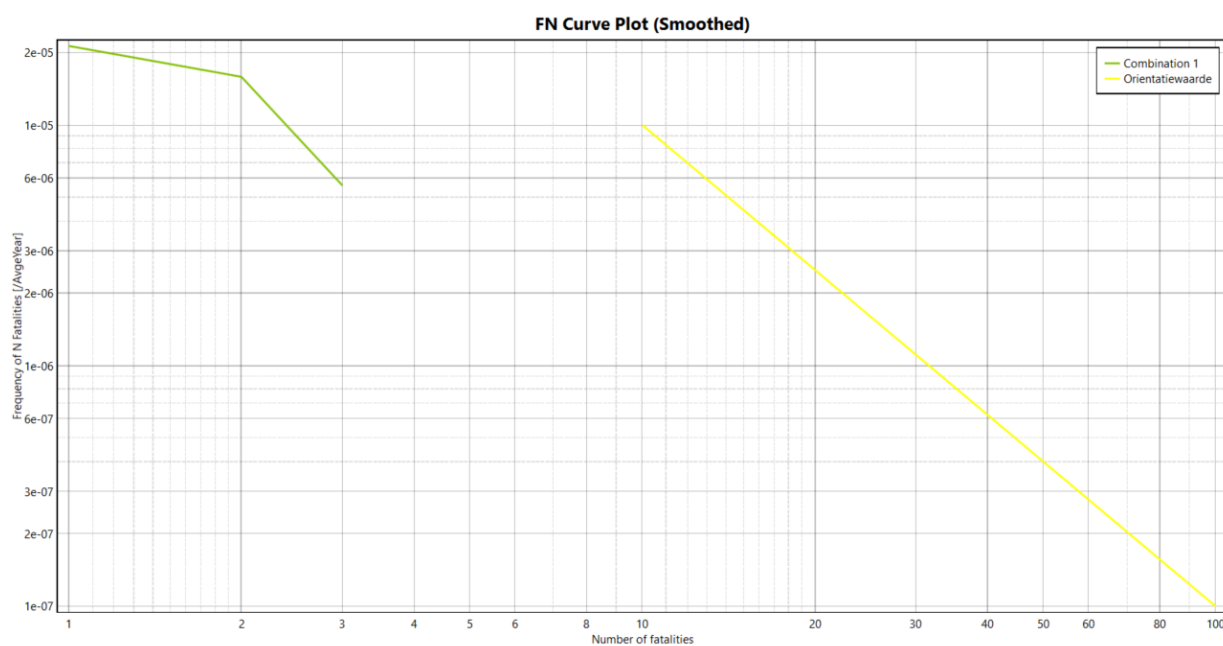
Figuur 15: PR waterstof na windturbine groen tot eind leiding tracé

De effectafstand van de waterstofleiding bedraagt 52 meter vanaf het hart van de leiding.

Voor het plaatsgebonden risico van de aftakkingen, wordt verwezen naar bijlage 1.

5.1.2 Groepsrisico (GR)

Op basis van de gehanteerde uitgangspunten is het groepsrisico (GR) berekend. Voor waterstof is het resultaat weergegeven in Figuur 16. De groepsrisicoberekening wijst uit dat er sprake is van maximaal 3 slachtoffers. Het aantal slachtoffers is minder dan 10 waardoor er geen sprake is van groepsrisico is zoals vermeld in de Bevb [3].



Figuur 16: GR berekend voor tracé bij Sluiskil en windturbine blauw (figuur 9)

Voor het groepsrisico van de aftakkingen, wordt verwezen naar bijlage 1.

5.2 Stikstof

5.2.1 Effectberekening

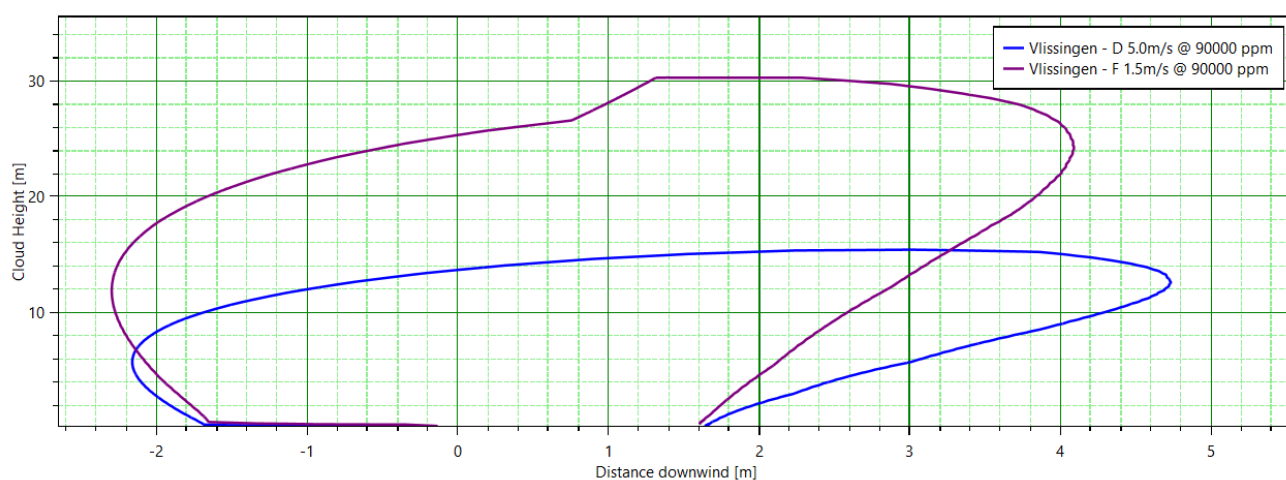
Voor de berekeningen is Safeti-NL 8.3 gebruikt met de geldende parameters zoals beschreven in Tabel 2. Voor stikstof wordt alleen gekeken naar de effectafstanden en niet naar de risico's, dus er worden geen populatiegegevens meegenomen in de analyse.

Twee windtypes, D5 en F1,5, worden gebruikt voor de berekening. Deze weertypes zijn representatief voor respectievelijk de dag- en de nachtsituatie in Nederland. De definities voor de twee weertypes staan gegeven in Tabel 13.

5.2.2 Effectafstanden

De effectafstanden voor stikstof voor beide weertypes is te vinden in Figuur 17. Hier is te zien dat de stikstofwolk een hoogte haalt van 30 meter gedurende de dag en 15 meter bij nacht voor de 90.000 ppm concentratie. De maximale effectafstand is 4,7 meter bij D5 (4,1 meter voor F1,5). Voor stikstof is dus de 1% letaliteit afstand 4,7 meter.

Vergeleken met de 10 kW contour van waterstof (1% letaliteit) is dit een veel kleinere afstand. De effectafstand van de waterstof 10 kW contour is 52 meter.



Figuur 17: Effectafstand voor stikstof bij weertype D5 en F1,5

Vanwege de zeer kleine effectafstanden kan met zekerheid gesteld worden dat aan de vereisten uit het Bevb voldaan wordt. Hiermee past het transport van stikstof binnen de huidige bestemming van de leiding. Dit geldt voor de gehele leiding, inclusief aftakkingen.

6 Conclusie en aanbevelingen

In dit hoofdstuk wordt de conclusie van de QRA van de betreffende buisleiding beschreven.

6.1 PR contouren

Het Bevb stelt dat:

- Het plaatsgebonden risico voor een kwetsbaar object, veroorzaakt door een buisleiding, niet hoger mag zijn dan 10^{-6} per jaar; voor beperkt kwetsbare objecten geldt dit als richtwaarde;
- De exploitant de aanleg of vervanging van een buisleiding zodanig uitvoert 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.

Voor het transporteren van stikstof kan direct gesteld worden dat de leiding aan de genoemde eisen in het Bevb voldoet, vanwege de zeer kleine effectafstanden.

Voor het transporteren van waterstof geldt dat voor het overgrote gedeelte van de leiding geen PR 10^{-6} contouren voorkomen. Bij de leidinggedeeltes rond de twee windturbines veroorzaken de windturbines zowel een PR 10^{-6} als een PR 10^{-5} contour. De PR 10^{-6} contouren liggen daar op een afstand van ca. 42 meter van de buisleiding.

Het leidingdeel en de risicocontour nabij windturbine blauw valt binnen twee verschillende bestemmingplannen, "Sluiskil Oost" en "Bedrijventerrein Koegorsstraat". Bij bestemmingsplan "Sluiskil Oost" geldt een bestemming bedrijventerrein en haven waarbinnen een gestelde 'veiligheidszone – leiding' is waarin geen kwetsbare of beperkte kwetsbare objecten gebouwd mogen worden.

Bij bestemmingsplan "Bedrijventerrein Koegorsstraat" is het gebied aangeduid als bedrijventerrein met een bestemmingsbeschrijving op de locatie van het leidingtracé, waarbij alleen direct boven de leiding restricties gelden. Op dit bedrijventerrein mogen geen kwetsbare objecten gevestigd zijn.

Voor het leidingdeel bij windturbine groen gelden ook twee verschillende bestemmingsplannen, namelijk "Bedrijventerrein Koegorsstraat" en "Buitengebied". Met betrekking tot bestemmingsplan "Bedrijventerrein Koegorsstraat" geldt hetzelfde als bij windturbine blauw. Voor het bestemmingsplan "Buitengebied" is het gebied aangemerkt als agrarisch waarin het leidingtracé aangegeven is met restricties op het leidingtracé.

Aangezien er geen kwetsbare objecten binnen de PR 10^{-6} contour zijn geprojecteerd en ook niet eerder aanwezig zijn in het kader van het overgangsrecht, wordt voldaan aan het Bevb.

6.2 Groepsrisico

De groepsrisicoberekening wijst uit dat er sprake is van maximaal 3 slachtoffers, waardoor er geen sprake is van een groepsrisico volgens het Bevb (geldt pas bij meer dan 10 slachtoffers).

6.3 Aanbevelingen

Opgemerkt wordt dat momenteel door het ministerie IenW gewerkt wordt aan een specifieke rekenmethodiek voor waterstof in leidingen met grote diameters. Mogelijk kan dit de resultaten beïnvloeden. Geadviseerd wordt de berekeningen daarop aan te passen indien deze rekenmethodiek in de toekomst beschikbaar en/of van kracht is.

Referenties

- [1] Besluit Externe Veiligheid Buisleidingen, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu, 24 juli 2010, Den Haag.
- [2] Regeling Externe Veiligheid Buisleidingen, nr. BJZ2010032478, Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 30 december 2010, Den Haag.
- [3] Handleiding Risicoberekeningen Bevb, Module D – Chemicaliënleidingen, versie 3.2, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, januari 2021, Bilthoven.
- [4] Handleiding Risicoberekeningen Bevi, versie 4.3, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, januari 2021, Bilthoven.
- [5] Safeti-NL, version 8.3.207.0, DNV Software London.
- [6] Handreiking Risicozonering Windturbines, Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, versie 1.3, september 2014.
- [7] Handleiding Omgevingsveiligheid Module IV, RIVM, oktober 2020.
- [8] Handreiking Verantwoordingsplicht Groepsrisico, versie 1.0, VROM, 2007.
- [9] Regeling externe veiligheid buisleidingen (Revb), Ministerie van VROM, 30 december 2010
- [10] Beschouwing van de impact van een vallende hoogspanningsmast op nabijgelegen gasleidingen, Deltares, aug 2014.

Bilfinger Tebodin Netherlands B.V.
Air Liquide Industrie B.V.
H₂/N₂ leiding Terneuzen

Ordernummer: T56185.00
Documentnummer: 3461001
Revisie: D
25 februari 2022
Pagina 30 / 31



BILFINGER

Bijlage 1 – QRA Aftakking H₂ leiding



Kwantitatieve Risico Analyse (QRA)

**DOW-Terneuzen: aansluiting op
waterstofleiding**

projectnummer 0472036.100
definitief revisie 00
7 september 2021

Kwantitatieve Risico Analyse (QRA)

DOW-Terneuzen: aansluiting op waterstofleiding

projectnummer 0472036.100
documentnummer 472036-QRA-01
definitief revisie 00
7 september 2021

Auteurs

Ir J. (Jelte) Janzen

Opdrachtgever

SGS Roos+Bijl
Nijverheidsweg 35
3161 GJ Rhoon (Nederland)

Colofon

Projectgroep bestaande uit

ir. J. (Jelte) Janzen
ir. D. (Dennis) Zandijk

Gecontroleerd:

ir. D. (Dennis) Zandijk

datum
7 september 2021

beschrijving
Definitief

vrijgave
J.L. de Jong b/a



Inhoudsopgave

Blz.

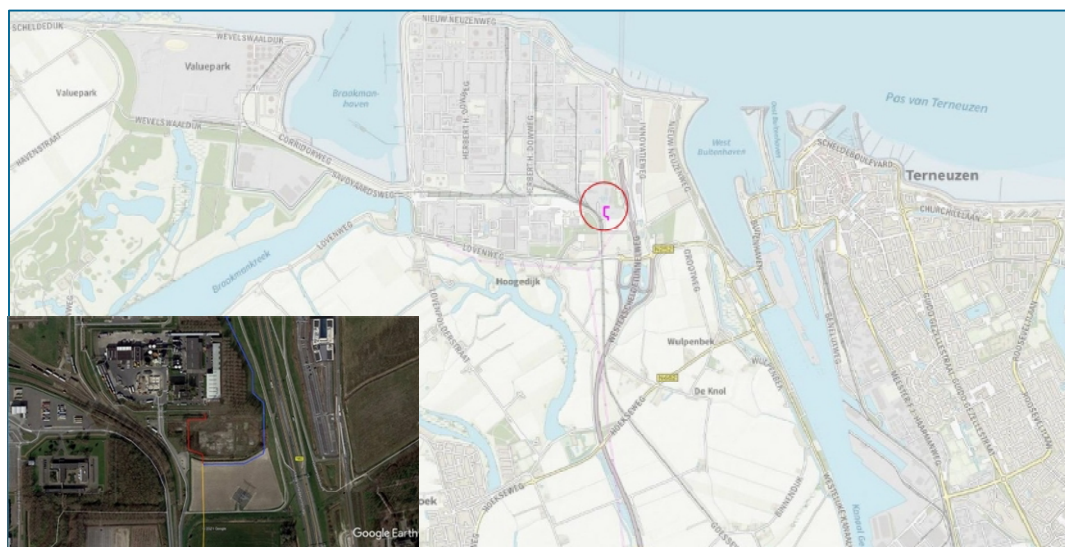
1	Inleiding	1
2	Toetsingskader buisleidingen	2
3	Uitgangspunten risicoberekening	4
3.1	Ligging van de leiding	4
3.2	Leidinggegevens	4
3.3	Omgeving van de leiding: functies en bestemmingen	5
3.4	Omgeving van de nieuwe leiding: bijzondere objecten	5
4	Modellering	6
4.1	Modellering: gegevens	6
4.2	Modellering: faalfrequentie	7
5	Rekenresultaten	10
5.1	Plaatsgebonden risico	10
5.2	Groepsrisico	12
6	Conclusie	16
6.1	Plaatsgebonden risico	16
6.2	Groepsrisico	16
6.3	Verantwoordingsplicht groepsrisico	16
7	Gebruikte documenten	17

Bijlage 1: Frequentieberekening

1 Inleiding

In de directe omgeving van DOW-Terneuzen loopt een bestaande ethyleenleiding welke zal worden omgebouwd tot een waterstofleiding. DOW-Terneuzen wenst op een specifiek punt een aansluiting op deze waterstofleiding. Daarvoor is het nodig dat een stuk waterstofleiding wordt gerealiseerd in openbaar gebied dat de verbinding vormt tussen aan de ene kant de aansluiting bij DOW en aan de andere kant de genoemde waterstofleiding. Zie figuur 1.1 en 3.1.

SGS Roos+Bijl is betrokken bij het ontwerp van deze verbindende waterstofleiding. Ten behoeve van de ruimtelijk inpassing heeft SGS Roos+Bijl aan Antea Group gevraagd de externe veiligheidssituatie van deze nieuw te realiseren waterstofleiding door middel van een QRA inzichtelijk te maken.



Figuur 1.1: globale ligging van de nieuw aan te brengen waterstofleiding (rode cirkel, roze lijn) en rode lijn in de uitsnede.

De nieuw te leggen leiding heeft een lengte van circa 173 m.

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt het toetsingskader van buisleidingen beschreven. In hoofdstuk 3 wordt de ligging van de buisleidingen en de omgeving beschreven. Tevens worden de uitgangspunten van de leiding besproken welke nodig zijn voor het modelleren. In hoofdstuk 4 wordt de modellering toegelicht. In hoofdstuk 5 worden de rekenresultaten gegeven. In hoofdstuk 6 volgt de conclusie.

2 Toetsingskader buisleidingen

Externe veiligheid beschrijft de risico's die ontstaan als gevolg van opslag of handelingen met gevaarlijke stoffen. Dit kan betrekking hebben op inrichtingen (bedrijven) of transportroutes. Op beide categorieën is verschillende wet- en regelgeving van toepassing. Voor inrichtingen is het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi) het relevante beleidskader, voor buisleidingen is dit het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb). Het beleid voor bovengrondse transportmodaliteiten zoals weg-, trein- of scheepsvervoer staat in het Besluit externe veiligheid transportroutes (Bevt).

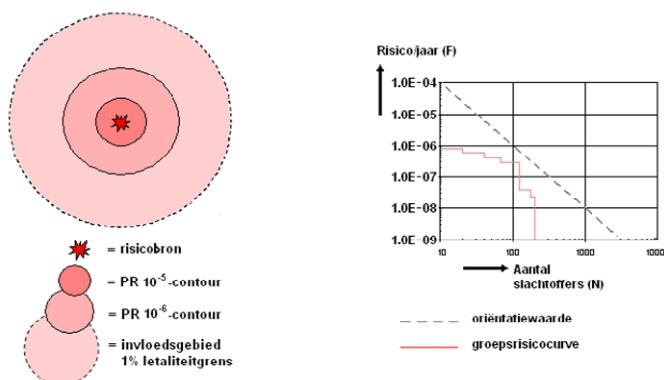
Binnen het beleidskader voor externe veiligheid staan twee kernbegrippen centraal: Het plaatsgebonden risico en het groepsrisico. Hoewel beide begrippen onderlinge samenhang vertonen, zijn er belangrijke verschillen. Hieronder worden beide begrippen verder uitgewerkt.

Plaatsgebonden Risico (PR)

Het plaatsgebonden risico (PR) geeft de kans, op een bepaalde plaats, om te overlijden ten gevolge van een ongeval bij een risicovolle activiteit. De kans heeft betrekking op een fictief persoon die de hele tijd op die plaats aanwezig is. Het PR kan op de kaart van het gebied worden weergegeven met zogeheten risicocontouren: lijnen die punten verbinden met eenzelfde PR. Binnen de 10^{-6} /jaar-contour (die als wettelijk harde norm fungeert) mogen geen nieuwe kwetsbare objecten geprojecteerd worden of aanwezig zijn. Voor beperkt kwetsbare objecten geldt de 10^{-6} /jaar-contour niet als grenswaarde, maar als een richtwaarde.

Groepsrisico (GR)

Het groepsrisico (GR) is een maat voor de kans dat bij een ongeval een groep slachtoffers valt met een bepaalde omvang. Het GR is daarmee een maat voor de maatschappelijke ontwrichting bij een calamiteit. Het GR wordt bepaald binnen het invloedsgebied van een risicovolle activiteit. Dit invloedsgebied wordt begrensd door de 1% letaliteitsgrens (tenzij anders bepaald): de afstand waarop nog 1% van de blootgestelde mensen in de omgeving komt te overlijden bij een calamiteit met gevaarlijke stoffen. Het GR kan niet 'op de kaart' worden weergegeven, maar wordt weergegeven in een grafiek, waar de kans (f) afgezet wordt tegen het aantal slachtoffers (N): de fN-curve.



Figuur 2.1: Weergave plaatsgebonden risicocontouren, invloedsgebied en groepsrisicografiek oriëntatiewaarde voor transport.

Verantwoordingsplicht

In het Bevi, het Bevb en het Bevt is een verplichting tot verantwoording van het groepsrisico opgenomen. Bij deze verantwoordingsplicht dient het bevoegd gezag op een juiste wijze de toename en ligging van het groepsrisico te onderbouwen en te verantwoorden. Hierbij geeft het bevoegd gezag aan of het groepsrisico in de betreffende situatie aanvaardbaar wordt geacht. Bij

de verantwoording van het groepsrisico dient het bevoegd gezag advies in te winnen bij de veiligheidsregio. De verantwoordingsplicht van het groepsrisico dient naast de rekenkundige hoogte van het groepsrisico, dat berekend wordt door middel van een kwantitatieve risicoanalyse (QRA), tevens rekening te houden met een aantal kwalitatieve aspecten, zoals hieronder weergegeven.

Verplichte en onmisbare onderdelen:	
A	Ligging GR t.o.v. oriënterende waarde
B	Toename GR t.o.v. nulsituatie
C	De mogelijkheden van zelfredzaamheid van de bevolking
D	De mogelijkheden van hulpverlening
E	Nut en noodzaak van de ontwikkeling
F	Het tijdsaspect

Figuur 2.2: Verplichte en onmisbare onderdelen van de verantwoordingsplicht van het groepsrisico.

Rekenmethodiek

Zoals reeds genoemd vallen buisleidingen onder het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb). Hierin is opgenomen dat gebruik gemaakt moet worden van de Handleiding Risicoberekeningen Buisleidingen (waarin de rekenmethodiek is vastgelegd). In dit geval valt de buisleiding onder module D: buisleidingen met chemicaliën.

De nu van toepassing zijnde Rekenmethodiek Bevb schrijft het gebruik van het volgende voor:

- Handleiding Risicoberekeningen Bevb, versie nr. 3.1, uitgave 1 april 2020;
- Safeti-NL versie nr. 8 uitgave 2019.

In dit rapport zijn de berekeningen uitgevoerd conform bovenstaande nieuwe rekenmethodiek:

- Handleiding risicoberekeningen Bevb versie 3.1 d.d. 1 april 2020¹.
- Safeti-NL 8.3 uitgave 2020.

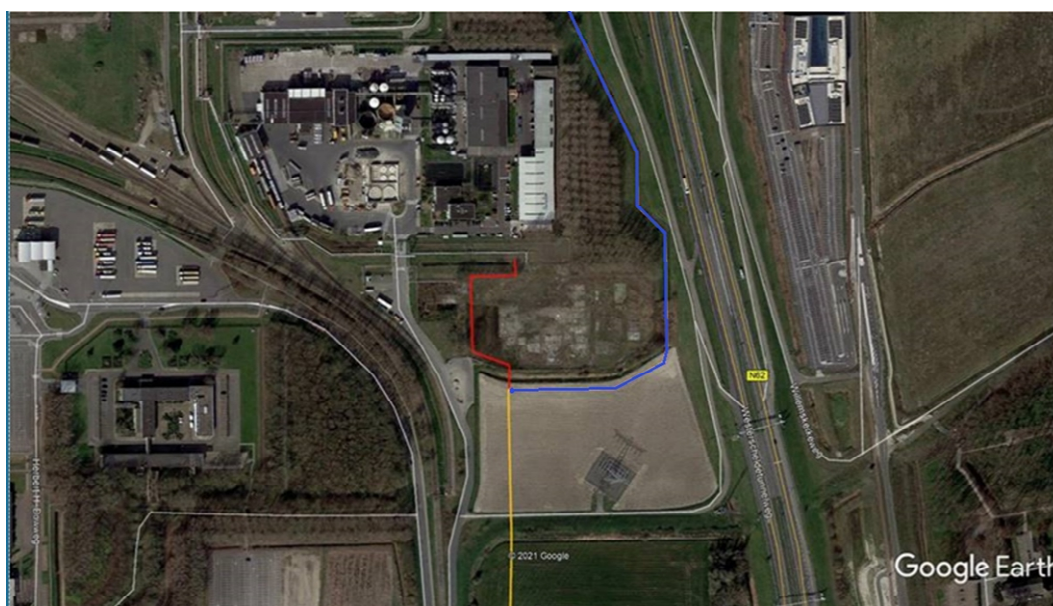
¹ De meest recente versie van de rekenmethodiek betreft de versie 3.1 van 1 april 2020. Strikt formeel is dit niet de versie waarnaar de Revb verwijst.

3 Uitgangspunten risicoberekening

In dit hoofdstuk zijn de ligging en kenmerken van de leiding behandeld. De ligging en de kenmerken van de leiding zijn uitgangspunten van de QRA.

3.1 Ligging van de leiding

De leiding is gelegen in Terneuzen, direct naast de inrichting van DOW. Het betreft een bestaande leiding waar tot voor kort ethyleen in werd vervoerd. Het deel van de oorspronkelijke ethyleenleiding dat in onderstaande figuur blauw is getekend wordt afgedopt en niet langer gebruikt. Het stuk leiding dat in geel is getekend, wordt benut voor het vervoer van waterstof: het is deze leiding waarop het verbindende leidingstuk van DOW (in rood) op aansluit.



Figuur 3.1: ligging van de leiding (rood). De gele leiding is een bestaande leidingen waarop de rode wordt aangesloten.

3.2 Leidinggegevens

Voor de berekening is een aantal gegevens nodig zowel voor het nieuw aan te leggen leidingstuk als van het stuk van de bestaande leiding waarop wordt aangesloten. In de onderstaande tabel zijn de leidinggegevens van beide leidingenstukken weergegeven, waar nodig aangevuld met andere gegevens nodig voor de berekening van het plaatsgebonden risico en groepsrisico.

Tabel 3-1: Gegevens voor berekening plaatsgebonden risico en groepsrisico ondergrondse buisleidingen

Parameter	Eenheid	Waterstofleiding Variant nr. 1 (Verbindingsstuk)	Waterstofleiding Variant nr. 2 (Deel waarop aangesloten wordt)
Stof	-	Waterstof 100%	Waterstof 100%
Inwendige diameter	mm/inch	168,3/6,87	168,3/6,87
Wanddikte	mm	9,5	onbekend
Ontwerpdruk	barg	100	100
Maximale werkdruk	barg	97	97
Gebruikelijk debiet door de leiding	kg/s Nm ³	0,97 40.000	0,97 40.000
Richting van de stroming		Noord-> Zuid	Noord->Zuid

		Van DOW (Terneuzen) naar BASF (Zandvliet)	Van DOW (Terneuzen) naar BASF (Zandvliet)
Diepteligging cq. gronddekking (gemeten vanaf bovenkant leiding tot aan maaiveld)	[m]	1,2	Minimaal 1,5
Materiaal waaruit de grond bestaat	[-]	Zand en klei	Zand en klei
Stand der techniek maatregelen van toepassing?	[-]	Ja, alle	Ja, alle
Lengte van het leidingdeel dat bestudeerd wordt in deze QRA	[km]	0,173	Meer dan 43
Totale lengte van de gehele waterstof voerende leiding inclusief aanvoer en afvoer delen	[km]	Meer dan 45,173 km	Meer dan 43 km
-leiding lengte voor eerste punt nieuwe leiding (op terrein DOW)	[km]	2,0 km (schatting)	
-leiding lengte na laatste punt nieuwe leiding	[km]	Meer dan 43 km	
Veiligheidsmaatregelen		Diepte 1,2 m Waarschuwingslint Mech. Inline inspection en < 30 SMYS Inwendig. Corr: Niet corrosief tov leiding Uitwend.Corr: inline Inspection Natuurlijke oorz. Red. uitgesl.	Diepte 1,5 m Deze leiding is Piggable: Mech: Inline Inspection Inwend. Corr.: Niet corrosief tov leiding Uitwend. Corr: Inline Inspection Natuurlijke oorz. Red. uitgesl.
Fractie jaar gebruik	%	100	100

3.3 Omgeving van de leiding: functies en bestemmingen

Deze leiding is gelegen in de directe nabijheid van DOW-Terneuzen.

De bestemmingen in de directe omgeving van de nieuwe leiding betreffen:

- Agrarisch;
- Groen;
- Bedrijventerrein A (categorie 5.1);
- Bedrijventerrein B;
- Verkeer;
- Leidingstrook.

3.4 Omgeving van de nieuwe leiding: bijzondere objecten

Windturbines

In de handleiding risicoberekeningen Bevb, module D Chemicaliënleidingen is aangegeven dat de invloed van windturbines dient te worden meegenomen in de beoordeling van de veiligheid van de leidingen.

De meest nabije windturbines zijn gelegen op een afstand van 5.700 m. Deze afstand is te groot voor een substantiële beïnvloeding.

Vliegvelden

Het meest nabije vliegveld is het vliegveld Woensdrecht: dit is gelegen op bijna 40 km: de planlocatie is echter niet gelegen onder een aanvliegeroute. Daarom zijn er geen additionele faalfrequenties van toepassing.

4 Modelling

In dit hoofdstuk is de modellering volgens Handleiding Risicoberekeningen Bevb, versie 3.1 (d.d. 1 april 2020) behandeld.

4.1 Modellering: gegevens

Waterstof

De leiding bevat 100% waterstof. Waterstof is een bijzondere stof: het brandt met een vrijwel onzichtbare vlam. Door het ontbreken van roet in de vlam zendt de vlam relatief weinig straling uit: daarentegen zijn de afgassen zeer heet. De ontstekingsenergie van waterstof is zeer laag: er is discussie over de ontstekingskansen van waterstofuitstromingen. In zijn algemeenheid wordt aangenomen dat de uitstroming bij hoge drukken (zoals hier het geval) een turbulentie veroorzaakt met voldoende energieverdichtingen om het waterstof spontaan tot ontsteking te brengen. De rekenmethodiek gaat ook uit van een ontstekingskans van 1.

In het rekenmodel is uitgegaan van 100% waterstof.

In onderstaande tabellen is een aantal modelleringsaspecten opgenomen van het verbindende leidingstuk van 173 m. De modellering van het leidingstuk waarop wordt aangesloten (gele leiding in figuur 3.1) is vrijwel identiek. In de tekst onder de tabellen is aangegeven op welke punten deze leiding afwijkt van het verbindende lijnstuk van 173 m.

Tabel 4-2: Modelleringsgegevens tabel 1

Modelleringsparameter	Eenheid	Waterstofleiding (verbinding)	In rekenmodel opgenomen
Stof	-	Waterstof 100%	Waterstof 100%
Inwendige diameter	mm/inch	168,3/6,62	168,3/6,62
Ontwerpdruk	barg	100	Niet van toepassing
Maximale werkdruk	Barg	97	97
Gebruikelijk debiet door de leiding	Kg/s	0,97	0,97
Materiaal waaruit de grond bestaat	[-]	Klei en zand	Mix
Stand der techniek maatregelen van toepassing?	[-]	Ja	Ja
Totale lengte van de gehele leiding inclusief aanvoer en afvoer	[km]	45,173	45,173
-voor eerste punt nieuwe leiding	[km]	2	2
-lengte nieuwe leiding	[km]	0,173	0,173
-na laatste punt nieuwe leiding		43	43
Kenmerken aanvoerende leiding			Identiek verondersteld aan die van de verbindende leiding
Kenmerken afvoerende leiding			Zie tabel 3.1: Diepteligging Beheersmaatregelen en faalfrequentie zijn anders.
Veiligheidsmaatregelen		Zie paragraaf hierna	Zie paragraaf hierna
Diepteligging	m-mv [m]	1,2	1,2
Fractie jaar gebruik	%	100	100

Tabel 4-3: Modelleringsgegevens tabel 2

Modelleringsparameter	Eenheid	In rekenmodel opgenomen
Relevant scenario	[-]	Breuk van de buisleiding Lek van de buisleiding 10% max 20 mm: 10% van 168,3 = 16,8 mm

Hoe te modelleren ?	[-]	Breuk: Long pipeline model Lek: Long pipeline model
Ontstekingskans	[-]	Breuk: 1 Lek: 1
Krater	[-]	Breuk: ja Lek ² : Ja
Materiaal van de grond		Mix
Diepteligging	[m]	1,2
Richting uitstroming	[-]	Breuk: Verticaal Lek: Verticaal
Ruwheidswaarde van de buisleiding	[µm]	45 (default)
Relevant interval voor berekening effecten	[s]	0 tot 20 (default)

Afvoerende leiding

De afvoerende leiding ligt in zijn algemeenheid dieper dan 1,5 m. De geringste dekking die voorkomt is 1,5 m. Daarom is uitgegaan van deze diepteligging. Een waarschuwingsslint is niet aangebracht. Daarnaast is de leiding niet uitgelegd op een design waarin minder dan 30% SMYS stress wordt veroorzaakt in de leiding: daarentegen kan de leiding wel gepigged worden, zodat als beheersmaatregelen toegepast (kunnen) worden:

- Mechanische faaloorzaken voorkomen m.b.v. inline inspectie;
- Faaloorzaken als gevolg van inwendige corrosie voorkomen m.b.v. inline inspectie;
- Faaloorzaken als gevolg van uitwendige corrosie voorkomen m.b.v. inline inspectie.

Bij de faaloorzaken van inwendige corrosie is echter gekozen voor de instelling dat het medium volledig niet corrosief is voor de leiding. Dit leidt tot een grotere reductie in de faalkans dan het doen van inline inspection.

4.2 Modellerings: faalfrequentie

Het vaststellen van de faalfrequentie van de leiding vindt plaats in drie stappen:

- Faalfrequentie niveau 1 is altijd van toepassing. Het is een basisfrequentie.
- Faalfrequentie niveau 2: deze faalfrequentie is van toepassing wanneer diverse maatregelen van de stand der techniek van toepassing zijn.
- Faalfrequentie niveau 3: additioneel op de stand der techniek maatregelen zijn er extra veiligheidsverhogende maatregelen mogelijk.

In het hier onderstaande wordt dit toegelicht.

Faalfrequenties niveau 1

De faalfrequenties voor gastransportleidingen gelden voor de leiding inclusief de verbindingen, zoals flenzen, lassen en kleppen en exclusief pompen. Volgens de Hari Bevb Module D [1] is de volgende faalfrequentie van toepassing wanneer geen aanvullende gegevens van de leiding bekend zijn (niveau 1 faalfrequentie):

- Breuk van de leiding: $1,5 \times 10^{-4}$ /km.j.
- Lek van de leiding: $4,5 \times 10^{-4}$ /km.j.

Deze faalfrequentie is opgedeeld in een aantal afzonderlijke faaloorzaken. Zie onderstaande tabel.

² De Handleiding is niet specifiek over de vraag of een kratermodel gebruikt moet worden bij het scenario breuk en lek of alleen bij breuk. Er zijn argumenten aanwezig die ervoor pleiten dat het kratermodel alleen gebruikt moet worden bij het scenario breuk. Toch hebben we in dit geval het kratermodel ook gebruikt voor lek, om discussie te voorkomen.

Tabel 4-4: Faalfrequentie van een buisleiding (niveau 1).

Faaloorzaak	Breukfrequentie [1/j.km]	Breuk: Aandeel [%]	Lekfrequentie [1/j.km]	Lek: Aandeel [%]
Beschadiging door derden	$7,19 \times 10^{-5}$	47,9	$9,86 \times 10^{-5}$	21,9%
Mechanische oorzaken	$3,23 \times 10^{-5}$	21,5	$1,45 \times 10^{-4}$	32,2%
Inwendige corrosie	$5,71 \times 10^{-6}$	3,8	$4,40 \times 10^{-5}$	9,8%
Uitwendige corrosie	$1,72 \times 10^{-5}$	11,5	$1,32 \times 10^{-4}$	29,3%
Natuurlijke oorzaken	$9,15 \times 10^{-6}$	6,1	$1,35 \times 10^{-5}$	3,0%
Operationeel/Overige oorzaken	$1,38 \times 10^{-5}$	9,2	$1,71 \times 10^{-5}$	3,8%
Totaal	$1,5 \times 10^{-4}$	100	$4,5 \times 10^{-4}$	100

Faalfrequenties niveau 2

Met betrekking tot het nieuw aan te leggen leidingstuk dat het onderwerp is van deze QRA zijn alle 'stand der techniek' maatregelen van toepassing. Dit betekent dat de faalfrequentietabel anders wordt: namelijk:

Tabel 4-5: Faalfrequentie van een buisleiding (niveau 2).

Faaloorzaak	Breukfrequentie [1/j.km]	Breuk: Aandeel [%]	Lekfrequentie [1/j.km]	Lek: Aandeel [%]
Beschadiging door derden	$1,77 \times 10^{-5}$	47,9%	$2,63 \times 10^{-5}$	21,9%
Mechanische oorzaken	$7,96 \times 10^{-6}$	21,5%	$3,86 \times 10^{-5}$	32,2%
Inwendige corrosie	$1,41 \times 10^{-6}$	3,8%	$1,17 \times 10^{-5}$	9,8%
Uitwendige corrosie	$4,25 \times 10^{-6}$	11,5%	$3,52 \times 10^{-5}$	29,3%
Natuurlijke oorzaken	$2,26 \times 10^{-6}$	6,1%	$3,60 \times 10^{-6}$	3,0%
Operationeel/Overige oorzaken	$3,40 \times 10^{-6}$	9,2%	$4,56 \times 10^{-6}$	3,8%
Totaal	$3,70 \times 10^{-5}$	100%	$1,20 \times 10^{-4}$	100%

Faalfrequenties niveau 3

Aanvullend op de faalfrequentie van niveau 2 zijn er een aantal veiligheidsmaatregelen van toepassing. Het betreft:

Diepteligging:

De referentie diepteligging van de rekenmethodiek bedraagt 0,84 m. Leidingen die dieper liggen krijgen een correctie op de faalfrequentie waardoor de faalfrequentie afneemt. Leidingen die minder diep liggen krijgen een correctie die ertoe leidt dat de faalfrequentie hoger wordt. De formule die deze correctie beschrijft is onderstaand weergegeven:

$$\text{Faalfrequentie}_{\text{beschadiging door derden, gecorrigeerd}} = \text{Faalfrequentie}_{\text{beschadiging door derden}} / e^{-2,4 \times (0,84 - z)}$$

Waarbij z = diepteligging (m).

Aangegeven is dat de leiding een minimale diepteligging heeft van 1,2 m of meer. In dit rapport gaan we ervan uit dat de leiding een diepteligging heeft van 1,2 m. Dit betekent dat er een correctie op de faalfrequentie van toepassing is:

$$\text{Breuk: Faalfrequentie}_{\text{beschad. derd, gecorr.}} = 1,77 \times 10^{-5} / e^{-2,4 \times (0,84 - 1,2)} = 1,77 \times 10^{-5} / 2,37 = 7,468 \times 10^{-6}$$

$$\text{Lek: Faalfrequentie}_{\text{beschad. derd, gecorr.}} = 2,63 \times 10^{-5} / e^{-2,4 \times (0,84 - 1,2)} = 2,63 \times 10^{-5} / 2,37 = 1,109 \times 10^{-5}$$

Als eenheid voor dit getal geldt: 1/km.j.

Andere veiligheidsverhogende maatregelen (leiding stuk 173 m)

- Waarschuwingsslint welke wordt meebegraven boven de leiding;
- Maximum stress in de leiding blijft beneden 30% SMYS of er vindt een Inline inspectie plaats
- Inwendige corrosie: buismateriaal is inherent niet corrosief t.o.v. waterstof;
- Uitwendige corrosie: er vindt een inline inspectie plaats;

- Natuurlijke oorzaken: kunnen redelijkerwijs worden uitgesloten.

De resulterende faalfrequentie voor het leidingstuk van 173 m bedraagt (zie bijlage 1 voor een berekening):

Breuk: $9,31 \times 10^{-6}$ 1/j.km

Lek: $1,89 \times 10^{-5}$ 1/j.km.

De faalfrequentie van het leidingstuk waarop aangesloten wordt (gele leiding):

Breuk: $8,478 \times 10^{-6}$ /j.km

Lek: $1,7696 \times 10^{-5}$ /j.km.

5 Rekenresultaten

De berekeningen zijn uitgevoerd met het rekenprogramma Safeti-NL versie 8.3. Gevolgd is het Rekenprotocol Handleiding Risicoberekeningen Bevb module D - Chemicaliën leidingen (d.d. 1 april 2020.). Als meteobestand is gebruikt het meteobestand van Vlissingen. De berekeningen zijn uitgevoerd conform de uitgangspunten in hoofdstuk 4. Er is een oppervlakteruwheid van 0,1603 m gebruikt. Deze is opgebouwd uit de volgende componenten: zie tabel 5.1.

Tabel 5.1: de vier punten in de omgeving van de leiding waarvan de oppervlakte ruwheid is afgeleid.

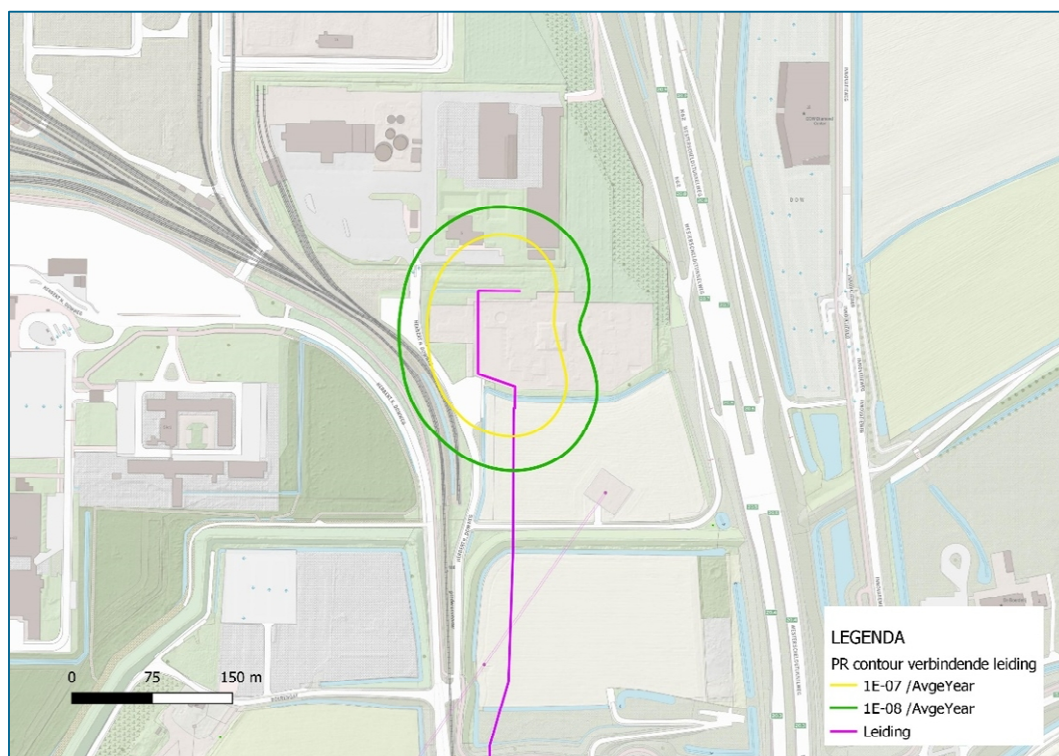
Coördinaat in de omgeving van de leiding X	Coördinaat in de omgeving van de leiding Y	Oppervlakteruwheid volgens Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland (LGN5+)
44.000	373.000	0,256
44.000	372.000	0,198
45.000	373.000	0,017
45.000	372.000	0,170
Gemiddelde		0,1603

5.1 Plaatsgebonden risico

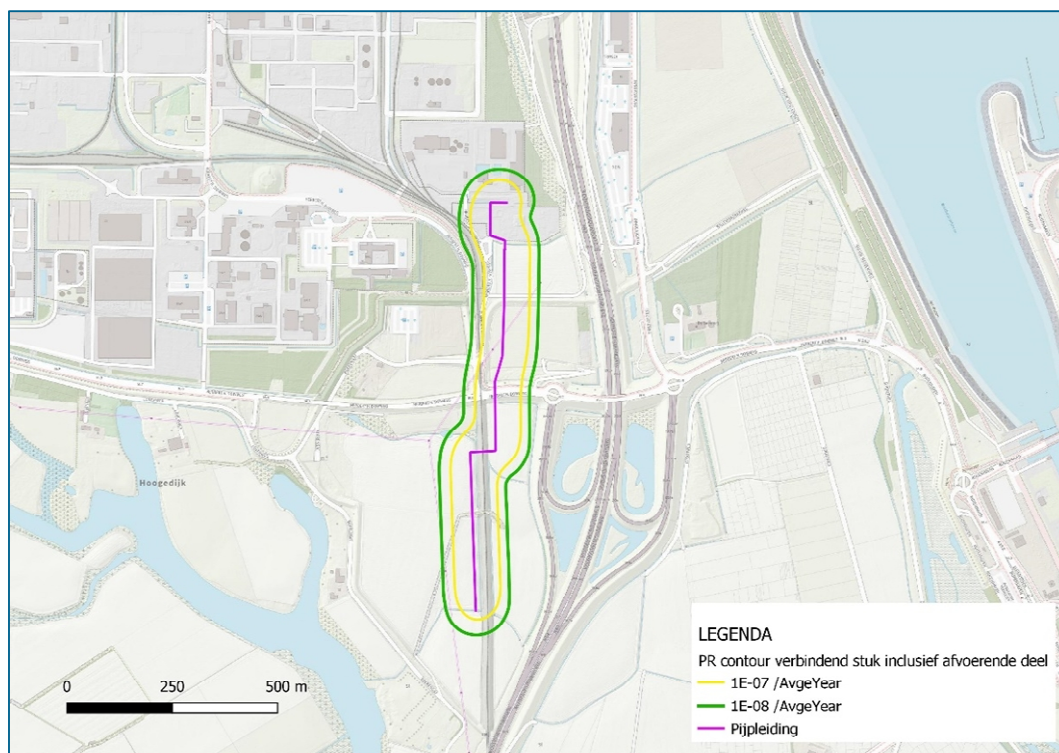
In onderstaande figuur is het plaatsgebonden risico gepresenteerd. Gepresenteerd zijn twee situaties:

- 1): de situatie waarin alleen de verbindende, nieuw aan te leggen leiding in de berekening is gebracht;
- 2): de situatie waarin naast de nieuw aan te leggen leiding, ook de afvoerende leiding in de berekening is gebracht.

De reden dat ook de leiding waarop is aangesloten in de plaatsgebonden risicoberekeningen wordt betrokken heeft te maken met het feit dat 173 m een relatief geringe afstand is: wanneer het effect gebied van een scenario een zelfde orde grootte heeft, zal extra leiding lengte tot een toename van het PR van de gehele of een groot deel van 173 m leiding aanleiding geven. Dus om verrassingen te voorkomen zijn beide situaties in beeld gebracht.



Figuur 5.1: plaatsgebonden risico van de nieuw aan te leggen leiding (zonder afvoerende leiding).



Figuur 5.2: plaatsgebonden risico van de nieuw aan te leggen leiding (inclusief afvoerende leiding).

Toetsing aan Bevb:

Het leidingstuk dat beoordeeld wordt (het nieuw aan te leggen leidingstuk) bevat geen 10^{-6} /jaar contour: dit volgt uit beide figuren (5.1 en 5.2). Er zijn twee toetscriteria:

- Er mogen geen kwetsbare objecten aanwezig zijn of kunnen zijn binnen de 10^{-6} /jaar contour;
- De 10^{-6} /jaar contour dient binnen 5 m van de leiding te liggen;

Aan beide toetscriteria is voldaan. Er is voldaan aan het Bevb.

5.2 Groepsrisico

Om een groepsrisico te kunnen berekenen moet bevolking in het rekenmodel gebracht worden. De afstand tot aan waar bevolking in het model gebracht dient te worden, wordt bepaald door de grootste 1% letaliteitsafstand: deze bedraagt 93 m vanaf de buisleiding gemeten. Dit betreft het scenario breuk van de leiding bij weergesteldheid D9.

In Figuur 5.3 is het invloedgebied gegeven. De bestemmingsplannen die van toepassing zijn geven de bestemmingen welke mogelijk zijn binnen het invloedsgebied.

De volgende bestemmingsplannen zijn relevant voor deze berekening:

- Beheersverordening DOW, Mosselbanken, Logistiek Park, 1^e Wijziging, Waterstofgasleiding, vastgesteld op 15 maart 2018.
- Buitengebied, vastgesteld op 25 juni 2013.

De volgende bestemmingen zijn in het invloedsgebied aanwezig:

- Leidingen (leidingstroken) en groen;
- Bedrijventerrein A;
- Bedrijventerrein B;
- Agrarisch;
- Verkeer.

Bedrijventerrein A en B (en leidingen)

De bevolking is grofmazig in de berekening gebracht: de nieuw aan te leggen leiding (173 m) ligt in een gebied waarin diverse leidingstroken zijn aangebracht in een omgeving waar tevens een Bedrijventerrein A is gespecificeerd. De bestemming leidingstroken heeft een grillige ingewikkelde vorm: de bestemming leidingstroken is daarom genegeerd: alles is opgevat als Bedrijventerrein A. Daarnaast komt het invloedsgebied over een perceel met bestemming Bedrijventerrein B. Voor beide bestemmingen is aangehouden een bezetting van 40 personen per hectare met een aanwezigheid van 100% in de dag en 20% in de nacht.

Leidingen

Percelen met de bestemming leidingen zijn genegeerd: deze zijn ingevuld als bedrijventerrein A (zie voorgaande beschrijving).

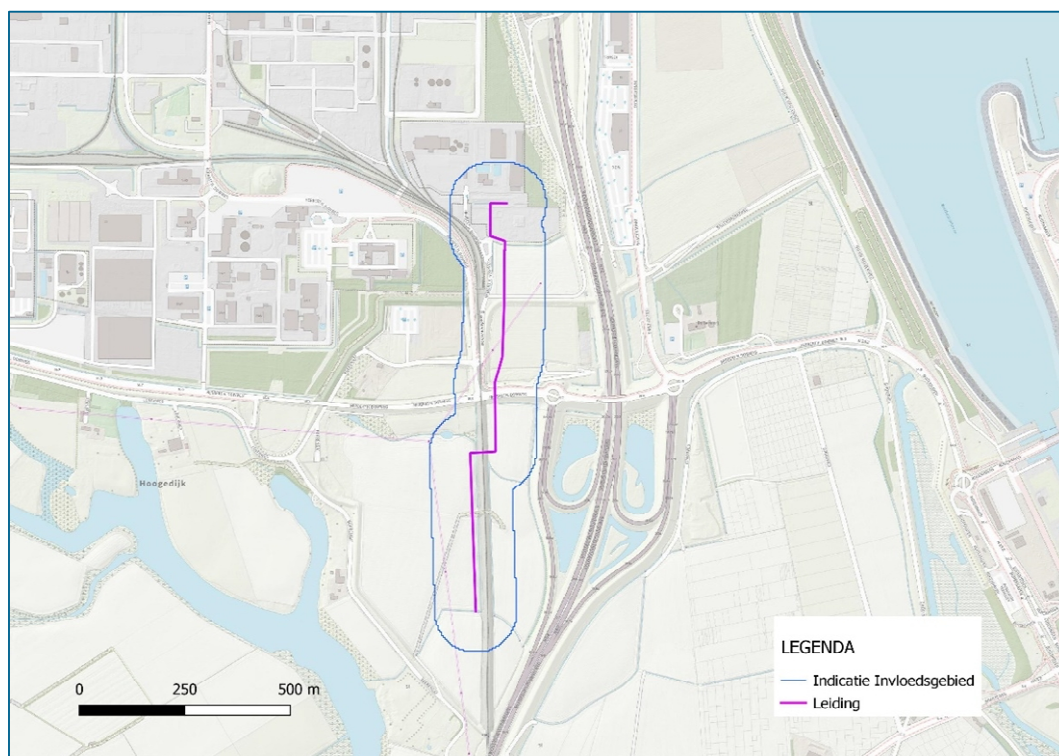
Agrarisch

Percelen met de bestemming agrarisch zijn voorzien van bevolking met het uitgangspunt 1 persoon per hectare met een aanwezigheid van 100% in de dag en 100% in de nacht.

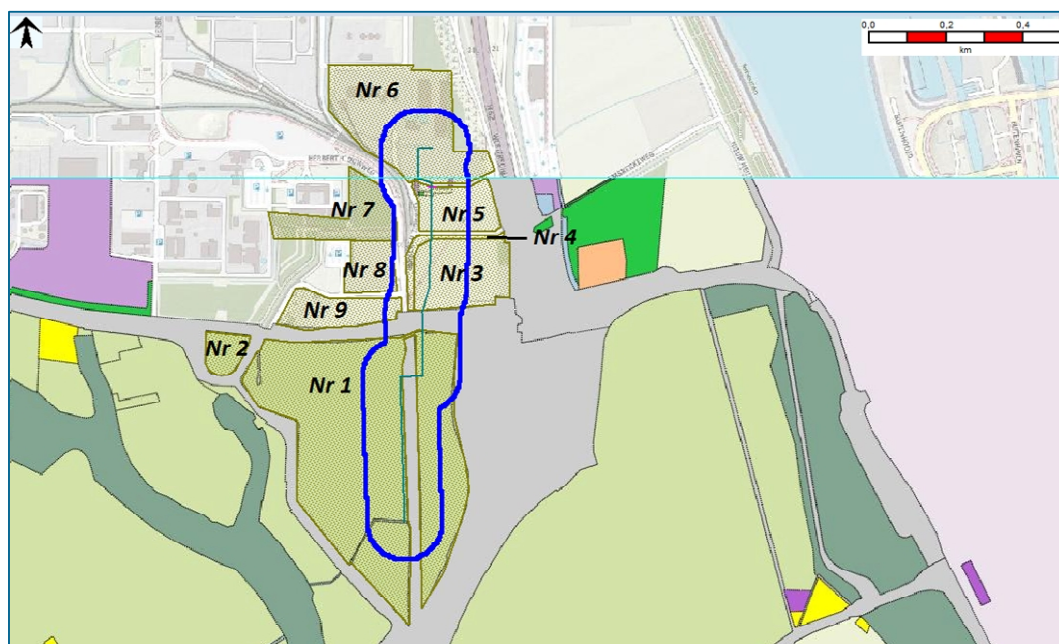
Verkeer

Percelen met de bestemming verkeer zijn niet gewaardeerd met een personendichtheid.

Zie figuur 5.4 en tabel 5.2.



Figuur 5.3: invloedsgebied van de leiding.



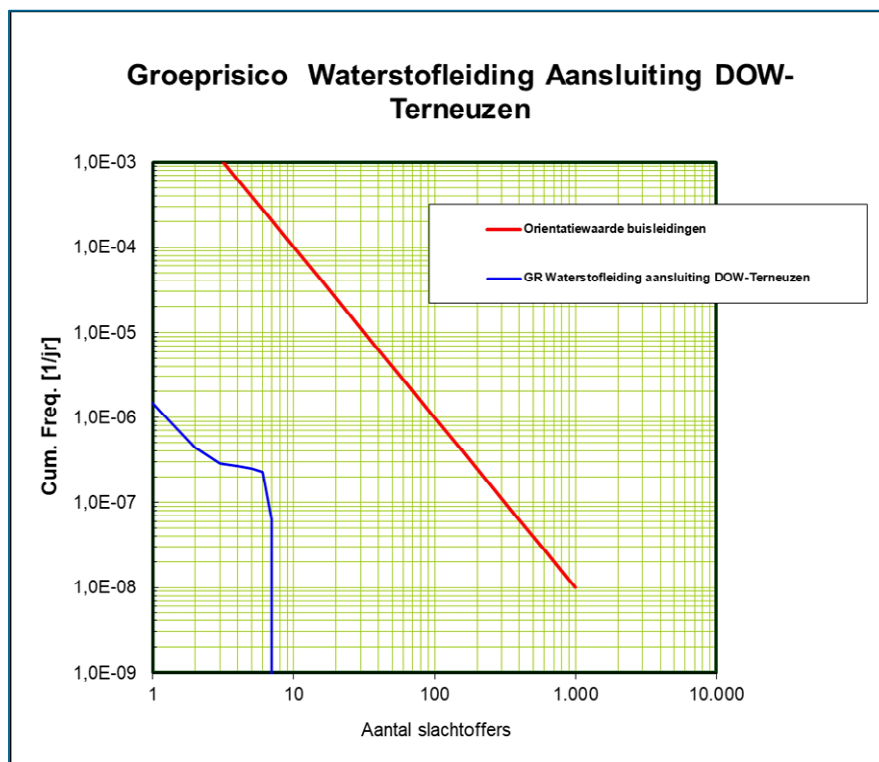
Figuur 5.4: bevolkingsvlakken in het invloedsgebied van de leiding.

Tabel 5.2: Gegevens van de bevolkingsvlakken.

Nr	Bestemming	Oppervlak [ha]	Kental	Eenheid kental	Aantal aanwezigen	Aanwezigheid dag	Aanwezigheid dag	Bevolking dag	Bevolking nacht
Nr 1	Agrarisch	25,3	1	Pers/ha	25,3	100%	100%	25,3	25,3
Nr 2	Agrarisch	1,00	1	Pers/ha	1,0	100%	100%	1,0	1,0
Nr 3	Agrarisch	4,2	1	Pers/ha	4,2	100%	100%	4,2	4,2
Nr 4	Groen	0,65	0	Pers/ha	0	100%	100%	0	0
Nr 5	Agrarisch	2,45	1	Pers/ha	2,45	100%	100%	2,45	2,45
Nr 6	Bedrijf A	8,4	40	Pers/ha	337	100%	20%	337	67,4
Nr 7	Groen	3,08	0	Pers/ha	0	100%	100%	0	0
Nr 8	Bedrijf B	1,58	40	Pers/ha	63,6	100%	20%	63,6	12,7
Nr 9	Agrarisch	2,3	1	Pers/ha	2,3	100%	100%	2,3	2,3

Gebruik is gemaakt van kentallen opgenomen in [2]. Het groepsrisico van een leiding is gedefinieerd bij een leidinglengte van 1000 m. Volgens de Handleiding dient bij een leiding langer dan 1000 m te worden gezocht naar dat stuk van de leiding dat het hoogste groepsrisico heeft.

In dit geval is het groepsrisico berekend van het nieuwe stuk leiding (lengte 173 m) aangevuld met een stuk van de afvoerende leiding (ruim 900 m). De totale lengte van de leiding betrokken in de groepsrisicoberekening bedraagt ruim 1.000 m. Op deze wijze wordt een groepsrisico berekend van de leiding van circa (ruim) 1 km: zie Figuur 5.5. Daarmee is voldaan aan de vereiste dat het groepsrisico behoort te worden berekend over een leidinglengte van 1.000 m. Aangezien de leiding korter is dan 1.000 m (namelijk 173 m) is niet gezocht naar die km die het hoogste groepsrisico geeft.



Figuur 5.5: groepsrisico van de aansluiting (173 m) inclusief een deel van de afvoerende leiding.

Toetsing Groepsrisico

Het groepsrisico leidt tot maximaal 7 slachtoffers en komt niet in de buurt van de oriëntatiewaarde. Voor het groepsrisico is geen norm aanwezig die niet overschreden mag worden. Wel is er een oriëntatiewaarde: deze heeft een attenderende waarde en geeft aan of een groepsrisico als hoog of laag moet worden beschouwd. Formeel begint het groepsrisico vanaf 10 slachtoffers of meer. Aangezien hier maximaal 7 slachtoffers worden berekend, is er formeel gesproken geen groepsrisico.

Indien voor de realisatie van deze leiding een bestemmingsplan wijziging nodig is, is de verantwoordingsplicht groepsrisico van toepassing. De verantwoordingsplicht groepsrisico is een taak van de gemeente. Deze verantwoording kan beperkt in omvang blijven. De volgende zaken dienen uitgewerkt te worden: BevB: Artikel 12 a, b, f, en g zijn van toepassing.

Artikel 12a: overzicht van aanwezige personen in de omgeving van de buisleiding;
Dit is onder andere uitgewerkt in tabel 5.2.

Artikel 12b: de hoogte van het groepsrisico;
Dit is uitgewerkt in paragraaf 5.2.

Artikel 12f: de mogelijkheden tot voorbereiding van bestrijding en beperking van de omvang van een ramp of zwaar ongeval;
Dit is in dit rapport niet uitgewerkt.

Artikel 12g: de mogelijkheden voor personen die zich bevinden in het invloedsgebied van de buisleiding of buisleidingen die het groepsrisico mede veroorzaakt of veroorzaken, om zich in veiligheid te brengen indien zich een ramp of zwaar ongeval voordoet.
Dit is in dit rapport niet uitgewerkt.

6 Conclusie

Op verzoek van SGS Roos+Bijl heeft Antea Group externe veiligheidsberekeningen uitgevoerd van een waterstofleidingstuk gelegen tussen DOW-Terneuzen en een afvoerende waterstofleiding. Het waterstofleidingstuk verzorgt de verbinding van DOW-Terneuzen met de afvoerende waterstofleiding. De volgende conclusies zijn uit deze berekeningen naar voren gekomen.

6.1 Plaatsgebonden risico

Het plaatsgebonden risico voldoet aan het Bevb. Een 10^{-6} /jaar plaatsgebonden risicocontour is niet aanwezig.

6.2 Groepsrisico

Er worden maximaal 7 slachtoffers berekend voor het verbindende deel inclusief een deel van de afvoerende leiding (zodat een leiding stuk ontstaat van circa 1 km). Daarmee is er formeel geen groepsrisico aanwezig.

6.3 Verantwoordingsplicht groepsrisico

Indien voor het realiseren van de genoemde aansluiting een bestemmingsplan wijziging nodig is, is de verantwoordingsplicht groepsrisico van toepassing. De verantwoordingsplicht groepsrisico is in principe een taak van de gemeente. Aangezien het groepsrisico beperkt is (formeel zelfs afwezig) kan de verantwoordingsplicht beperkt in omvang blijven. Bevb: Artikel 12 a, b, f, en g zijn van toepassing.

Artikel 12a: overzicht van aanwezige personen in de omgeving van de buisleiding:

Dit is onder andere uitgewerkt in tabel 5.2

Artikel 12b: de hoogte van het groepsrisico

Dit is uitgewerkt in paragraaf 5.2.

Artikel 12f: de mogelijkheden tot voorbereiding van bestrijding en beperking van de omvang van een ramp of zwaar ongeval;

Dit is in dit rapport niet uitgewerkt.

Artikel 12g: de mogelijkheden voor personen die zich bevinden in het invloedsgebied van de buisleiding of buisleidingen die het groepsrisico mede veroorzaakt of veroorzaken, om zich in veiligheid te brengen indien zich een ramp of zwaar ongeval voordoet.

Dit is in dit rapport niet uitgewerkt.

7 Gebruikte documenten

- [1] Handleiding Risicoberekeningen Besluit Externe Veiligheid Buisleidingen, module chemicaliën leidingen, RIVM, d.d. 1-4-2020 versie 3.1.
- [2] Publicatie Gevaarlijke Stoffen 1, Deel 6: Aanwezigheidsgegevens.

Bijlage 1: Frequentieberekening

Bijlage 1: Frequentieberekening

Faalfrequenties van het stuk van 173 m leiding

Breuk Scenario's
Berekening faalfrequentie volgens rekenmethode 1 juli 2014: BREUK

State of the art voorwaarden voor toepassing niveau 2	Van toepassing ?
Algemeen Het gebruiken van een effectief veiligheidsbeheersysteem conform artikel 4 lid 1 van het Besluit Externe Veiligheid Buisleidingen (BevB) en NEN3650/NTA-8000	☒
Beschadiging door derden Duidelijk aangegeven bovengrondse markeringen van de buisleiding die vanuit elk gezichtspunt waarneembaar zijn. Van de regel kan worden afgeweken bij praktische beperkingen zoals bij bochten, bosschages en obstakels	☒
Periodieke communicatie met landeigenaren om deze bewust te maken en houden van de aanwezigheid van de buisleiding	☒
Geïmplementeerd KLIC/WION systeem met actief rappel	☒
Mechanisch Leiding aangelegd voor 1980: Het beschikbaar hebben van een mechanical assesment van de buisleiding	☒
Leiding aangelegd vanaf 1980: Geen nadere eisen: is afgedekt door sterk verbeterde kwaliteitscontrole en kwaliteitsborging (QA/QC) bij de aanleg van een buisleiding.	☒
Inwendige corrosie Corrosie management systeem bestaande uit: Bepaling van de product corrosiviteit	☒ ☒
Toepassing van ontwerpmaatregelen gebaseerd op corrosiviteit (zoals bijvoorbeeld corrosietoetslag op wanddikte, toepassen corrosiebestendige staallegering van de buiswand en eventuele inwendige coating/ 'liner')	☒
Effectief monitoringsprogramma (bijvoorbeeld bewaking product kwaliteit, middels sampling, chemicalien injectie, sampling op metaalafgifte)	☒
Uitwendige corrosie Toepassen van passende coating en kathodische bescherming conform NEN3654. Effectief monitoringsprogramma van kathodische bescherming van coating	☒
Natuurlijke oorzaken Het constructief ontwerp in relatie tot zettingen en spanningen is bekend, gedocumenteerd en er zijn passende maatregelen getroffen.	☒
Operationeel/overig Gespecificeerde werkgebied mbt druk, debiet, temp en tripsettings.	☒
Geautomatiseerde procesbewaking en procesbeveiligingen	☒
Monitoring van relevante DCS- of SCADA-data om binnen dit werkgebied te blijven opereren.	☒
Veranderingen van werkgebied alleen toegestaan middels vastgestelde procedures, zoals bij wijzigingen (Management of Change, MoC).	☒

Geselecteerde faalfrequenties per onderdeel: afhankelijk van bovenstaande keuze tabel niveau 1 of niveau 2 frequenties		
Faalloorzaken en frequenties	Faalfrequentie [km ⁻¹ jaar ⁻¹]	Aandeel [%]
Beschadiging door derden	1.77E-05	47.9
Mechanisch	7.96E-06	21.5
Inwendige corrosie	1.41E-06	3.8
Uitwendige corrosie	4.25E-06	11.5
Natuurlijke oorzaken	2.26E-06	6.1
Operationeel/overig	3.40E-06	9.2
	3.70E-05	100

Kies in de volgende clusters de maatregelen die van toepassing zijn

Onderwerp	Beschadiging door derden	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	1,77E-05	
Diepteligging [m]	1,2	2,37
Maatregelen cluster 1	Geen maatregel	1
Maatregelen cluster 2	Waarschuwinglint	1,67
Maatregelen cluster 3	Geen maatregel	1
Maatregelen cluster 4	Geen maatregel	1
Maatregelen cluster 5	Geen maatregel	1
Maatregelen cluster 6: extra dekking	0,0	1
Maatregelen cluster 7	Geen maatregel	1
Totaal van de factoren	3,96	
Gecorrigeerde faalfrequentie	4,47E-06	
Onderwerp	Mechanisch	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	7,96E-06	
Maatregelen	Uitvoeren passende High-res. Metal IUI/defect analyse/reparatie	10,00
Totaal van de factoren	10	
Gecorrigeerde faalfrequentie	7,96E-07	
Onderwerp	Inwendige corrosie	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	1,41E-06	
Maatregelen	Medium is aantoonbaar inherent niet corrosief voor materiaal buisleiding (v)	0,000.000,00
Totaal van de factoren	1,000000000	
Gecorrigeerde faalfrequentie	1,41E-15	
Onderwerp	Uitwendige corrosie	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	4,25E-06	
Maatregelen	Uitvoeren passende High-res. Metal IUI/defect analyse/reparatie	10,00
Totaal van de factoren	1,00E+01	
Gecorrigeerde faalfrequentie	4,25E-07	
Onderwerp	Natuurlijke oorzaken	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	2,26E-06	
Maatregelen	Ontoelaatbare zetting/spanning redelijkerwijs verregaand uitgesloten	10,00
Totaal van de factoren	1,00E+01	
Gecorrigeerde faalfrequentie	2,26E-07	
Onderwerp	Operationeel/overig	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	3,40E-06	
Maatregelen	Geen maatregel	1,00
Totaal van de factoren	1,00E+00	
Gecorrigeerde faalfrequentie	3,40E-06	
Onderwerp	Totaal gecorrigeerde faalfrequentie BREUK	
Faalfrequentie niveau 1	1,50E-04	
Faalfrequentie niveau 2	3,70E-05	ontstekingskans
Gecorrigeerde faalfrequentie	9,31411E-06	

LEK Scenario's
Berekening faalfrequentie volgens rekenmethode 1 juli 2014: LEK

State of the art voorwaarden voor toepassing niveau 2		Van toepassing ?
Algemeen	Het gebruiken van een effectief veiligheidsbeheersysteem conform artikel 4 lid 1 van het Besluit Externe Veiligheid Buisleidingen (BevB) en NEN3650/NTA-8000	☒
Beschadiging door derden	Duidelijk aangegeven bovengrondse markeringen van de buisleiding die vanuit elk gezichtspunt waarneembaar zijn. Van de regel kan worden afgeweken bij praktische beperkingen zoals bij bochten, bosschages en obstakels	☒
	Periodieke communicatie met landeigenaren om deze bewust te maken en houden van de aanwezigheid van de buisleiding	☒
	Geïmplementeerd KLIC/WION systeem met actief rappel	☒
Mechanisch	Leiding aangelegd voor 1980: Het beschikbaar hebben van een mechanical assesment van de buisleiding	☒
	Leiding aangelegd vanaf 1980: Geen nadere eisen: is afgedekt door sterk verbeterde kwaliteitscontrole en kwaliteitsborging (QA/QC) bij de aanleg van een buisleiding	☒
Inwendige corrosie	Corrosie management systeem bestaande uit:	☒
	Bepaling van de product corrosiviteit	☒
	Toepassing van ontwerpmaatregelen gebaseerd op corrosiviteit (zoals bijvoorbeeld corrosietoelag op wanddikte, toepassen corrosie inhibitie, toepassen corrosiebestendige staallegering van de buiswand en eventuele inwendige coating/ 'liner' :	☒
	Effectief monitoringsprogramma (bijvoorbeeld bewaking product kwaliteit, middels sampling, chemicalien injectie, sampling op metaalafgifte)	☒
Uitwendige corrosie	Toepassen van passende coating en kathodische bescherming conform NEN3654. Effectief monitoringsprogramma van kathodische bescherming van coating	☒
Natuurlijke oorzaken	Het constructief ontwerp in relatie tot zettingen en spanningen is bekend, gedocumenteerd en er zijn passende maatregelen getroffen.	☒
Operationeel/overig	Gespecificeerde werkgebied mbt druk, debiet, temp en tripsettings.	☒
	Geautomatiseerde procesbewaking en procesbeveiligingen	☒
	Monitoring van relevante DCS- of SCADA-data om binnen dit werkgebied te blijven opereren.	☒
	Veranderingen van werkgebied alleen toegestaan middels vastgestelde procedures, zoals bij wijzigingen (Management of Change, MoC)	☒

Geselecteerde faalfrequenties per onderdeel: afhankelijk van bovenstaande keuze tabel niveau 1 of niveau 2 frequenties		
Faaloorzaken en frequenties	Faalfrequentie [$\text{km}^{-1}\text{jaar}^{-1}$]	Aandeel
Beschadiging door derden	2,63E-05	21,9%
Mechanisch	3,86E-05	32,2%
Inwendige corrosie	1,17E-05	9,8%
Uitwendige corrosie	3,52E-05	29,3%
Natuurlijke oorzaken	3,60E-06	3,0%
Operationeel/overig	4,56E-06	3,8%
	1,20E-04	100%

1,486

0,308

Kies in de volgende clusters de maatregelen die van toepassing zijn

Onderwerp	Beschadiging door derden	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	2,63E-05	
Diepteligging [m]	1,2	2,37
Maatregelen cluster 1	Geen maatregel	1
Maatregelen cluster 2	Waarschuwinglint	1,67
Maatregelen cluster 3	Geen maatregel	1
Maatregelen cluster 4	Geen maatregel	1
Maatregelen cluster 5	Geen maatregel	1
Maatregelen cluster 6: extra dekking	0,0	1
Maatregelen cluster 7	Geen maatregel	1
Totaal van de factoren	3,96	
Gecorrigeerde faalfrequentie	6,64E-06	
Onderwerp	Mechanisch	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	3,86E-05	
Maatregelen	Uitvoeren passende High-res. Metal IU/defect analyse/reparatie	10,00
Totaal van de factoren	10	
Gecorrigeerde faalfrequentie	3,86E-06	
Onderwerp	Inwendige corrosie	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	1,17E-05	
Maatregelen	Medium is aantoonbaar inherent niet corrosief voor materiaal buisleiding (v)	0,000,00
Totaal van de factoren	1,000000000	
Gecorrigeerde faalfrequentie	1,17E-14	
Onderwerp	Uitwendige corrosie	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	3,52E-05	
Maatregelen	Uitvoeren passende High-res. Metal IU/defect analyse/reparatie	10,00
Totaal van de factoren	1,00E+01	
Gecorrigeerde faalfrequentie	3,52E-06	
Onderwerp	Natuurlijke oorzaken	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	3,60E-06	
Maatregelen	Ontoelaaftbare zetting/spanning redelijkerwijs verregaand uitgesloten	10,00
Totaal van de factoren	1,00E+01	
Gecorrigeerde faalfrequentie	3,60E-07	
Onderwerp	Operationeel/overig	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	4,56E-06	
Maatregelen	Geen maatregel	1,00
Totaal van de factoren	1,00E+00	
Gecorrigeerde faalfrequentie	4,56E-06	
Onderwerp	Totaal gecorrigeerde faalfrequentie LEK	
Faalfrequentie niveau 1	4,50E-04	
Faalfrequentie niveau 2	1,20E-04	ontstekingskans
Gecorrigeerde faalfrequentie	1,8938E-05	

Faalfrequenties van het afvoerende leiding stuk

Breuk Scenario's
Berekening faalfrequentie volgens rekenmethode 1 juli 2014: BREUK

State of the art voorwaarden voor toepassing niveau 2	Van toepassing ?
Algemeen Het gebruiken van een effectief veiligheidsbeheersysteem conform artikel 4 lid 1 van het Besluit Externe Veiligheidheid Buisleidingen (BevB) en NEN650/NTA-8000	☒
Beschadiging door derden Duidelijk aangegeven bovengrondse markeringen van de buisleiding die vanuit elk gezichtspunt waarneembaar zijn. Van de regel kan worden afgeweken bij praktische beperkingen zoals bij bochten, bosschages en obstakels	☒
Periodieke communicatie met landeigenaren om deze bewust te maken en houden van de aanwezigheid van de buisleiding	☒
Geïmplementeerd KLIC/WION systeem met actief rappel	☒
Mechanisch Leiding aangelegd voor 1980: Het beschikbaar hebben van een mechanical assesment van de buisleiding	☒
Leiding aangelegd vanaf 1980: Geen nadere eisen: is afgedekt door sterk verbeterde kwaliteitscontrole en kwaliteitsborging (QA/QC) bij de aanleg van een buisleiding.	☒
Inwendige corrosie Corrosie management systeem bestaande uit: Bepaling van de product corrosiviteit	☒ ☒
Toepassing van ontwerpmaatregelen gebaseerd op corrosiviteit (zoals bijvoorbeeld corrosietoetslag op wanddikte, toepassing corrosie-inhibitor, toepassing corrosiebestendige staallegering van de buiswand en eventuele inwendige coating/ 'liner')	☒
Effectief monitoringsprogramma (bijvoorbeeld bewaking product kwaliteit, middels sampling, chemicalien injectie, sampling op metaalafgifte)	☒
Uitwendige corrosie Toepassen van passende coating en kathodische bescherming conform NEN654. Effectief monitoringsprogramma van kathodische bescherming van coating	☒
Natuurlijke oorzaken Het constructief ontwerp in relatie tot zettingen en spanningen is bekend, gedocumenteerd en er zijn passende maatregelen getroffen.	☒
Operationeel/overig Gespecificeerde werkgebied mbt druk, debiet, temp en tripsettings.	☒
Geautomatiseerde procesbewaking en procesbeveiligingen	☒
Monitoring van relevante DCS- of SCADA-data om binnen dit werkgebied te blijven opereren.	☒
Veranderingen van werkgebied alleen toegestaan middels vastgestelde procedures, zoals bij wijzigingen (Management of Change, MoC).	☒

Geselecteerde faalfrequenties per onderdeel: afhankelijk van bovenstaande keuze tabel niveau 1 of niveau 2 frequenties		
Faaloorzaken en frequenties	Faalfrequentie [km ⁻¹ jaar ⁻¹]	Aandeel
Beschadiging door derden	1,77E-05	47.9%
Mechanisch	7,96E-06	21.5%
Inwendige corrosie	1,41E-06	3.8%
Uitwendige corrosie	4,25E-06	11.5%
Natuurlijke oorzaken	2,26E-06	6.1%
Operationeel/overig	3,40E-06	9.2%
	3,70E-05	100%

Kies in de volgende clusters de maatregelen die van toepassing zijn

Onderwerp	Beschadiging door derden	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	1,77E-05	
Diepteligging [m]	1,5	4,87
Maatregelen cluster 1	Geen maatregel	1
Maatregelen cluster 2	Geen maatregel	1
Maatregelen cluster 3	Geen maatregel	1
Maatregelen cluster 4	Geen maatregel	1
Maatregelen cluster 5	Geen maatregel	1
Maatregelen cluster 6: extra dekking	0,0	1
Maatregelen cluster 7	Geen maatregel	1
Totaal van de factoren	4,87	
Gecorrigeerde faalfrequentie	3,63E-06	
Onderwerp	Mechanisch	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	7,96E-06	
Maatregelen	Uitvoeren passende High-res. Metal IUI/defect analyse/reparatie	10,00
Totaal van de factoren	10	
Gecorrigeerde faalfrequentie	7,96E-07	
Onderwerp	Inwendige corrosie	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	1,41E-06	
Maatregelen	Medium is aantoonbaar inherent niet corrosief voor materiaal buisleiding (v)	0,000.000,00
Totaal van de factoren	1,000000000	
Gecorrigeerde faalfrequentie	1,41E-15	
Onderwerp	Uitwendige corrosie	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	4,25E-06	
Maatregelen	Uitvoeren passende High-res. Metal IUI/defect analyse/reparatie	10,00
Totaal van de factoren	1,00E+01	
Gecorrigeerde faalfrequentie	4,25E-07	
Onderwerp	Natuurlijke oorzaken	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	2,26E-06	
Maatregelen	Ontoelaatbare zetting/spanning redelijkerwijs verregaand uitgesloten	10,00
Totaal van de factoren	1,00E+01	
Gecorrigeerde faalfrequentie	2,26E-07	
Onderwerp	Operationeel/overig	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	3,40E-06	
Maatregelen	Geen maatregel	1,00
Totaal van de factoren	1,00E+00	
Gecorrigeerde faalfrequentie	3,40E-06	
Onderwerp	Totaal gecorrigeerde faalfrequentie BREUK	
Faalfrequentie niveau 1	1,50E-04	
Faalfrequentie niveau 2	3,70E-05	ontstekingskans
Gecorrigeerde faalfrequentie	8,47821E-06	

LEK Scenario's
Berekening faalfrequentie volgens rekenmethode 1 juli 2014: LEK

State of the art voorwaarden voor toepassing niveau 2		Van toepassing ?
Algemeen	Het gebruiken van een effectief veiligheidsbeheersysteem conform artikel 4 lid 1 van het Besluit Externe Veiligheid Buisleidingen (BevB) en NEN3650/NTA-8000	☒
Beschadiging door derden	Duidelijk aangegeven bovengrondse markeringen van de buisleiding die vanuit elk gezichtspunt waarneembaar zijn. Van de regel kan worden afgeweken bij praktische beperkingen zoals bij bochten, bosschages en obstakels	☒
	Periodieke communicatie met landeigenaren om deze bewust te maken en houden van de aanwezigheid van de buisleiding	☒
	Geïmplementeerd KLIC/WION systeem met actief rappel	☒
Mechanisch	Leiding aangelegd voor 1980: Het beschikbaar hebben van een mechanical assesment van de buisleiding	☒
	Leiding aangelegd vanaf 1980: Geen nadere eisen: is afgedekt door sterk verbeterde kwaliteitscontrole en kwaliteitsborging (QA/QC) bij de aanleg van een buisleiding.	☒
Inwendige corrosie	Corrosie management systeem bestaande uit:	☒
	Bepaling van de product corrosiviteit	☒
	Toepassing van ontwerpmaatregelen gebaseerd op corrosiviteit (zoals bijvoorbeeld corrosietoetslag op wanddikte, toepassen corrosie inhibitie, toepassen corrosiebestendige staallegering van de buiswand en eventuele inwendige coating/ 'liner'.	☒
	Effectief monitoringsprogramma (bijvoorbeeld bewaking product kwaliteit, middels sampling, chemicalien injectie, sampling op metaalafgifte).	☒
Uitwendige corrosie	Toepassen van passende coating en kathodische bescherming conform NEN3654. Effectief monitoringsprogramma van kathodische bescherming van coating	☒
Natuurlijke oorzaken	Het constructief ontwerp in relatie tot zettingen en spanningen is bekend, gedocumenteerd en er zijn passende maatregelen getroffen.	☒
Operationeel/overig	Gespecificeerd werkgebied mbt druk, debiet, temp en tripsettings.	☒
	Geautomatiseerde procesbewaking en procesbeveiligingen	☒
	Monitoring van relevante DCS- of SCADA-data om binnen dit werkgebied te blijven opereren.	☒
	Veranderingen van werkgebied alleen toegestaan middels vastgestelde procedures, zoals bij wijzigingen (Management of Change, MoC)	☒

Geselecteerde faalfrequenties per onderdeel: afhankelijk van bovenstaande keuze tabel niveau 1 of niveau 2 frequenties		
Faaloorzaken en frequenties	Faalfrequentie [$\text{km}^{-1}\text{jaar}^{-1}$]	Aandeel
Beschadiging door derden	2,63E-05	21,9%
Mechanisch	3,86E-05	32,2%
Inwendige corrosie	1,17E-05	9,8%
Uitwendige corrosie	3,52E-05	29,3%
Natuurlijke oorzaken	3,60E-06	3,0%
Operationeel/overig	4,56E-06	3,8%
	1,20E-04	100%

1,486

0,308

Kies in de volgende clusters de maatregelen die van toepassing zijn

Onderwerp	Beschadiging door derden	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	2,63E-05	
Diepteligging [m]	1,5	4,87
Maatregelen cluster 1	Geen maatregel	1
Maatregelen cluster 2	Geen maatregel	1
Maatregelen cluster 3	Geen maatregel	1
Maatregelen cluster 4	Geen maatregel	1
Maatregelen cluster 5	Geen maatregel	1
Maatregelen cluster 6: extra dekking	0,0	1
Maatregelen cluster 7	Geen maatregel	1
Totaal van de factoren	4,87	
Gecorrigeerde faalfrequentie	5,40E-06	
Onderwerp	Mechanisch	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	3,86E-05	
Maatregelen	Uitvoeren passende High-res. Metal IUI/defect analyse/reparatie	10,00
Totaal van de factoren	10	
Gecorrigeerde faalfrequentie	3,86E-06	
Onderwerp	Inwendige corrosie	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	1,17E-05	
Maatregelen	Medium is aantoonbaar inherent niet corrosief voor materiaal buisleiding (v)	0,000,00
Totaal van de factoren	1,000000000	
Gecorrigeerde faalfrequentie	1,17E-14	
Onderwerp	Uitwendige corrosie	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	3,52E-05	
Maatregelen	Uitvoeren passende High-res. Metal IUI/defect analyse/reparatie	10,00
Totaal van de factoren	1,00E+01	
Gecorrigeerde faalfrequentie	3,52E-06	
Onderwerp	Natuurlijke oorzaken	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	3,60E-06	
Maatregelen	Ontoelaaftbare zetting/spanning redelijkerwijs verregaand uitgesloten	10,00
Totaal van de factoren	1,00E+01	
Gecorrigeerde faalfrequentie	3,60E-07	
Onderwerp	Operationeel/overig	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	4,56E-06	
Maatregelen	Geen maatregel	1,00
Totaal van de factoren	1,00E+00	
Gecorrigeerde faalfrequentie	4,56E-06	
Onderwerp	Totaal gecorrigeerde faalfrequentie LEK	
Faalfrequentie niveau 1	4,50E-04	
Faalfrequentie niveau 2	1,20E-04	ontstekingskans
Gecorrigeerde faalfrequentie	1,7696E-05	

De informatie die in dit rapport is opgenomen is uitsluitend bestemd voor de geadresseerde(n) en kan persoonlijke of vertrouwelijke informatie bevatten. Gebruik van deze informatie, door anderen dan de geadresseerde(n) en gebruik door hen die niet gerechtigd zijn van deze informatie kennis te nemen, is niet toegestaan. De informatie is uitsluitend bestemd om te worden gebruikt door de geadresseerde, voor het doel waarvoor dit rapport is vervaardigd. Indien u niet de geadresseerde bent of niet gerechtigd bent tot kennisneming, is openbaarmaking, vermenigvuldiging, verspreiding en/of verstrekking van deze informatie aan derden is niet toegestaan, tenzij na schriftelijke toestemming door Antea Group en wordt u verzocht de gegevens te verwijderen en direct melding te maken bij security@anteagroup.nl. Derden, zij die niet geadresseerd zijn, kunnen geen rechten aan dit rapport ontleen, tenzij na schriftelijke toestemming door Antea Group.

Over Antea Group

Antea Group is het thuis van 1500 trotse ingenieurs en adviseurs. Samen bouwen wij elke dag aan een veilige, gezonde en toekomstbestendige leefomgeving. Je vindt bij ons de allerbeste vakspecialisten van Nederland, maar ook innovatieve oplossingen op het gebied van data, sensing en IT. Hiermee dragen wij bij aan de ontwikkeling van infra, woonwijken of waterwerken. Maar ook aan vraagstukken rondom klimaatadaptatie, energietransitie en de vervangingsopgave. Van onderzoek tot ontwerp, van realisatie tot beheer: voor elke opgave brengen wij de juiste kennis aan tafel. Wij denken kritisch mee en altijd vanuit de mindset om samen voor het beste resultaat te gaan. Op deze manier anticiperen wij op de vragen van vandaag en de oplossingen voor morgen. Al bijna 70 jaar.

Contactgegevens

Tolhuisweg 57
8443 DV HEERENVEEN
Postbus 24
8440 AA HEERENVEEN
T. 06-1089 22 17
E. jelte.janzen@anteagroup.com

www.anteagroup.nl

Copyright © 2021

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, elektronisch of op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.

Bilfinger Tebodin Netherlands B.V.
Air Liquide Industrie B.V.
H2/N2 leiding Terneuzen

Ordernummer: T56185.00
Documentnummer: 3461001
Revisie: D
25 februari 2022
Pagina 31 / 31



BILFINGER

Bijlage 2 – QRA Aftakking N₂ leiding



Kwantitatieve Risico Analyse (QRA)

DOW-Terneuzen: aansluiting op stikstofleiding

projectnummer 0472036.100
definitief revisie 01
24 december 2021

Kwantitatieve Risico Analyse (QRA)

DOW-Terneuzen: aansluiting op stikstofleiding

projectnummer 0472036.100
documentnummer 472036-QRA-01
definitief revisie 01
24 december 2021

Auteurs

Ir J. (Jelte) Janzen

Opdrachtgever

SGS Roos+Bijl
Nijverheidsweg 35
3161 GJ Rhoon (Nederland)

Colofon

Projectgroep bestaande uit

ir. J. (Jelte) Janzen
ir. D. (Dennis) Zandijk

Gecontroleerd:

ir. D. (Dennis) Zandijk

datum
24 december 2021

beschrijving
Definitief

vrijgave
J.L. de Jong



Inhoudsopgave

Blz.

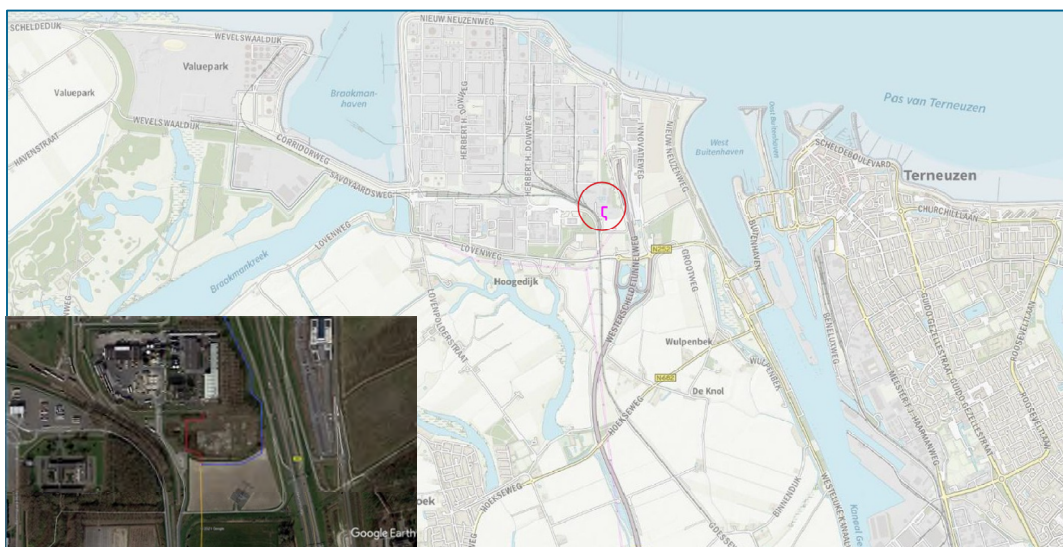
1	Inleiding	1
2	Toetsingskader buisleidingen	2
3	Uitgangspunten risicoberekening	4
3.1	Ligging van de leiding	4
3.2	Leidinggegevens	4
3.3	Omgeving van de leiding: functies en bestemmingen	5
3.4	Omgeving van de nieuwe leiding: bijzondere objecten	5
4	Modellering	7
4.1	Modellering: gegevens	7
4.2	Modellering: faalfrequentie	8
4.3	Modellering: overige uitgangspunten	10
5	Rekenresultaten	11
5.1	Plaatsgebonden risico	11
5.2	Groepsrisico	13
6	Conclusie	16
6.1	Plaatsgebonden risico	16
6.2	Groepsrisico	16
6.3	Verantwoordingsplicht groepsrisico	16
7	Gebruikte documenten	17

Bijlage 1: Frequentieberekening

1 Inleiding

In de directe omgeving van DOW-Terneuzen loopt een bestaande ethyleenleiding welke zal worden omgebouwd tot een stikstofleiding. DOW-Terneuzen wenst op een specifiek punt een aansluiting op deze stikstofleiding. Daarvoor is het nodig dat een stuk stikstofleiding wordt gerealiseerd in openbaar gebied dat de verbinding vormt tussen aan de ene kant de aansluiting bij DOW en aan de andere kant de genoemde stikstofleiding. Zie figuur 1.1 en 3.1.

SGS Roos+Bijl is betrokken bij het ontwerp van deze verbindende stikstofleiding. Ten behoeve van de ruimtelijk inpassing heeft SGS Roos+Bijl aan Antea Group gevraagd de externe veiligheidssituatie van deze nieuw te realiseren stikstofleiding door middel van een QRA inzichtelijk te maken.



Figuur 1.1: globale ligging van de nieuw aan te brengen stikstofleiding (rode cirkel, roze lijn) en rode lijn in de uitsnede.

De nieuw te leggen leiding heeft een lengte van circa 173 m.

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt het toetsingskader van buisleidingen beschreven. In hoofdstuk 3 wordt de ligging van de buisleidingen en de omgeving beschreven. Tevens worden de uitgangspunten van de leiding besproken welke nodig zijn voor het modelleren. In hoofdstuk 4 wordt de modellering toegelicht. In hoofdstuk 5 worden de rekenresultaten gegeven. In hoofdstuk 6 volgt de conclusie.

2 Toetsingskader buisleidingen

Externe veiligheid beschrijft de risico's die ontstaan als gevolg van opslag of handelingen met gevaarlijke stoffen. Dit kan betrekking hebben op inrichtingen (bedrijven) of transportroutes. Op beide categorieën is verschillende wet- en regelgeving van toepassing. Voor inrichtingen is het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi) het relevante beleidskader, voor buisleidingen is dit het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb). Het beleid voor bovengrondse transportmodaliteiten zoals weg-, trein- of scheepsvervoer staat in het Besluit externe veiligheid transportroutes (Bevt).

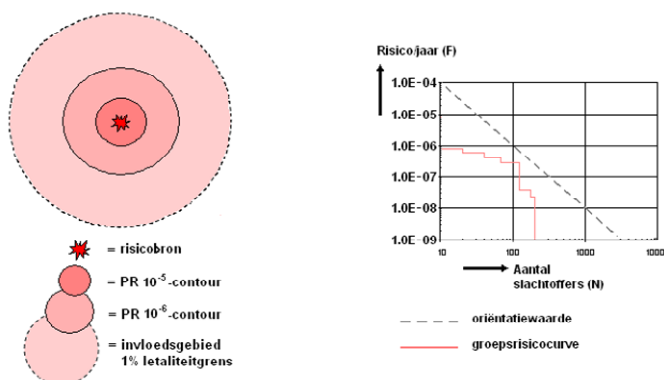
Binnen het beleidskader voor externe veiligheid staan twee kernbegrippen centraal: Het plaatsgebonden risico en het groepsrisico. Hoewel beide begrippen onderlinge samenhang vertonen, zijn er belangrijke verschillen. Hieronder worden beide begrippen verder uitgewerkt.

Plaatsgebonden Risico (PR)

Het plaatsgebonden risico (PR) geeft de kans, op een bepaalde plaats, om te overlijden ten gevolge van een ongeval bij een risicovolle activiteit. De kans heeft betrekking op een fictief persoon die de hele tijd op die plaats aanwezig is. Het PR kan op de kaart van het gebied worden weergegeven met zogeheten risicocontouren: lijnen die punten verbinden met eenzelfde PR. Binnen de 10^{-6} /jaar-contour (die als wettelijk harde norm fungeert) mogen geen nieuwe kwetsbare objecten geprojecteerd worden of aanwezig zijn. Voor beperkt kwetsbare objecten geldt de 10^{-6} /jaar-contour niet als grenswaarde, maar als een richtwaarde.

Groepsrisico (GR)

Het groepsrisico (GR) is een maat voor de kans dat bij een ongeval een groep slachtoffers valt met een bepaalde omvang. Het GR is daarmee een maat voor de maatschappelijke ontwrichting bij een calamiteit. Het GR wordt bepaald binnen het invloedsgebied van een risicovolle activiteit. Dit invloedsgebied wordt begrensd door de 1% letaliteitsgrens (tenzij anders bepaald): de afstand waarop nog 1% van de blootgestelde mensen in de omgeving komt te overlijden bij een calamiteit met gevaarlijke stoffen. Het GR kan niet 'op de kaart' worden weergegeven, maar wordt weergegeven in een grafiek, waar de kans (f) afgezet wordt tegen het aantal slachtoffers (N): de fN-curve.



Figuur 2.1: Weergave plaatsgebonden risicocontouren, invloedsgebied en groepsrisicografiek oriëntatiewaarde voor transport en buisleidingen.

Verantwoordingsplicht

In het Bevi, het Bevb en het Bevt is een verplichting tot verantwoording van het groepsrisico opgenomen. Bij deze verantwoordingsplicht dient het bevoegd gezag op een juiste wijze de toename en ligging van het groepsrisico te onderbouwen en te verantwoorden. Hierbij geeft het bevoegd gezag aan of het groepsrisico in de betreffende situatie aanvaardbaar wordt geacht. Bij

de verantwoording van het groepsrisico dient het bevoegd gezag advies in te winnen bij de veiligheidsregio. De verantwoordingsplicht van het groepsrisico dient naast de rekenkundige hoogte van het groepsrisico, dat berekend wordt door middel van een kwantitatieve risicoanalyse (QRA), tevens rekening te houden met een aantal kwalitatieve aspecten, zoals hieronder weergegeven.

Verplichte en onmisbare onderdelen:	
A	Ligging GR t.o.v. oriënterende waarde
B	Toename GR t.o.v. nulsituatie
C	De mogelijkheden van zelfredzaamheid van de bevolking
D	De mogelijkheden van hulpverlening
E	Nut en noodzaak van de ontwikkeling
F	Het tijdsaspect

Figuur 2.2: Verplichte en onmisbare onderdelen van de verantwoordingsplicht van het groepsrisico.

Rekenmethodiek

Zoals reeds genoemd vallen buisleidingen onder het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb). Hierin is opgenomen dat gebruik gemaakt moet worden van de Handleiding Risicoberekeningen Buisleidingen (waarin de rekenmethodiek is vastgelegd). In dit geval valt de buisleiding onder module D: buisleidingen met chemicaliën.

De nu van toepassing zijnde Rekenmethodiek Bevb schrijft het gebruik van het volgende voor:

- Handleiding Risicoberekeningen Bevb, versie nr. 3., uitgave 1 april 2020;
- Safeti-NL versie nr. 8 uitgave 2019.

In dit rapport zijn de berekeningen uitgevoerd conform bovenstaande nieuwe rekenmethodiek:

- Handleiding risicoberekeningen Bevb versie 3.2 d.d. 1 januari 2021¹.
- Safeti-NL 8.3 uitgave 2020.

¹ De meest recente versie van de rekenmethodiek betreft de versie 3.2 van 1 januari 2021. Strikt formeel is dit niet de versie waarnaar de Revb verwijst.

3 Uitgangspunten risicoberekening

In dit hoofdstuk zijn de ligging en kenmerken van de leiding behandeld. De ligging en de kenmerken van de leiding zijn uitgangspunten van de QRA.

3.1 Ligging van de leiding

De leiding is gelegen in Terneuzen, direct naast de inrichting van DOW. Het betreft een bestaande leiding waar tot voor kort ethyleen in werd vervoerd. Het deel van de oorspronkelijke ethyleenleiding dat in onderstaande figuur blauw is getekend wordt afgedopt en niet langer gebruikt. Het stuk leiding dat in geel is getekend, wordt benut voor het vervoer van stikstof: het is deze leiding waarop het verbindende leidingstuk van DOW (in rood) op aansluit.



Figuur 3.1: ligging van de leiding (rood). De gele leiding is een bestaande leidingen waarop de rode wordt aangesloten.

3.2 Leidinggegevens

Voor de berekening is een aantal gegevens nodig zowel voor het nieuw aan te leggen leidingstuk als van het stuk van de bestaande leiding waarop wordt aangesloten. In de onderstaande tabel zijn de leidinggegevens van beide leidingenstukken weergegeven, waar nodig aangevuld met andere gegevens nodig voor de berekening van het plaatsgebonden risico en groepsrisico.

Tabel 3-1: Gegevens voor berekening plaatsgebonden risico en groepsrisico ondergrondse buisleidingen

Parameter	Eenheid	Stikstofleiding Variant nr. 1 (Verbindingsstuk)	Stikstofleiding Variant nr. 2 (Deel waarop aangesloten wordt)
Stof	-	Stikstof 100%	Stikstof 100%
Inwendige diameter	mm/inch	168,3/6,87	168,3/6,87
Wanddikte	mm	9,5	onbekend
Ontwerpdruk	barg	100	100
Maximale werkdruk	barg	97	97
Gebruikelijk debiet door de leiding	kg/s Nm ³	0,97 40.000	0,97 40.000
Richting van de stroming		Noord-> Zuid	Noord->Zuid

		Van DOW (Terneuzen) naar BASF (Zandvliet)	Van DOW (Terneuzen) naar BASF (Zandvliet)
Diepteligging cq. gronddekking (gemeten vanaf bovenkant leiding tot aan maaiveld)	[m]	1,2	Minimaal 1,5
Materiaal waaruit de grond bestaat	[-]	Zand en klei	Zand en klei
Stand der techniek maatregelen van toepassing?	[-]	Ja, alle	Ja, alle
Lengte van het leidingdeel dat bestudeerd wordt in deze QRA	[km]	0,173	Meer dan 43
Totale lengte van de gehele stikstof voerende leiding inclusief aanvoer en afvoer delen	[km]	Meer dan 45,173 km	Meer dan 43 km
-leiding lengte voor eerste punt nieuwe leiding (op terrein DOW)	[km]	2,0 km (schatting)	
-leiding lengte na laatste punt nieuwe leiding	[km]	Meer dan 43 km	
Veiligheidsmaatregelen		Diepte 1,2 m Waarschuwingsslint Mech. Inline inspection en < 30 SMYS Inwendig. Corr: Niet corrosief tov leiding Uitwend. Corr: inline Inspection Natuurlijke oorz. Red. uitgesl.	Diepte 1,5 m Deze leiding is Piggable: Mech: Inline Inspection Inwend. Corr.: Niet corrosief tov leiding Uitwend. Corr: Inline Inspection Natuurlijke oorz. Red. uitgesl.
Fractie jaar gebruik	%	100	100

3.3 Omgeving van de leiding: functies en bestemmingen

Deze leiding is gelegen in de directe nabijheid van DOW-Terneuzen.

De bestemmingen in de directe omgeving van de nieuwe leiding betreffen:

- Agrarisch;
- Groen;
- Bedrijventerrein A (categorie 5.1);
- Bedrijventerrein B;
- Verkeer;
- Leidingstrook.

3.4 Omgeving van de nieuwe leiding: bijzondere objecten

Windturbines

In de handleiding risicoberekeningen Bevb, module D Chemicaliënleidingen is aangegeven dat de invloed van windturbines dient te worden meegenomen in de beoordeling van de veiligheid van de leidingen.

De meest nabije windturbines zijn gelegen op een afstand van 5.700 m. Deze afstand is te groot voor een substantiële beïnvloeding.

Vliegvelden

Het meest nabije vliegveld is het vliegveld Woensdrecht: dit is gelegen op bijna 40 km. De planlocatie is echter niet gelegen onder een aanvliegroute. Daarom zijn er geen additionele faalfrequenties van toepassing.

Hoogspanningsmast

In de nabijheid van de verbindende leiding is een hoogspanningsmast gelegen. Deze hoogspanningsmast heeft een kleinste afstand tot de leiding van circa 86 m. Het is echter niet dit

leidingstuk dat bestudeerd wordt in deze QRA: dat leidingstuk van 173 m ligt iets meer naar het noorden. De kleinste afstand tot dit leiding stuk tot aan de hoogspanningsmast bedraagt 115 m. We schatten de hoogte van deze hoogspanningsmast in als lager dan 115 m (zelfs lager dan 50 m). Dat betekent dat wanneer deze hoogspanningsmast zou omvallen deze de leiding niet kan raken. Daarnaast merken we op dat de rekenmethodiek alleen de invloed van windturbines benoemd en niet die van hoogspanningsmasten.

Kenmerken van deze mast:

Land:	Nederland
Verbinding:	Terneuzen - Westdorpe
Mastnummer:	TNZ-WDO-150-6
Bouwwijze:	Vakwerkmast
Mastmodel:	Hamerkopmast Subtype AE
Mastfunctie:	Eindmast
Beheerder:	TenneT
In dienst:	1971 - heden
Benutting	1x 150 kV (parallel geschakeld).



Figuur 3.2: Foto van de hoogspanningsmast. Het betreft een eind-mast: de leidingen gaan hier de grond in. De mast heeft een geringe hoogte (minder dan 50 m).

4 Modelling

In dit hoofdstuk is de modellering volgens Handleiding Risicoberekeningen Bevb, versie 3.2 (d.d. 1 januari 2021) behandeld.

4.1 Modellering: gegevens

Stikstof

De leiding bevat 100% stikstof. Stikstof is een bijzondere stof: het is niet toxisch en het is niet brandbaar. Het kan effecten hebben op mensen door zuurstofverdringing. Daarvoor moet zowel de blootstellingsduur als de concentratie stikstof aanzienlijk zijn, voor er letale effecten op mensen optreden.

Gebruik is gemaakt van een probit van stikstof (waarmee de sterfte wordt berekend) met de volgende kenmerken:

A = -65,7 (ppm per minuut);

B = 1;

N = 5,2.

In onderstaande tabellen is een aantal modelleringsaspecten opgenomen van het verbindende leidingstuk van 173 m. De modellering van het leidingstuk waarop wordt aangesloten (gele leiding in figuur 3.1) is vrijwel identiek. In de tekst onder de tabellen is aangegeven op welke punten deze leiding afwijkt van het verbindende lijnstuk van 173 m.

Tabel 4-2: Modelleringsgegevens tabel 1

Modelleringsparameter	Eenheid	Stikstofleiding (verbinding)	In rekenmodel opgenomen
Stof	-	Stikstof 100%	Stikstof 100%
Inwendige diameter	mm/inch	168,3/6,62	168,3/6,62
Ontwerpdruk	barg	100	Niet van toepassing
Maximale werkdruk	Barg	97	97
Hoogte van de uitrede	m	-1,2	0,01 (volgens rekenmodel)
Gebruikelijk debiet door de leiding	Kg/s	0,97	0 (worst-case)
Krater gebruiken ?	[]	In werkelijkheid een krater	In model geen krater
Materiaal waaruit de grond bestaat	[-]	Klei en zand	Niet van toepassing
Stand der techniek maatregelen van toepassing?	[-]	Ja	Ja
Totale lengte van de gehele leiding inclusief aanvoer en afvoer	[km]	45,173	45,173
-voor eerste punt nieuwe leiding	[km]	2	2
-lengte nieuwe leiding	[km]	0,173	0,173
-na laatste punt nieuwe leiding		43	43
Kenmerken aanvoerende leiding			Identiek verondersteld aan die van de verbindende leiding
Kenmerken afvoerende leiding			Zie tabel 3.1: Diepteligging Beheersmaatregelen en faalfrequentie zijn anders.
Veiligheidsmaatregelen		Zie paragraaf hierna	Zie paragraaf hierna
Diepteligging	m-mv [m]	1,2	1,2
Fractie jaar gebruik	%	100	100

Tabel 4-3: Modelleringsgegevens tabel 2

Modelleringsparameter	Eenheid	In rekenmodel opgenomen
Relevant scenario	[-]	Breuk van de buisleiding Lek van de buisleiding 10% max 20 mm: 10% van 168,3 = 16,8 mm
Hoe te modelleren ?	[-]	Breuk: Long pipeline model Lek: Long pipeline model
Ontstekingskans	[-]	Breuk: Niet van toepassing Lek: Niet van toepassing
Krater	[-]	Breuk: nee Lek: Nee
Materiaal van de grond		Niet relevant
Uitstroomhoogte	[m]	0,01
Richting uitstroming	[-]	Breuk: Verticaal Lek: Verticaal
Ruwheidswaarde van de buisleiding	[μ m]	45 (default)
Relevant interval voor berekening effecten	[s]	Up to 10 rates

Afvoerende leiding

De afvoerende leiding ligt in zijn algemeenheid dieper dan 1,5 m. De geringste dekking die voorkomt is 1,5 m. Daarom is uitgegaan van deze diepteligging. Een waarschuwingslint is niet aangebracht. Daarnaast is de leiding niet uitgelegd op een design waarin minder dan 30% SMYS stress wordt veroorzaakt in de leiding. Daarentegen kan de leiding wel gepigged worden, zodat als beheersmaatregelen toegepast (kunnen) worden:

- Mechanische faaloorzaken voorkomen m.b.v. inline inspectie;
- Faaloorzaken als gevolg van inwendige corrosie voorkomen m.b.v. inline inspectie;
- Faaloorzaken als gevolg van uitwendige corrosie voorkomen m.b.v. inline inspectie.

Bij de faaloorzaken van inwendige corrosie is echter gekozen voor de instelling dat het medium volledig niet corrosief is voor de leiding. Dit leidt tot een grotere reductie in de faalkans dan het doen van inline inspection.

4.2 Modellerings: faalfrequentie

Het vaststellen van de faalfrequentie van de leiding vindt plaats in drie stappen:

- Faalfrequentie niveau 1 is altijd van toepassing. Het is een basisfrequentie.
- Faalfrequentie niveau 2: deze faalfrequentie is van toepassing wanneer diverse maatregelen van de stand der techniek van toepassing zijn.
- Faalfrequentie niveau 3: additioneel op de stand der techniek maatregelen zijn er extra veiligheidsverhogende maatregelen mogelijk.

In het hier onderstaande wordt dit toegelicht.

Faalfrequenties niveau 1

De faalfrequenties voor gastransportleidingen gelden voor de leiding inclusief de verbindingen, zoals flenzen, lassen en kleppen en exclusief pompen. Volgens de Hari Bevb Module D [1] is de volgende faalfrequentie van toepassing wanneer geen aanvullende gegevens van de leiding bekend zijn (niveau 1 faalfrequentie):

- Breuk van de leiding; $1,5 \times 10^{-4}$ /km.j.
- Lek van de leiding; $4,5 \times 10^{-4}$ /km.j.

Deze faalfrequentie is opgedeeld in een aantal afzonderlijke faaloorzaken. Zie onderstaande tabel.

Tabel 4-4: Faalfrequentie van een buisleiding (niveau 1).

Faaloorzaak	Breukfrequentie [1/j.km]	Breuk: Aandeel [%]	Lekfrequentie [1/j.km]	Lek: Aandeel [%]
Beschadiging door derden	$7,19 \times 10^{-5}$	47,9	$9,86 \times 10^{-5}$	21,9%
Mechanische oorzaken	$3,23 \times 10^{-5}$	21,5	$1,45 \times 10^{-4}$	32,2%
Inwendige corrosie	$5,71 \times 10^{-6}$	3,8	$4,40 \times 10^{-5}$	9,8%
Uitwendige corrosie	$1,72 \times 10^{-5}$	11,5	$1,32 \times 10^{-4}$	29,3%
Natuurlijke oorzaken	$9,15 \times 10^{-6}$	6,1	$1,35 \times 10^{-5}$	3,0%
Operationeel/Overige oorzaken	$1,38 \times 10^{-5}$	9,2	$1,71 \times 10^{-5}$	3,8%
Totaal	$1,5 \times 10^{-4}$	100	$4,5 \times 10^{-4}$	100

Faalfrequenties niveau 2

Met betrekking tot het nieuw aan te leggen leidingstuk dat het onderwerp is van deze QRA zijn alle 'stand der techniek' maatregelen van toepassing. Dit betekent dat de faalfrequentietabel anders wordt: namelijk:

Tabel 4-5: Faalfrequentie van een buisleiding (niveau 2).

Faaloorzaak	Breukfrequentie [1/j.km]	Breuk: Aandeel [%]	Lekfrequentie [1/j.km]	Lek: Aandeel [%]
Beschadiging door derden	$1,77 \times 10^{-5}$	47,9%	$2,63 \times 10^{-5}$	21,9%
Mechanische oorzaken	$7,96 \times 10^{-6}$	21,5%	$3,86 \times 10^{-5}$	32,2%
Inwendige corrosie	$1,41 \times 10^{-6}$	3,8%	$1,17 \times 10^{-5}$	9,8%
Uitwendige corrosie	$4,25 \times 10^{-6}$	11,5%	$3,52 \times 10^{-5}$	29,3%
Natuurlijke oorzaken	$2,26 \times 10^{-6}$	6,1%	$3,60 \times 10^{-6}$	3,0%
Operationeel/Overige oorzaken	$3,40 \times 10^{-6}$	9,2%	$4,56 \times 10^{-6}$	3,8%
Totaal	$3,70 \times 10^{-5}$	100%	$1,20 \times 10^{-4}$	100%

Faalfrequenties niveau 3

Aanvullend op de faalfrequentie van niveau 2 zijn er een aantal veiligheidsmaatregelen van toepassing. Het betreft:

Diepteligging:

De referentie diepteligging van de rekenmethodiek bedraagt 0,84 m. Leidingen die dieper liggen krijgen een correctie op de faalfrequentie waardoor de faalfrequentie afneemt. Leidingen die minder diep liggen krijgen een correctie die ertoe leidt dat de faalfrequentie hoger wordt. De formule die deze correctie beschrijft is onderstaand weergegeven:

$$\text{Faalfrequentie}_{\text{beschadiging door derden, gecorrigeerd}} = \text{Faalfrequentie}_{\text{beschadiging door derden}} / e^{-2,4 \times (0,84 - z)}$$

Waarbij z = diepteligging (m).

Aangegeven is dat de leiding een minimale diepteligging heeft van 1,2 m of meer. In dit rapport gaan we ervan uit dat de leiding een diepteligging heeft van 1,2 m. Dit betekent dat er een correctie op de faalfrequentie van toepassing is:

$$\text{Breuk: Faalfrequentie}_{\text{beschad. derd, gecorr.}} = 1,77 \times 10^{-5} / e^{-2,4 \times (0,84 - 1,2)} = 1,77 \times 10^{-5} / 2,37 = 7,468 \times 10^{-6}$$

$$\text{Lek: Faalfrequentie}_{\text{beschad. derd, gecorr.}} = 2,63 \times 10^{-5} / e^{-2,4 \times (0,84 - 1,2)} = 2,63 \times 10^{-5} / 2,37 = 1,109 \times 10^{-5}$$

Als eenheid voor dit getal geldt: 1/km.j.

Andere veiligheidsverhogende maatregelen (leiding stuk 173 m)

- Waarschuwingsslint welke wordt meebegraven boven de leiding;
- Maximum stress in de leiding blijft beneden 30% SMYS of er vindt een Inline inspectie plaats

- Inwendige corrosie: buismateriaal is inherent niet corrosief t.o.v. stikstof;
- Uitwendige corrosie: er vindt een inline inspectie plaats;
- Natuurlijke oorzaken: kunnen redelijkerwijs worden uitgesloten.

De resulterende faalfrequentie voor het leidingstuk van 173 m bedraagt (zie bijlage 1 voor een berekening):

Breuk: $9,31 \times 10^{-6}$ 1/j.km

Lek: $1,89 \times 10^{-5}$ 1/j.km.

De faalfrequentie van het leidingstuk waarop aangesloten wordt (gele leiding):

Breuk: $8,478 \times 10^{-6}$ /j.km

Lek: $1,7696 \times 10^{-5}$ /j.km.

4.3 Modellerings: overige uitgangspunten

De berekeningen zijn uitgevoerd met het rekenprogramma Safeti-NL versie 8.3. Gevolgd is het Rekenprotocol Handleiding Risicoberekeningen Bevb module D - Chemicaliën leidingen (d.d. 1 januari 2021.). Als meteobestand is gebruikt het meteobestand van Vlissingen. Er is een oppervlakteruwheid van 0,1603 m gebruikt. Deze is opgebouwd uit de volgende componenten: zie tabel 5.1.

Tabel 4-6: de vier punten in de omgeving van de leiding waarvan de oppervlakte ruwheid is afgeleid.

Coördinaat in de omgeving van de leiding X	Coördinaat in de omgeving van de leiding Y	Oppervlakteruwheid volgens Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland (LGN5+)
44.000	373.000	0,256
44.000	372.000	0,198
45.000	373.000	0,017
45.000	372.000	0,170
Gemiddelde		0,1603

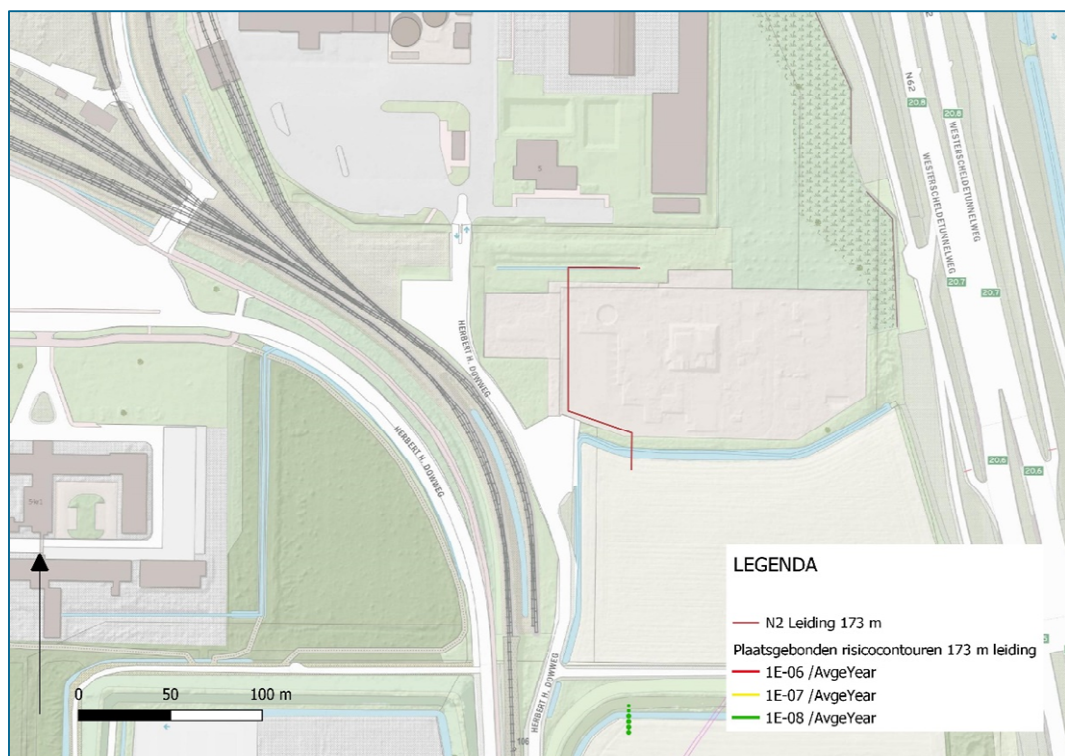
5 Rekenresultaten

5.1 Plaatsgebonden risico

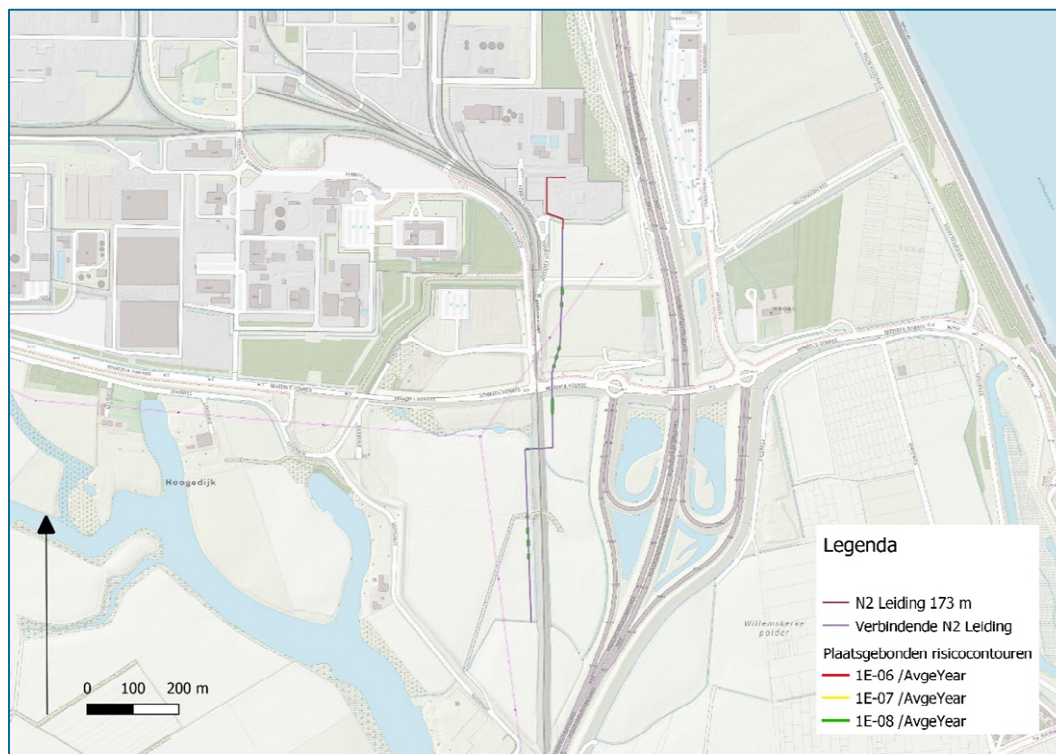
In onderstaande figuur is het plaatsgebonden risico gepresenteerd. Merk op dat de hoogte van het plaatsgebonden risico zo laag is dat in figuur 5.1 zelfs geen 10^{-8} /jaar wordt gepresenteerd. In figuur 5.2a en 5.2b is de 10^{-8} /jaar korrelig ondanks dat de ongevalsscenario's op een kleine afstand van 1 m afstand van elkaar zijn gepositioneerd.

- 1): figuur 5.1: de situatie waarin alleen de verbindende, nieuw aan te leggen leiding in de berekening is gebracht;
- 2): figuur 5.2a en 5.2b: de situatie waarin naast de nieuw aan te leggen leiding, ook de afvoerende leiding in de berekening is gebracht.

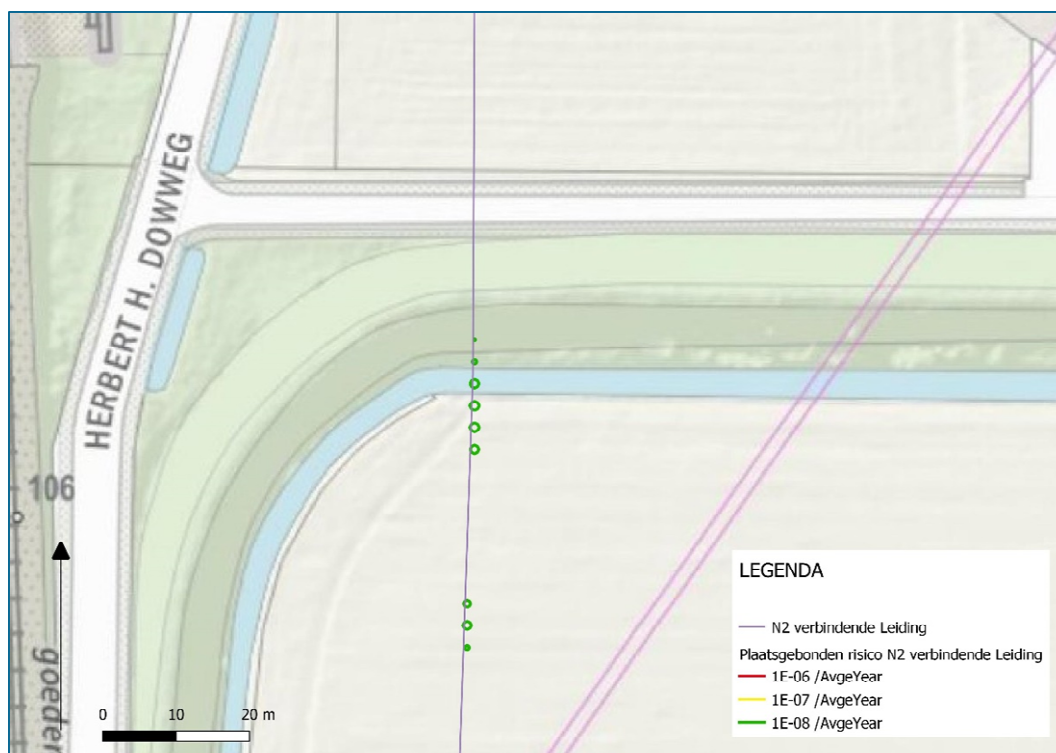
De reden dat ook de leiding waarop is aangesloten in de plaatsgebonden risicoberekeningen wordt betrokken heeft te maken met het feit dat 173 m een relatief geringe afstand is. Wanneer het effect gebied van een scenario een zelfde orde grootte heeft, zal extra leiding lengte tot een toename van het PR van de gehele of een groot deel van 173 m leiding aanleiding geven. Dus om verrassingen te voorkomen zijn beide situaties in beeld gebracht.



Figuur 5.1: plaatsgebonden risico van de nieuw aan te leggen leiding (zonder afvoerende leiding): er is geen plaatsgebonden risico van het niveau 10^{-6} /jaar, 10^{-7} /jaar of 10^{-8} /jaar.



Figuur 5.2a: plaatsgebonden risico van de nieuw aan te leggen leiding (inclusief afvoerende leiding). Te zien is dat op de leiding kleine contouren ontstaan van de 10^{-8} /jaar plaatsgebonden risico. Detail hieronder.



Figuur 5.3b: plaatsgebonden risico van de verbindende leiding. Te zien is dat op de leiding kleine contouren ontstaan van de 10^{-8} /jaar plaatsgebonden risico.

Toetsing aan Bevb:

Het leidingstuk dat beoordeeld wordt (het nieuw aan te leggen leidingstuk van 173 m) bevat geen 10^{-6} /jaar contour: dit volgt uit beide figuren (5.1 en 5.2a/b). Er zijn twee toetscriteria:

- Er mogen geen kwetsbare objecten aanwezig zijn of kunnen zijn binnen de 10^{-6} /jaar contour;
- De 10^{-6} /jaar contour dient binnen 5 m van de leiding te liggen;

Aan beide toetscriteria is voldaan. Er is voldaan aan het Bevb.

5.2 Groepsrisico

Om een groepsrisico te kunnen berekenen moet bevolking in het rekenmodel gebracht worden. De afstand tot aan waar bevolking in het model gebracht dient te worden, wordt bepaald door de grootste 1% letaliteitsafstand: deze bedraagt minder dan 1 m. Dit betreft het scenario breuk van de leiding bij weergesteldheid F1,5.

In Figuur 5.4 is het invloedsgebied gegeven. De bestemmingsplannen die van toepassing zijn geven de bestemmingen welke mogelijk zijn binnen het invloedsgebied.

De volgende bestemmingsplannen zijn mogelijk relevant voor deze berekening:

- Beheersverordening DOW, Mosselbanken, Logistiek Park, 1^e Wijziging, Stikstofgasleiding, vastgesteld op 15 maart 2018.
- Buitengebied, vastgesteld op 25 juni 2013.

De volgende bestemmingen zijn in het invloedsgebied aanwezig:

- Leidingen (leidingstroken) en groen;
- Bedrijventerrein A;
- Bedrijventerrein B;
- Agrarisch;
- Verkeer.

Bedrijventerrein A en B (en leidingen)

De bevolking is grofmazig in de berekening gebracht. De nieuw aan te leggen leiding (173 m) ligt in een gebied waarin diverse leidingstroken zijn aangebracht in een omgeving waar tevens een Bedrijventerrein A is gespecificeerd. De bestemming leidingstroken heeft een grillige ingewikkelde vorm. De bestemming leidingstroken is daarom genegeerd: alles is opgevat als Bedrijventerrein A. Daarnaast komt het invloedsgebied over een perceel met bestemming Bedrijventerrein B. Voor beide bestemmingen is aangehouden een bezetting van 40 personen per hectare met een aanwezigheid van 100% in de dag en 20% in de nacht.

Leidingen

Percelen met de bestemming leidingen zijn genegeerd: deze zijn ingevuld als bedrijventerrein A (zie voorgaande beschrijving).

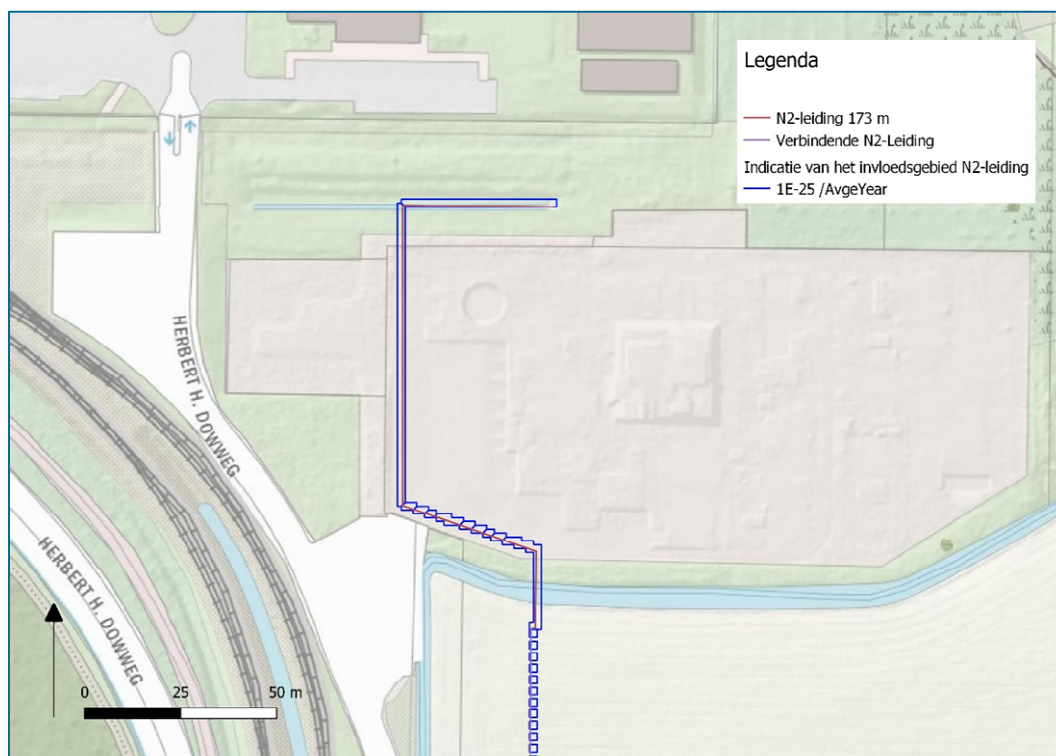
Agrarisch

Percelen met de bestemming agrarisch zijn voorzien van bevolking met het uitgangspunt 1 persoon per hectare met een aanwezigheid van 100% in de dag en 100% in de nacht.

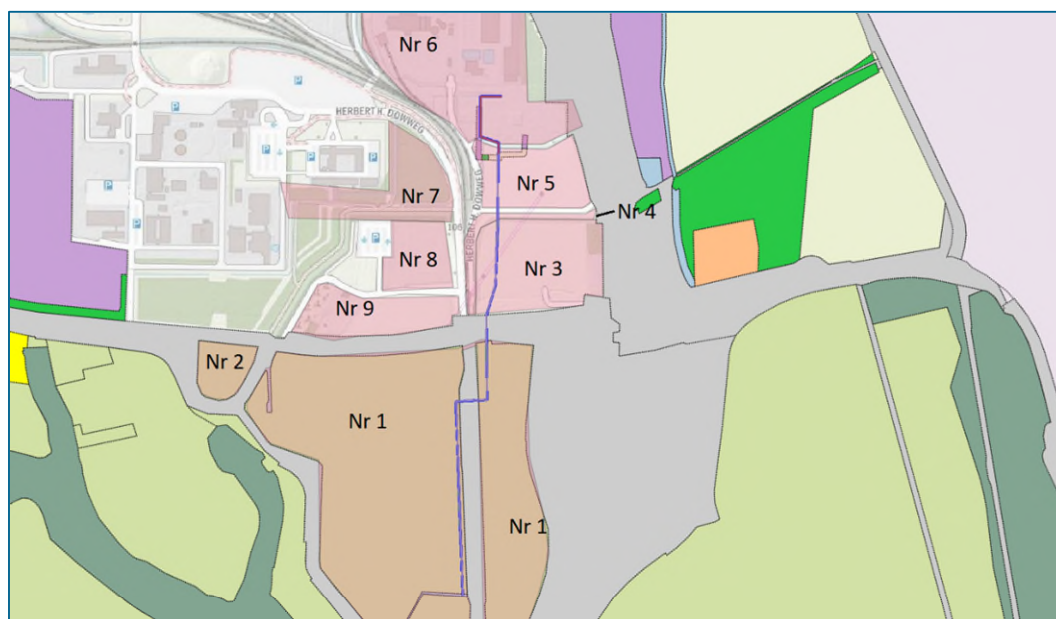
Verkeer

Percelen met de bestemming verkeer zijn niet gewaardeerd met een personendichtheid.

Zie figuur 5.4 en tabel 5.2.



Figuur 5.4: invloedsgebied van de leiding.



Figuur 5.5: bevolkingsvlakken in het invloedsgebied van de leiding.

Tabel 5.2: Gegevens van de bevolkingsvlakken.

Nr	Bestemming	Oppervlakte [ha]	Kental	Eenheid kental	Aantal aanwezigen	Aanwezigheid dag	Aanwezigheid dag	Bevolking dag	Bevolking nacht
Nr 1	Agrarisch	25,3	1	Pers/ha	25,3	100%	100%	25,3	25,3
Nr 2	Agrarisch	1,00	1	Pers/ha	1,0	100%	100%	1,0	1,0
Nr 3	Agrarisch	4,2	1	Pers/ha	4,2	100%	100%	4,2	4,2
Nr 4	Groen	0,65	0	Pers/ha	0	100%	100%	0	0

Nr 5	Agrarisch	2,45	1	Pers/ha	2,45	100%	100%	2,45	2,45
Nr 6	Bedrijf. A	8,4	40	Pers/ha	337	100%	20%	337	67,4
Nr 7	Groen	3,08	0	Pers/ha	0	100%	100%	0	0
Nr 8	Bedrijf B	1,58	40	Pers/ha	63,6	100%	20%	63,6	12,7
Nr 9	Agrarisch	2,3	1	Pers/ha	2,3	100%	100%	2,3	2,3

Gebruik is gemaakt van kentallen opgenomen in [2]. Het groepsrisico van een leiding is gedefinieerd bij een leidinglengte van 1.000 m. Volgens de Handleiding dient bij een leiding langer dan 1.000 m te worden gezocht naar dat stuk van de leiding dat het hoogste groepsrisico heeft.

In dit geval is het groepsrisico berekend van het nieuwe stuk leiding (lengte 173 m) aangevuld met een stuk van de afvoerende leiding (ruim 900 m). De totale lengte van de leiding betrokken in de groepsrisicoberekening bedraagt ruim 1.000 m. Op deze wijze wordt een groepsrisico berekend van de leiding van circa (ruim) 1 km. Daarmee is voldaan aan de vereiste dat het groepsrisico behoort te worden berekend over een leidinglengte van 1.000 m. Aangezien de leiding korter is dan 1.000 m (namelijk 173 m) is niet gezocht naar die km die het hoogste groepsrisico geeft.

Resultaat groepsrisico berekening

De groepsrisico grafiek blijft geheel leeg: er is geen groepsrisico.

Toetsing Groepsrisico

Het groepsrisico is afwezig en komt daarmee niet in de buurt van de oriëntatiewaarde. Voor het groepsrisico is geen norm aanwezig die niet overschreden mag worden. Wel is er een oriëntatiewaarde. Deze heeft een attenderende waarde en geeft aan of een groepsrisico als hoog of laag moet worden beschouwd. Formeel begint het groepsrisico vanaf 10 slachtoffers of meer. Aangezien de groepsrisico grafiek geheel leeg blijft, is er formeel gesproken geen groepsrisico.

Indien voor de realisatie van deze leiding een bestemmingsplan wijziging nodig is, is de verantwoordingsplicht groepsrisico in principe van toepassing. De verantwoordingsplicht groepsrisico is een taak van de gemeente. Deze verantwoording kan beperkt in omvang blijven. De volgende zaken dienen uitgewerkt te worden: Bevb: Artikel 12 a, b, f, en g zijn van toepassing.

Artikel 12a: overzicht van aanwezige personen in de omgeving van de buisleiding;

Dit is onder andere uitgewerkt in tabel 5.2.

Artikel 12b: de hoogte van het groepsrisico;

Dit is uitgewerkt in paragraaf 5.2.

Artikel 12f: de mogelijkheden tot voorbereiding van bestrijding en beperking van de omvang van een ramp of zwaar ongeval;

Dit is in dit rapport niet uitgewerkt.

Artikel 12g: de mogelijkheden voor personen die zich bevinden in het invloedsgebied van de buisleiding of buisleidingen die het groepsrisico mede veroorzaakt of veroorzaken, om zich in veiligheid te brengen indien zich een ramp of zwaar ongeval voordoet.

Dit is in dit rapport niet uitgewerkt.

6 Conclusie

Op verzoek van SGS Roos+Bijl heeft Antea Group externe veiligheidsberekeningen uitgevoerd van een stikstofleidingstuk gelegen tussen DOW-Terneuzen en een afvoerende stikstofleiding. Het stikstofleidingstuk verzorgt de verbinding van DOW-Terneuzen met de afvoerende stikstofleiding. De volgende conclusies zijn uit deze berekeningen naar voren gekomen.

6.1 Plaatsgebonden risico

Het plaatsgebonden risico voldoet aan het Bevb. Een 10^{-6} /jaar plaatsgebonden risicocontour is niet aanwezig.

6.2 Groepsrisico

Er wordt geen groepsrisico berekend. Daarmee is er formeel geen groepsrisico aanwezig.

6.3 Verantwoordingsplicht groepsrisico

Indien voor het realiseren van de genoemde aansluiting een bestemmingsplan wijziging nodig is, is de verantwoordingsplicht groepsrisico in principe van toepassing. De verantwoordingsplicht groepsrisico is in principe een taak van de gemeente. Aangezien het groepsrisico beperkt is (formeel zelfs afwezig) kan de verantwoordingsplicht beperkt in omvang blijven. Bevb: Artikel 12 a, b, f, en g zijn van toepassing.

Artikel 12a: overzicht van aanwezige personen in de omgeving van de buisleiding:
Dit is onder andere uitgewerkt in tabel 5.2

Artikel 12b: de hoogte van het groepsrisico
Dit is uitgewerkt in paragraaf 5.2.

Artikel 12f: de mogelijkheden tot voorbereiding van bestrijding en beperking van de omvang van een ramp of zwaar ongeval;
Dit is in dit rapport niet uitgewerkt.

Artikel 12g: de mogelijkheden voor personen die zich bevinden in het invloedsgebied van de buisleiding of buisleidingen die het groepsrisico mede veroorzaakt of veroorzaken, om zich in veiligheid te brengen indien zich een ramp of zwaar ongeval voordoet.
Dit is in dit rapport niet uitgewerkt.

7 Gebruikte documenten

- [1] Handleiding Risicoberekeningen Besluit Externe Veiligheid Buisleidingen, module chemicaliën leidingen, RIVM, d.d. 1-4-2020 versie 3.1.
- [2] Publicatie Gevaarlijke Stoffen 1, Deel 6: Aanwezigheidsgegevens.

Bijlage 1: Frequentieberekening

Bijlage 1: Frequentieberekening

Faalfrequenties van het stuk van 173 m leiding

Breuk Scenario's		
Berekening faalfrequentie volgens rekenmethode 1 juli 2014: BREUK		
State of the art voorwaarden voor toepassing niveau 2		Van toepassing ?
Algemeen	Het gebruiken van een effectief veiligheidsbeheersysteem conform artikel 4 lid 1 van het Besluit Externe Veiligheid Buisleidingen (BevB) en NEN3650/NTA-8000	✓
Beschadiging door derden	Duidelijk aangegeven bovengrondse markeringen van de buisleiding die vanuit elk gezichtspunt waarneembaar zijn. Van de regel kan worden afgeweken bij praktische beperkingen zoals bij bochten, bosschages en obstakels	✓
	Periodieke communicatie met landeigenaren om deze bewust te maken en houden van de aanwezigheid van de buisleiding	✓
	Geïmplementeerd KLIC/WION systeem met actief rappel	✓
Mechanisch	Leiding aangelegd voor 1980: Het beschikbaar hebben van een mechanical assesment van de buisleiding	✓
	Leiding aangelegd vanaf 1980: Geen nadere eisen: is afgedekt door sterk verbeterde kwaliteitscontrole en kwaliteitsborging (QA/QC) bij de aanleg van een buisleiding.	✓
Inwendige corrosie	Corrosie management systeem bestaande uit:	✓
	Bepaling van de product corrosiviteit	✓
	Toepassing van ontwerpmaatregelen gebaseerd op corrosiviteit (zoals bijvoorbeeld corrosietoelag op wanddikte, toepassen corrosie-inhibitor, toepassen corrosiebestendige staallegering van de buiswand en eventuele inwendige coating/liner)	✓
	Effectief monitoringsprogramma (bijvoorbeeld bewaking product kwaliteit, middels sampling, chemicalien injectie, sampling op metaalafgifte)	✓
Uitwendige corrosie	Toepassen van passende coating en kathodische bescherming conform NEN3654. Effectief monitoringsprogramma van kathodische bescherming van coating	✓
Natuurlijke oorzaken	Het constructief ontwerp in relatie tot zettingen en spanningen is bekend, gedocumenteerd en er zijn passende maatregelen getroffen.	✓
Operationeel/overig	Gespecificeerde werkgebied mbt druk, debiet, temp en tripsettings.	✓
	Geautomatiseerde procesbewaking en procesbeveiligingen	✓
	Monitoring van relevante DCS- of SCADA-data om binnen dit werkgebied te blijven opereren.	✓
	Veranderingen van werkgebied alleen toegestaan middels vastgestelde procedures, zoals bij wijzigingen (Management of Change, MoC).	✓

Geselecteerde faalfrequenties per onderdeel: afhankelijk van bovenstaande keuze tabel niveau 1 of niveau 2 frequenties		
Faaloorzaken en frequenties	Faalfrequentie [km ⁻¹ jaar ⁻¹]	Aandeel
Beschadiging door derden	1,77E-05	47,9%
Mechanisch	7,96E-06	21,5%
Inwendige corrosie	1,41E-06	3,8%
Uitwendige corrosie	4,25E-06	11,5%
Natuurlijke oorzaken	2,26E-06	6,1%
Operationeel/overig	3,40E-06	9,2%
	3,70E-05	100%

Kies in de volgende clusters de maatregelen die van toepassing zijn

Onderwerp	Beschadiging door derden	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	1,77E-05	
Diepteligging [m]	1,2	2,37
Maatregelen cluster 1	Geen maatregel	1
Maatregelen cluster 2	Waarschuwingsslint	1,67
Maatregelen cluster 3	Geen maatregel	1
Maatregelen cluster 4	Geen maatregel	1
Maatregelen cluster 5	Geen maatregel	1
Maatregelen cluster 6: extra dekking	0,0	1
Maatregelen cluster 7	Geen maatregel	1
Totaal van de factoren	3,96	
Gecorrigeerde faalfrequentie	4,47E-06	
Onderwerp	Mechanisch	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	7,96E-06	
Maatregelen	Uitvoeren passende High-res. Metal IU/defect analyse/reparatie	10,00
Totaal van de factoren	10	
Gecorrigeerde faalfrequentie	7,96E-07	
Onderwerp	Inwendige corrosie	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	1,41E-06	
Maatregelen	Medium is aantoonbaar inherent niet corrosief voor materiaal buisleiding (v	0,000.000,00
Totaal van de factoren	1000000000	
Gecorrigeerde faalfrequentie	1,41E-15	
Onderwerp	Uitwendige corrosie	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	4,25E-06	
Maatregelen	Uitvoeren passende High-res. Metal IU/defect analyse/reparatie	10,00
Totaal van de factoren	1,00E+01	
Gecorrigeerde faalfrequentie	4,25E-07	
Onderwerp	Natuurlijke oorzaken	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	2,26E-06	
Maatregelen	Ontoelaatbare zetting/spanning redelijkerwijs verregaand uitgesloten	10,00
Totaal van de factoren	1,00E+01	
Gecorrigeerde faalfrequentie	2,26E-07	
Onderwerp	Operationeel/overig	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	3,40E-06	
Maatregelen	Geen maatregel	1,00
Totaal van de factoren	1,00E+00	
Gecorrigeerde faalfrequentie	3,40E-06	
Onderwerp	Totaal gecorrigeerde faalfrequentie BREUK	
Faalfrequentie niveau 1	1,50E-04	
Faalfrequentie niveau 2	3,70E-05	ontstekingskans
Gecorrigeerde faalfrequentie	9,31411E-06	

LEK Scenario's
Berekening faalfrequentie volgens rekenmethode 1 juli 2014: LEK

State of the art voorwaarden voor toepassing niveau 2		Van toepassing ?
Algemeen	Het gebruiken van een effectief veiligheidsbeheersysteem conform artikel 4 lid 1 van het Besluit Externe Veiligheid Buisleidingen (BevB) en NEN3650/NTA-8000	☒
Beschadiging door derden	Duidelijk aangegeven bovengrondse markeringen van de buisleiding die vanuit elk gezichtspunt waarneembaar zijn. Van de regel kan worden afgeweken bij praktische beperkingen zoals bij bochten, bosschages en obstakels	☒
	Periodieke communicatie met landeigenaren om deze bewust te maken en houden van de aanwezigheid van de buisleiding	☒
	Geïmplementeerd KLIC/WION systeem met actief rappel	☒
Mechanisch	Leiding aangelegd voor 1980: Het beschikbaar hebben van een mechanical assesment van de buisleiding	☒
	Leiding aangelegd vanaf 1980: Geen nadere eisen: is afgedekt door sterk verbeterde kwaliteitscontrole en kwaliteitsborging (QA/QC) bij de aanleg van een buisleiding	☒
Inwendige corrosie	Corrosie management systeem bestaande uit:	☒
	Bepaling van de product corrosiviteit	☒
	Toepassing van ontwerpmaatregelen gebaseerd op corrosiviteit (zoals bijvoorbeeld corrosietoelag op wanddikte, toepassen corrosie-inhibitor, toepassen corrosiebestendige staallegering van de buiswand en eventuele inwendige coating/liner):	☒
	Effectief monitoringsprogramma (bijvoorbeeld bewaking product kwaliteit, middels sampling, chemicalien injectie, sampling op metaalafgifte)	☒
Uitwendige corrosie	Toepassen van passende coating en kathodische bescherming conform NEN3654. Effectief monitoringsprogramma van kathodische bescherming van coating	☒
Natuurlijke oorzaken	Het constructieve ontwerp in relatie tot zettingen en spanningen is bekend, gedocumenteerd en er zijn passende maatregelen getroffen.	☒
Operationeel/overig	Gespecificeerde werkgebied mbt druk, debiet, temp en tripsettings.	☒
	Geautomatiseerde procesbewaking en procesbeveiligingen	☒
	Monitoring van relevante DCS- of SCADA-data om binnen dit werkgebied te blijven opereren.	☒
	Veranderingen van werkgebied alleen toegestaan middels vastgestelde procedures, zoals bij wijzigingen (Management of Change, MoC).	☒

Geselecteerde faalfrequenties per onderdeel: afhankelijk van bovenstaande keuze tabel niveau 1 of niveau 2 frequenties	Faalfrequentie (km ⁻¹ jaar ⁻¹)	Aandeel
Beschadiging door derden	2,63E-05	21,9%
Mechanisch	3,86E-05	32,2%
Inwendige corrosie	1,17E-05	9,8%
Uitwendige corrosie	3,52E-05	29,3%
Natuurlijke oorzaken	3,60E-06	3,0%
Operationeel/overig	4,56E-06	3,8%
	1,20E-04	100%

1,486

0,308

Kies in de volgende clusters de maatregelen die van toepassing zijn

Onderwerp	Beschadiging door derden	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	2,63E-05	
Diepteligging [m]	1,2	2,37
Maatregelen cluster 1	Geen maatregel	1
Maatregelen cluster 2	Waarschuwinglint	1,67
Maatregelen cluster 3	Geen maatregel	1
Maatregelen cluster 4	Geen maatregel	1
Maatregelen cluster 5	Geen maatregel	1
Maatregelen cluster 6: extra dekking	0,0	1
Maatregelen cluster 7	Geen maatregel	1
Totaal van de factoren	3,96	
Gecorrigeerde faalfrequentie	6,64E-06	
Onderwerp	Mechanisch	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	3,86E-05	
Maatregelen	Uitvoeren passende High-res. Metal IU/defect analyse/reparatie	10,00
Totaal van de factoren	10	
Gecorrigeerde faalfrequentie	3,86E-06	
Onderwerp	Inwendige corrosie	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	1,17E-05	
Maatregelen	Medium is aantoonbaar inherent niet corrosief voor materiaal buisleiding (v)	0,000,00
Totaal van de factoren	1000000000	
Gecorrigeerde faalfrequentie	1,17E-14	
Onderwerp	Uitwendige corrosie	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	3,52E-05	
Maatregelen	Uitvoeren passende High-res. Metal IU/defect analyse/reparatie	10,00
Totaal van de factoren	1,00E+01	
Gecorrigeerde faalfrequentie	3,52E-06	
Onderwerp	Natuurlijke oorzaken	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	3,60E-06	
Maatregelen	Ontoelaaftbare zetting/spanning redelijkerwijs verregaand uitgesloten	10,00
Totaal van de factoren	1,00E+01	
Gecorrigeerde faalfrequentie	3,60E-07	
Onderwerp	Operationeel/overig	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	4,56E-06	
Maatregelen	Geen maatregel	1,00
Totaal van de factoren	1,00E+00	
Gecorrigeerde faalfrequentie	4,56E-06	
Onderwerp	Totaal gecorrigeerde faalfrequentie LEK	
Faalfrequentie niveau 1	4,50E-04	
Faalfrequentie niveau 2	1,20E-04	ontstekingskans
Gecorrigeerde faalfrequentie	1,8938E-05	

Faalfrequenties van het afvoerende leiding stuk

Breuk Scenario's		
Berekening faalfrequentie volgens rekenmethode 1 juli 2014: BREUK		
State of the art voorwaarden voor toepassing niveau 2		Van toepassing ?
Algemeen	Het gebruiken van een effectief veiligheidsbeheersysteem conform artikel 4 lid 1 van het Besluit Externe Veiligheid Buisleidingen (BevB) en NEN3650/NTA-8000	✓
Beschadiging door derden	Duidelijk aangegeven bovengrondse markeringen van de buisleiding die vanuit elk gezichtspunt waarneembaar zijn. Van de regel kan worden afgeweken bij praktische beperkingen zoals bij bochten, bosschages en obstakels	✓
	Periodieke communicatie met landeigenaren om deze bewust te maken en houden van de aanwezigheid van de buisleiding	✓
	Geïmplementeerd KLIC/WION systeem met actief rappel	✓
Mechanisch	Leiding aangelegd voor 1980: Het beschikbaar hebben van een mechanical assesment van de buisleiding	✓
	Leiding aangelegd vanaf 1980: Geen nadere eisen: is afgedekt door sterk verbeterde kwaliteitscontrole en kwaliteitsborging (QA/QC) bij de aanleg van een buisleiding.	✓
Inwendige corrosie	Corrosie management systeem bestaande uit:	✓
	Bepaling van de product corrosiviteit	✓
	Toepassing van ontwerpmaatregelen gebaseerd op corrosiviteit (zoals bijvoorbeeld corrosietoelag op wanddikte, toepassen corrosie-inhibitor, toepassen corrosiebestendige staallegering van de buiswand en eventuele inwendige coating/liner)	✓
	Effectief monitoringsprogramma (bijvoorbeeld bewaking product kwaliteit, middels sampling, chemicalien injectie, sampling op metaalafgifte)	✓
Uitwendige corrosie	Toepassen van passende coating en kathodische bescherming conform NEN3654. Effectief monitoringsprogramma van kathodische bescherming van coating	✓
Natuurlijke oorzaken	Het constructief ontwerp in relatie tot zettingen en spanningen is bekend, gedocumenteerd en er zijn passende maatregelen getroffen.	✓
Operationeel/overig	Gespecificeerde werkgebied mbt druk, debiet, temp en trips settings.	✓
	Geautomatiseerde procesbewaking en proces beveiligingen	✓
	Monitoring van relevante DCS- of SCADA-data om binnen dit werkgebied te blijven opereren.	✓
	Veranderingen van werkgebied alleen toegestaan middels vastgestelde procedures, zoals bij wijzigingen (Management of Change, MoC).	✓

Geselecteerde faalfrequenties per onderdeel: afhankelijk van bovenstaande keuze tabel niveau 1 of niveau 2 frequenties		
Faaloorzaken en frequenties	Faalfrequentie [km ⁻¹ jaar ⁻¹]	Aandeel
Beschadiging door derden	1,77E-05	47,9%
Mechanisch	7,96E-06	21,5%
Inwendige corrosie	1,41E-06	3,8%
Uitwendige corrosie	4,25E-06	11,5%
Natuurlijke oorzaken	2,26E-06	6,1%
Operationeel/overig	3,40E-06	9,2%
	3,70E-05	100%

Kies in de volgende clusters de maatregelen die van toepassing zijn

Onderwerp	Beschadiging door derden	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	1,77E-05	
Diepteligging [m]	1,5	4,87
Maatregelen cluster 1	Geen maatregel	1
Maatregelen cluster 2	Geen maatregel	1
Maatregelen cluster 3	Geen maatregel	1
Maatregelen cluster 4	Geen maatregel	1
Maatregelen cluster 5	Geen maatregel	1
Maatregelen cluster 6: extra dekking	0,0	1
Maatregelen cluster 7	Geen maatregel	1
Totaal van de factoren	4,87	
Gecorrigeerde faalfrequentie	3,63E-06	
Onderwerp	Mechanisch	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	7,96E-06	
Maatregelen	Uitvoeren passende High-res. Metal IUI/defect analyse/reparatie	10,00
Totaal van de factoren	10	
Gecorrigeerde faalfrequentie	7,96E-07	
Onderwerp	Inwendige corrosie	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	1,41E-06	
Maatregelen	Medium is aantoonbaar inherent niet corrosief voor materiaal buisleiding (v	0,000.000,00
Totaal van de factoren	1000000000	
Gecorrigeerde faalfrequentie	1,41E-15	
Onderwerp	Uitwendige corrosie	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	4,25E-06	
Maatregelen	Uitvoeren passende High-res. Metal IUI/defect analyse/reparatie	10,00
Totaal van de factoren	1,00E+01	
Gecorrigeerde faalfrequentie	4,25E-07	
Onderwerp	Natuurlijke oorzaken	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	2,26E-06	
Maatregelen	Ontoelaatbare zetting/spanning redelijkerwijs verregaand uitgesloten	10,00
Totaal van de factoren	1,00E+01	
Gecorrigeerde faalfrequentie	2,26E-07	
Onderwerp	Operationeel/overig	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	3,40E-06	
Maatregelen	Geen maatregel	1,00
Totaal van de factoren	1,00E+00	
Gecorrigeerde faalfrequentie	3,40E-06	
Onderwerp	Totaal gecorrigeerde faalfrequentie BREUK	
Faalfrequentie niveau 1	1,50E-04	
Faalfrequentie niveau 2	3,70E-05	ontstekingskans
Gecorrigeerde faalfrequentie	8,47821E-06	

LEK Scenario's
Berekening faalfrequentie volgens rekenmethode 1 juli 2014: LEK

State of the art voorwaarden voor toepassing niveau 2		Van toepassing ?
Algemeen	Het gebruiken van een effectief veiligheidsbeheersysteem conform artikel 4 lid 1 van het Besluit Externe Veiligheid Buisleidingen (BevB) en NEN3650/NTA-8000	☒
Beschadiging door derden	Duidelijk aangegeven bovengrondse markeringen van de buisleiding die vanuit elk gezichtspunt waarneembaar zijn. Van de regel kan worden afgeweken bij praktische beperkingen zoals bij bochten, bosschages en obstakels	☒
	Periodieke communicatie met landeigenaren om deze bewust te maken en houden van de aanwezigheid van de buisleiding	☒
	Geïmplementeerd KLIC/WION systeem met actief rappel	☒
Mechanisch	Leiding aangelegd voor 1980: Het beschikbaar hebben van een mechanical assesment van de buisleiding	☒
	Leiding aangelegd vanaf 1980: Geen nadere eisen: is afgedekt door sterk verbeterde kwaliteitscontrole en kwaliteitsborging (QA/QC) bij de aanleg van een buisleiding	☒
Inwendige corrosie	Corrosie management systeem bestaande uit:	☒
	Bepaling van de product corrosiviteit	☒
	Toepassing van ontwerpmaatregelen gebaseerd op corrosiviteit (zoals bijvoorbeeld corrosietoelag op wanddikte, toepassen corrosie inhibitie, toepassen corrosiebestendige staallegering van de buiswand en eventuele inwendige coating/liner).	☒
	Effectief monitoringsprogramma (bijvoorbeeld bewaking product kwaliteit, middels sampling, chemicalien injectie, sampling op metaalafgifte)	☒
Uitwendige corrosie	Toepassen van passende coating en kathodische bescherming conform NEN3654. Effectief monitoringsprogramma van kathodische bescherming van coating	☒
Natuurlijke oorzaken	Het constructieve ontwerp in relatie tot zettingen en spanningen is bekend, gedocumenteerd en er zijn passende maatregelen getroffen.	☒
Operationeel/overig	Gespecificeerde werkgebied mbt druk, debiet, temp en tripsettings.	☒
	Geautomatiseerde procesbewaking en procesbeveiligingen	☒
	Monitoring van relevante DCS- of SCADA-data om binnen dit werkgebied te blijven opereren.	☒
	Veranderingen van werkgebied alleen toegestaan middels vastgestelde procedures, zoals bij wijzigingen (Management of Change, MoC)	☒

Geselecteerde faalfrequenties per onderdeel: afhankelijk van bovenstaande keuze tabel niveau 1 of niveau 2 frequenties		
Faaloorzaken en frequenties	Faalfrequentie (km ⁻¹ jaar ⁻¹)	Aandeel
Beschadiging door derden	2,63E-05	21,9%
Mechanisch	3,86E-05	32,2%
Inwendige corrosie	1,17E-05	9,8%
Uitwendige corrosie	3,52E-05	29,3%
Natuurlijke oorzaken	3,60E-06	3,0%
Operationeel/overig	4,56E-06	3,8%
	1,20E-04	100%

1,486

0,308

Kies in de volgende clusters de maatregelen die van toepassing zijn

Onderwerp	Beschadiging door derden	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	2,63E-05	
Diepteligging [m]	1,5	4,87
Maatregelen cluster 1	Geen maatregel	1
Maatregelen cluster 2	Geen maatregel	1
Maatregelen cluster 3	Geen maatregel	1
Maatregelen cluster 4	Geen maatregel	1
Maatregelen cluster 5	Geen maatregel	1
Maatregelen cluster 6: extra dekking	0,0	1
Maatregelen cluster 7	Geen maatregel	1
Totaal van de factoren	4,87	
Gecorrigeerde faalfrequentie	5,40E-06	
Onderwerp	Mechanisch	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	3,86E-05	
Maatregelen	Uitvoeren passende High-res. Metal IU/defect analyse/reparatie	10,00
Totaal van de factoren	10	
Gecorrigeerde faalfrequentie	3,86E-06	
Onderwerp	Inwendige corrosie	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	1,17E-05	
Maatregelen	Medium is aantoonbaar inherent niet corrosief voor materiaal buisleiding (v	0,000,00
Totaal van de factoren	1000000000	
Gecorrigeerde faalfrequentie	1,17E-14	
Onderwerp	Uitwendige corrosie	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	3,52E-05	
Maatregelen	Uitvoeren passende High-res. Metal IU/defect analyse/reparatie	10,00
Totaal van de factoren	1,00E+01	
Gecorrigeerde faalfrequentie	3,52E-06	
Onderwerp	Natuurlijke oorzaken	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	3,60E-06	
Maatregelen	Ontoelaaerbare zetting/spanning redelijkerwijs verregaand uitgesloten	10,00
Totaal van de factoren	1,00E+01	
Gecorrigeerde faalfrequentie	3,60E-07	
Onderwerp	Operationeel/overig	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	4,56E-06	
Maatregelen	Geen maatregel	1,00
Totaal van de factoren	1,00E+00	
Gecorrigeerde faalfrequentie	4,56E-06	
Onderwerp	Totaal gecorrigeerde faalfrequentie LEK	
Faalfrequentie niveau 1	4,50E-04	
Faalfrequentie niveau 2	1,20E-04 ontstekingskans	
Gecorrigeerde faalfrequentie	1,7696E-05	

De informatie die in dit rapport is opgenomen is uitsluitend bestemd voor de geadresseerde(n) en kan persoonlijke of vertrouwelijke informatie bevatten. Gebruik van deze informatie, door anderen dan de geadresseerde(n) en gebruik door hen die niet gerechtigd zijn van deze informatie kennis te nemen, is niet toegestaan. De informatie is uitsluitend bestemd om te worden gebruikt door de geadresseerde, voor het doel waarvoor dit rapport is vervaardigd. Indien u niet de geadresseerde bent of niet gerechtigd bent tot kennisneming, is openbaarmaking, vermenigvuldiging, verspreiding en/of verstrekking van deze informatie aan derden is niet toegestaan, tenzij na schriftelijke toestemming door Antea Group en wordt u verzocht de gegevens te verwijderen en direct melding te maken bij security@anteagroup.nl. Derden, zij die niet geadresseerd zijn, kunnen geen rechten aan dit rapport ontleen, tenzij na schriftelijke toestemming door Antea Group.

Over Antea Group

Antea Group is het thuis van 1500 trotse ingenieurs en adviseurs. Samen bouwen wij elke dag aan een veilige, gezonde en toekomstbestendige leefomgeving. Je vindt bij ons de allerbeste vakspecialisten van Nederland, maar ook innovatieve oplossingen op het gebied van data, sensing en IT. Hiermee dragen wij bij aan de ontwikkeling van infra, woonwijken of waterwerken. Maar ook aan vraagstukken rondom klimaatadaptatie, energietransitie en de vervangingsopgave. Van onderzoek tot ontwerp, van realisatie tot beheer: voor elke opgave brengen wij de juiste kennis aan tafel. Wij denken kritisch mee en altijd vanuit de mindset om samen voor het beste resultaat te gaan. Op deze manier anticiperen wij op de vragen van vandaag en de oplossingen voor morgen. Al 70 jaar.

Contactgegevens

Tolhuisweg 57
8443 DV HEERENVEEN
Postbus 24
8440 AA HEERENVEEN
T. 06-1089 22 17
E. jorrit.dejong@anteagroup.nl

www.anteagroup.nl

Copyright © 2021

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, elektronisch of op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.