



QRA Waterstofleiding

gelegen DOW - DOW

projectnummer 0479713.100
definitief revisie 02
14 november 2023

QRA Waterstofleiding

gelegen DOW - DOW Oost

projectnummer 0479713.100
documentnummer 00
definitief revisie 02
14 november 2023

Auteurs

Ir. J. (Jelte) Janzen

Opdrachtgever

SGS Nederland B.V.
Malledijk 18
3208 LA Spijkenisse

Gecontroleerd:

ir. L.A. (Alexander) Klaessen

datum	14 november 2023
-------	------------------

beschrijving	definitief
--------------	------------

vrijgave B.A.	J.L. de Jong
---------------	--------------

Inhoudsopgave

Blz.

1	Inleiding	1
2	Externe Veiligheid	2
2.1	Wettelijk kader	2
2.2	Plaatsgebonden risico	2
2.3	Groepsrisico	2
2.4	Maximale effectafstand	3
2.5	Berekeningswijze	3
3	Beschrijving van de leiding en de omgeving	4
3.1	Ligging van de waterstofleiding	4
3.2	Omgeving van de Bevb waterstofleiding	4
4	Modellering	7
4.1	Modellering volgens Bevb	7
4.1.1	Modellering: faalfrequentie	8
4.2	Oppervlakteruwheid en meteobestand	10
5	Resultaten	12
5.1	Plaatsgebonden risico Bevb	12
5.2	Groepsrisico Bevb	14
5.3	Toetsing aan normen van het Bevb	14
6	Conclusie	15

Bijlage 1: Berekening faalfrequenties (Bebv)

1 Inleiding

SGS Roos + Bijl B.V. is betrokken bij de engineering van een nieuw aan te leggen waterstofleiding gelegen tussen een locatie van DOW-Terneuzen West en DOW-Terneuzen Oost. De bedoeling is deze leiding met een werkdruk van 100 barg aan te sluiten op een reeds bestaande waterstofleiding met een werkdruk van 100 barg.

Waterstof is een gevaarlijke stof. De introductie van een leiding met waterstof in een gebied veroorzaakt in dat gebied een extern veiligheidsrisico.

In onderhavige rapport wordt de externe veiligheidssituatie getoond van de waterstofleiding. De externe veiligheidssituatie is in beeld gebracht met behulp van een QRA (kwantitatieve risico analyse).

In dit rapport is de volgende hoofdstuk indeling gehanteerd:

- Hoofdstuk 1: Inleiding (dit hoofdstuk);
- Hoofdstuk 2: Juridisch kader van de leiding;
- Hoofdstuk 3: Beschrijving van de leiding en de omgeving;
- Hoofdstuk 4: Modelering van de leiding;
- Hoofdstuk 5: Rekenresultaten;
- Hoofdstuk 6: Conclusie.

Versie beheer

	Kenmerken
479713 QRA Waterstofleiding DOW-DOW Concept rev00 25-5-2023	rev00 Concept
479713 QRA Waterstofleiding DOW-DOW Concept rev01 12-7-2023	rev01 Concept
479713 20231114 QRA Waterstofleiding DOW-DOW Definitief rev02 14-11-2023	Rev02 Definitief

2 Externe Veiligheid

2.1 Wettelijk kader

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) en
- Voor transport is dit het Besluit externe veiligheid transportroutes (Bevt).

Zoals reeds genoemd is de leiding welke het onderwerp is van dit rapport, gelegen in het openbaar terrein. Voor deze leiding is een specifiek juridisch kader van toepassing, zoals hierboven reeds genoemd:

- Voor het openbaar terrein: Het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb);

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.

2.2 Plaatsgebonden risico

Het plaatsgebonden risico presenteert de overlijdenskans van een persoon in de vorm van contouren op een plattegrond rondom de beschouwde activiteit. Het risico wordt berekend door te stellen, dat een persoon zich permanent en onbeschermd op een bepaalde plaats bevindt. Door middel van risicocontouren op een plattegrond wordt aangegeven tot waar de risico's van een bepaald niveau reiken.

De grootte van het plaatsgebonden risico is onafhankelijk van de feitelijke omgeving en zegt niets over het aantal personen, dat bij een ongeval getroffen kan worden. De plaatsgebonden risicocontouren zijn eigenlijk een hoogtekartaat van overlijdenskans.

Bevb norm

Voor een nieuw aan te leggen leiding geldt dat de plaatsgebonden risicocontour van 10^{-6} /jaar op maximaal 5 m gemeten vanuit het hart van de leiding mag liggen. Tevens geldt dat binnen deze 10^{-6} /jaar plaatsgebonden risicocontour geen kwetsbare objecten (normwaarde) of beperkt kwetsbare objecten (richtwaarde) aanwezig mogen zijn.

2.3 Groepsrisico

Het groepsrisico is in feite een vertaling van het plaatsgebonden risico. Het groepsrisico houdt rekening met de daadwerkelijke aanwezigheid van personen en geeft de kans dat een bepaalde groep personen tegelijkertijd het slachtoffer zou kunnen worden. Het voor een situatie berekende groepsrisico wordt in een grafiek weergegeven, waarin op de horizontale as het berekende aantal slachtoffers en op de verticale as de cumulatieve frequentie daarvan is weergegeven. Voor een leiding is het groepsrisico gedefinieerd voor 1 km leidinglengte.

Voor het groepsrisico is er geen normstelling van toepassing. Wel is er een zogenaamde oriëntatiewaarde aanwezig in de grafiek van het groepsrisico. Deze waarde heeft een attenderende functie: het brengt een scheiding aan tussen lage en hoge groepsrisico's. Daarnaast is in veel gevallen een verantwoordingsplicht van toepassing. Deze plicht rust bij het bevoegd gezag. Er moet worden aangegeven of de hoogte van het groepsrisico als verantwoord wordt beoordeeld. Daarbij moet gelet worden op aspecten als zelfredzaamheid, bestrijdbaarheid en bereikbaarheid. Het groepsrisico moet worden getoetst aan de oriëntatiewaarde. De oriëntatiewaarde van het groepsrisico voor bedrijven is $10^{-3} / N^2$ met N het aantal slachtoffers.

2.4 Maximale effectafstand

Met de maximale effectafstand wordt de grootste afstand aangegeven tot waarop ongevalsscenario's tot een bedreiging voor personen kunnen leiden. Als maat daarvoor wordt 1% letaliteit (bij weersklasse D5 of F1,5) gebruikt. Dat wil zeggen de overlijdenskans bij 30 minuten blootstelling is gelijk aan 1%. Voor toxische stoffen wordt de LC_{01} en voor brandbare stoffen de 10 kW/m^2 warmtestralingscontour aangehouden. Het gebied binnen deze maximale effectafstand heet het invloedsgebied.

Bij de berekening van het groepsrisico worden personendichtheden in het rekenmodel gebracht. De maximale effectafstand markeert de afstand tot waar de personendichtheden in het rekenmodel dienen te worden gebracht. Ook wordt de maximale effectafstand gebruikt in het kader van de rampenbestrijding. Er zijn geen wettelijke richtlijnen of consequenties aan deze afstand verbonden.

2.5 Berekeningswijze

In dit rapport is de externe veiligheid berekend met behulp van de hieronder genoemde methode.

1): Rekenmethodiek Bevb:

Van toepassing is het Besluit externe veiligheid buisleidingen en de daarbij horende regeling externe veiligheid buisleidingen (Revb). In Artikel 6.1 van de Revb is aangegeven dat de externe veiligheidseffecten moeten worden berekend met behulp van de Rekenmethodiek Bevb. De Revb definieert deze rekenmethodiek Bevb als volgt:

Rekenmethodiek Bevb: rekenmethodiek behorend bij het Besluit externe veiligheid buisleidingen, bestaande uit de Handleiding Risicoberekeningen Bevb, versie nr. 3, uitgave 2019 en, indien het betreft ondergrondse buisleidingen:

- 1.voor aardgas: Carola, en
- 2.voor andere stoffen dan aardgas: Safeti-NL;

Safeti-NL: softwareprogramma voor het berekenen van het plaatsgebonden risico en het groepsrisico van inrichtingen en ondergrondse buisleidingen voor het transport van andere stoffen dan aardgas, versie nr. 8, uitgave 2019;

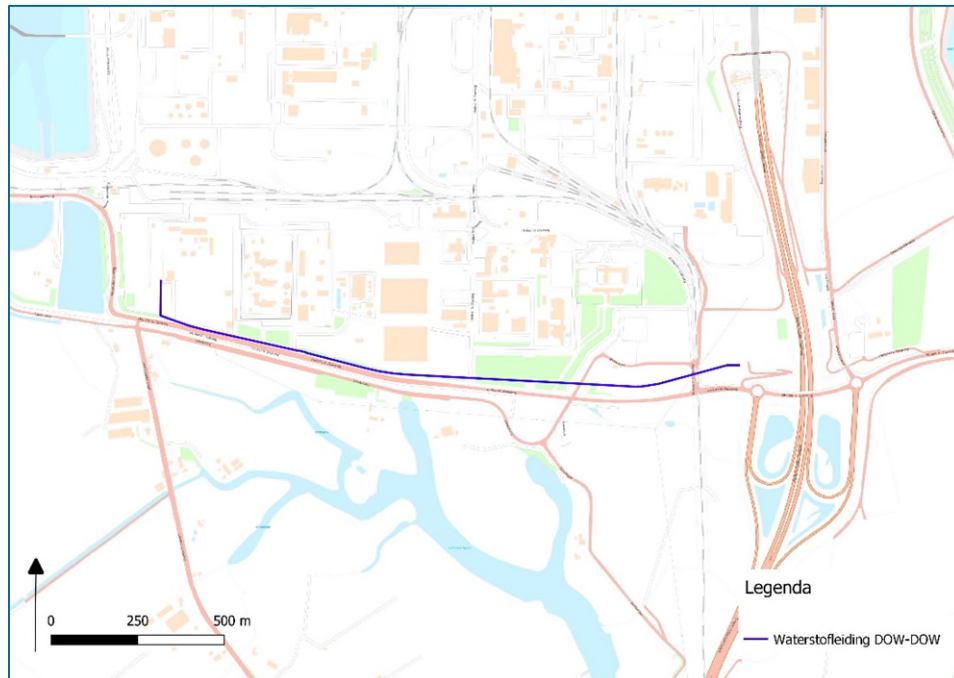
De berekeningen voor het deel van de leiding in het openbaar terrein zijn uitgevoerd overeenkomstig bovenstaande:

- volgens de Handleiding Risicoberekeningen Bevb (Hari Bevb), d.d 2021 versie nr. 3.2;
- het software programma Safeti-NL 8.5.

3 Beschrijving van de leiding en de omgeving

3.1 Ligging van de waterstofleiding

In Figuur 3-1 is de ligging van de leiding weergegeven.



Figuur 3-1: geplande ligging van de waterstofleiding.

Ligging van de leiding: DOW-Terneuzen West en DOW-Terneuzen Oost

Beginnend vanaf het meest oostelijke punt van deze leiding, loopt deze gedurende circa 1475 meter min of meer parallel aan de Herbert H. Dowweg. Op een gegeven moment overschrijdt de leiding in het westen de inrichtingsgrens van DOW Terneuzen (direct na de Herbert H. Dowweg nr 7, Havennummer 191). Op deze inrichtingsgrens stopt dit deel van de studie. Dit deel van de leiding valt onder de jurisdictie van het Bevb. We noemen dit het Bevb-deel van de waterstofleiding.

3.2 Omgeving van de Bevb waterstofleiding

De volgende bestemmingen worden door deze leiding doorkruist (onderzocht via www.ruimtelijkeplannen.nl):

- Groen
- Verkeer;
- Bedrijf;
- En een aantal vlakken met onbekende bestemming (bestemmingsplan is niet digitaal beschikbaar);

Dichtst bijgelegen objecten bij de leiding zijn onder andere:

- Lovenpolderstraat 19L1, 4542 NS Hoek: bedrijf (schuur): 65 m
- Lovenpolderstraat 19 en 18: 4542 NS Hoek: 2 woningen: 150 m
- Lovenweg 16, 4542 NR Hoek, 1 woning: 150 m

- Lovenweg 36, 4542 NR Hoek, 1 agrarisch bedrijf: 165 m
- Boerengat 45, 4542 PZ Hoek, 1 agrarisch bedrijf: 150 m.

Onderzocht met behulp van <https://streetsmart.nl> en www.ruimtelijkeplannen.nl.

Kenmerken van de leiding

SGS heeft de data van dit nieuwe leidingdeel beschikbaar gesteld (tabel 3.1).

Tabel 3-1: Data ondergronds deel van de waterstof-leiding (ten behoeve van Bevb berekening).

Parameter	Eenheid	Waarde
Coördinaten	[m]	Aangeleverd
Product	[-]	Waterstof 100%
Uitwendige diameter	[mm]	168,3
Wanddikte	[mm]	9,6
Inwendige diameter	[mm]	149,1
Ontwerp druk	[bar]	100
Diepteligging/dekking	[m]	1,2 m (gedurende circa 200 m oostelijke deel) de rest ligt veel dieper (gestuurde boring) gerekend met 10 m
Pompdebiet	[Nm ³ /s]	Niet gespecificeerd
Overall lengte	[km]	Circa 1,8
Lengte in Nederland	[km]	Circa 1,8
Grondsamenstelling	[-]	Zand en klei
Maatregelen Tier 2	[-]	Alle stand der techniek maatregelen
Maatregelen Tier 3	[-]	CI1: Eis voorzorgsmaatregel bij graafmelding (opgevat als actief rappel binnen 10 dagen)
		CI2: Waarschuwinglint met beschermingsplaten
		CI3: Strenge eisen op werkzaamheden conform VELIN Voorschriften (opgevat als: vergaande restricties)
		CI5: Actief rappel na KLIC melding: aanwijzen leiding bij nabijgelegen werkzaamheden van derden (opgevat als strikte begeleiding werkzaamheden.)
		CI6: Gemiddelde dekmaat: 1,2 m (oostelijke deel van circa 200 m) en 10 m (rest van de leiding, aangelegd met gestuurde boring).
Aanvullende veiligheidsmaatregelen (TIER 3)		Mechanische oorzaken: Geen maatregel geselecteerd
		Inwendige corrosie: medium is aantoonbaar inherent niet corrosief; (opgevat als medium aantoonbaar inherent niet corrosief)
		Uitwendige corrosie: geen maatregel geselecteerd.
		Natuurlijke oorzaken: ontoelaatbare zettingen zijn uitgesloten ¹ .
		Operationeel: SIL+1 ² .

¹ Op basis van onderzoek (grondloket, sonderingen)

² De detail engineering van deze leiding is nog niet gevorderd tot het niveau dat aangegeven kan worden wat de SIL-klasse wordt. Air Liquide heeft aangegeven voor deze leiding een SIL+1 klasse toe te passen.

Tabel 3-2: Aanvullende gegevens van de leiding.

Parameter	Eenheid	Waarde
Coördinaten	[m]	Aangeleverd
Diameter uitwendig	[mm]	168,3
Max werkdruk	[Barg]	100
Wanddikte	[mm]	9,6
Yieldstress	[N/mm ²]	360
Dekking	[m-mv]	1,5 m
Charpy Energie	[J]	24
Extra dekking	[m]	0
Veiligheidsmaatregel cluster 2	[-]	Geen
Veiligheidsmaatregel cluster 3	[-]	Geen
Veiligheidsmaatregel cluster 4	[-]	Geen
Veiligheidsmaatregel cluster 5	[-]	Geen

4 Modelling

4.1 Modelling volgens Bevb

De volgende H-zinnen zijn van toepassing op waterstof.

Tabel 4-1: H-zinnen van toepassing op waterstof

H-zin	Omschrijving
H220	Zeer licht ontvlambaar gas, Categorie 1

Dit betekent dat waterstof brandbaar is en niet toxisch.

Volgens Hari Bevb module D (chemicaliënleidingen) zijn in het algemeen voor brandbaar gas-leidingen de volgende twee scenario's relevant:

- Breuk van de leiding (toestroming via twee kanten);
- Lek met een effectieve diameter van 10% van de inwendige diameter (met een maximum van 20 mm). In dit geval een diameter lek van 14,9 mm.

Deze scenario's worden hieronder uitgewerkt. In onderstaande tabel zijn een aantal modelleringsaspecten opgenomen.

Tabel 4-2: Modelleringsgegevens Waterstof tabel 1

Modelleringsparameter	Eenheid	Waterstofleiding	In rekenmodel opgenomen
Stof	[-]	Waterstof 100%	Waterstof 100%
Temperatuur	[°C]	9,8	9,8
Inwendige diameter	[mm]	149,1	149,1
Ontwerpdruk	[Barg]	100	100
Maximale werkdruk	[Barg]	100 ³	100
Gebruikelijk debiet door de leiding	[Nm ³ /uur]	Niet gespecificeerd	0
Materiaal waaruit de grond bestaat	[-]	Klei en zand	Mix
Stand der techniek maatregelen van toepassing?	[-]	Ja, alle	Ja, alle
Lengte van het leidingstuk	[km]	1,8	1,8
Totale lengte van de gehele leiding inclusief aanvoer en afvoer	[km]	32,1	32,1
-voor eerste punt leiding (west)	[km]	>0,1	0,1
-na laatste punt leiding (oost)	[km]	>30,2	30,2
Kenmerken aanvoerende leiding			Identiek verondersteld aan die van het leidingstuk dat bestudeerd wordt
Kenmerken afvoerende leiding			Identiek verondersteld aan die van het leidingstuk dat bestudeerd wordt
Veiligheidsmaatregelen		Zie paragraaf hierna	Zie paragraaf hierna
Diepteligging	m-mv [m]	1,2 of 10 m	1,2 of 10 m
Fractie jaar gebruik	%	100	100

Toelichting debiet:

Door een debiet van 0 Nm³/uur te modelleren is overal in de leiding de druk identiek. Wanneer

³ Merk op dat deze leiding wordt aangesloten op een **bestaande** (waterstof)leiding welke ook een ontwerpdruk van 100 barg heeft. Deze leiding wordt dus niet aangesloten op de nieuw te realiseren waterstofleiding welke een ontwerpdruk heeft van 64 barg.

er dan een breuk of lek op treedt, zijn de effecten worst-case. Daarom is er 0 Nm³/h gemodelleerd.

Toelichting lengte leiding:

Verondersteld is dat de leiding aan de oost kant is aangesloten op een netwerk. Daarom wordt aan die kant van de leiding de helft van de in de aardgasmethode genoemde afstand van 64 km gemodelleerd. Aan de west kant van de leiding is verondersteld dat er nog een kort netwerk is: hier is 0,1 km extra leidingwerk gemodelleerd.

Tabel 4-3: Modelleringsgegevens Waterstof tabel 2

Modelleringsparameter	Eenheid	In rekenmodel opgenomen
Relevant scenario	[-]	Breuk van de buisleiding: diameter 149,1 mm Lek diameter van de buisleiding 10% max 20 mm: 14,9 mm
Hoe te modelleren ?	[-]	Breuk: Long pipeline model Lek: Long pipeline model
Ontstekingskans	[-]	Breuk: 1 Lek: 1
Uitstroombuigtheids	[m]	0,01 m
Krater nodig	[-]	Breuk: ja Lek: Ja
Materiaal van de grond		Mix
Diepteligging	[m]	1,2 m of 10 m
Richting uitstroming	[-]	Breuk: Verticaal Lek: Verticaal
Locatie lek	[-]	Puncture on top
Ruwheidswaarde van de buisleiding	[μm]	45 (default)
Time varying release	[-]	Average between 2 times'
Relevant interval voor berekening effecten	[s]	0 tot 20 (default)
Meteo bestand	[-]	Vlissingen (dichtstbij gelegen meteo station)
Oppervlakteruwheid omgeving	[-]	Gemiddelde: 0,10 m (zie paragraaf 4.2)

4.1.1 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 basis frequentie.
- 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 hieronderstaande wordt dit toegelicht.

Faalfrequenties niveau 1

De faalfrequenties voor de transportleidingen gelden voor de leiding inclusief de verbindingen, zoals flenzen, lassen en kleppen en exclusief pompen. Volgens de Hari Bevb Module D 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).

Faalsoorzaak	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 nieuw aan te leggen leidingen is het uitgangspunt dat alle 'stand der techniek' maatregelen van toepassing zijn. Dit betekent dat de faalfrequentie tabel is aangepast volgens onderstaande tabel.

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

Faalsoorzaak	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 en andere veiligheidsverhogende maatregelen.

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).

In dit rapport gaan we ervan uit dat de leidingen een diepteligging hebben van 1,2 m en 10 m. In het traject zijn HDD boringen opgenomen. HDD boringen hebben een diepteligging die in werkelijkheid vaak veel dieper gaan dan de eerder genoemde 1,2 m. We gaan in deze berekening uit van 10 m.

Tabel 4-6: Tabel met correctie factoren als gevolg van dekking (diepteligging).

Nr	Diepte- ligging [m]	Reverentie diepteligging [m]	Correctie factor (beschadiging derden)	BREUK: Resulterende faalfrequentie (beschadiging door derden)	LEK: Resulterende faalfrequentie (beschadiging door derden)
1	1,2	0,84	4,87	$7,46 \times 10^{-6}$	$1,1 \times 10^{-5}$
2	10	0,84	$3,5 \times 10^{+6}$	$5,02 \times 10^{-15}$	$7,45 \times 10^{-15}$

Andere veiligheidsverhogende maatregelen

- Cluster 1: actief rappel binnen 10 dagen;

- Cluster 2: waarschuwingslint met betonplaten;
- Cluster 3: verregaande restricties;
- Cluster 4: Geen maatregel;
- Cluster 5: indien actief rappel in cluster 1: strikte begeleiding werkzaamheden
- Mechanisch: Geen maatregel;
- Inwendige corrosie: Medium is inherent niet corrosief;
- Uitwendige corrosie: Geen maatregel;
- Natuurlijke oorzaken: Ontoelaatbare zettingen uitgesloten.
- Operationale oorzaken: SIL+1.

De resulterende faalfrequentie bedraagt (zie bijlage 1 voor een berekening):

Tabel 4-7: Tabel met faalfrequentie van leidingdelen met een specifieke dekking.

Nr	Diepteligging [m]	Breuk faalfrequentie [1/y.km]	Lek Faalfrequentie [1/y.km]
1	1,2	$1,257 \times 10^{-5}$	$7,429 \times 10^{-5}$
2	10	$1,257 \times 10^{-5}$	$7,429 \times 10^{-5}$

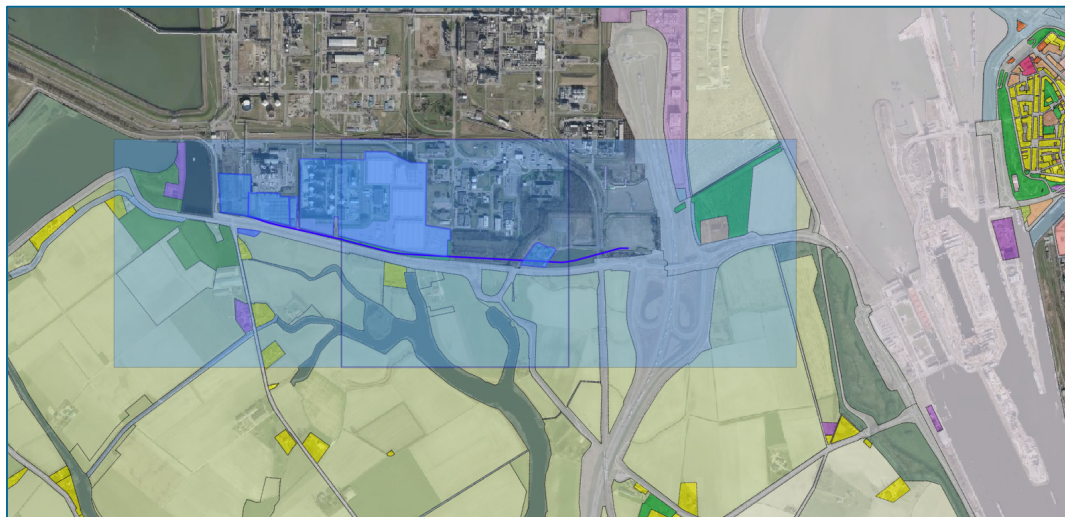
4.2 Oppervlakteruwheid en meteobestand

De rijksoverheid heeft een tool beschikbaar gesteld om de oppervlakteruwheid mee te bepalen. Het betreft het txt bestand te vinden op:

<https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/publicaties/2020/03/13/ruwheidskaart-2020/2020-ruwheidskaart.zip>

Wijze van bepalen van de oppervlakte ruwheid:

Er is een 3-tal km vlakken gedefinieerd welke voor 100% de leiding bedekken. Van deze km vlakken is de oppervlakteruwheid bepaald via de hiervoor genoemde tool. Van de gevonden oppervlakteruwheden is een gemiddelde berekend: dit gemiddelde is in de berekeningen gebruikt. Zie figuur 4.1.



Figuur 4-1: Km vlakken en ligging van de leiding.

In onderstaande tabel zijn de hoekpunten (links onder) van de vlakken gegeven welke zijn gebruikt. De gemiddelde oppervlakteruwheid is 0,170 m. Deze is gebruikt in de berekening.

Tabel 4-8: Afleiding van de oppervlakteruwheid voor de omgeving van de waterstofleiding

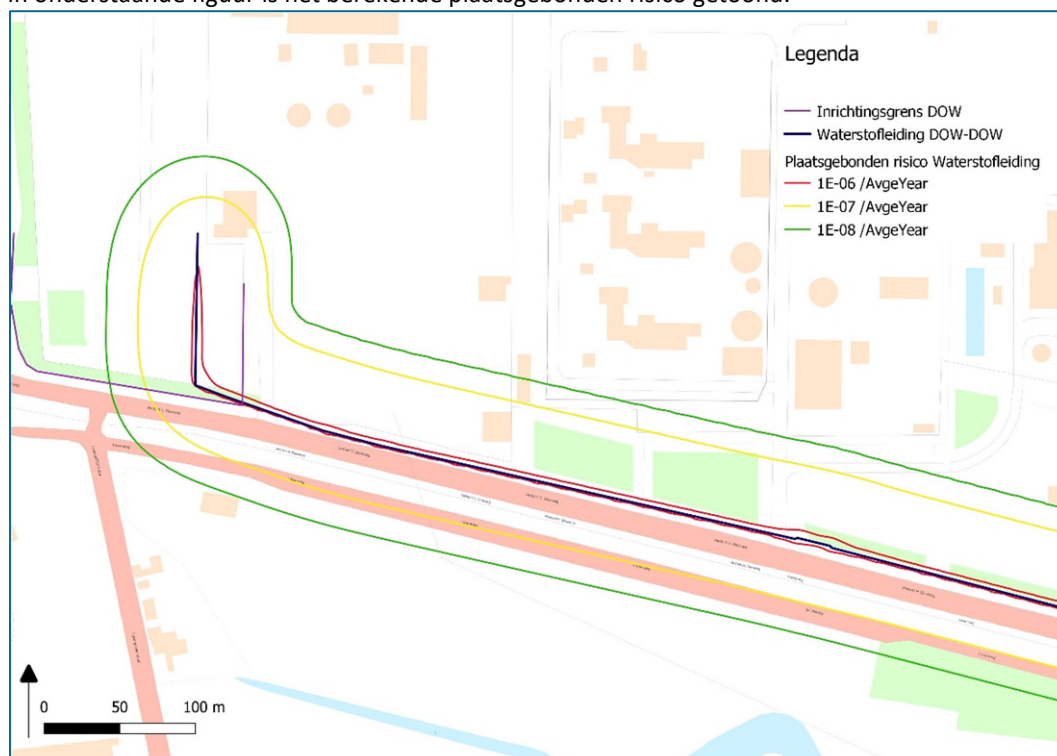
Nr	X- coördinaat [km]	Y- coördinaat [km]	Ruwheidslengte [m]
1	43	372	0,328
2	44	372	0,089
3	44	371	0,092
Gemiddelde			0,170

Als meteobestand is gebruik gemaakt van het meteobestand Vlissingen.

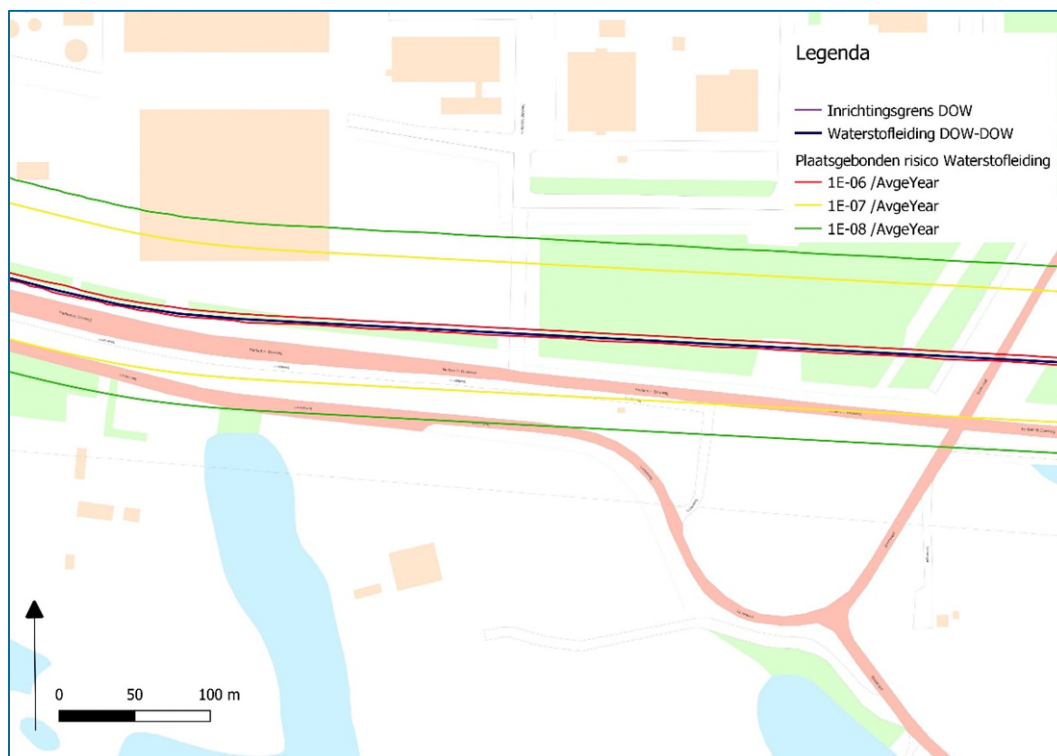
5 Resultaten

5.1 Plaatsgebonden risico Bevb

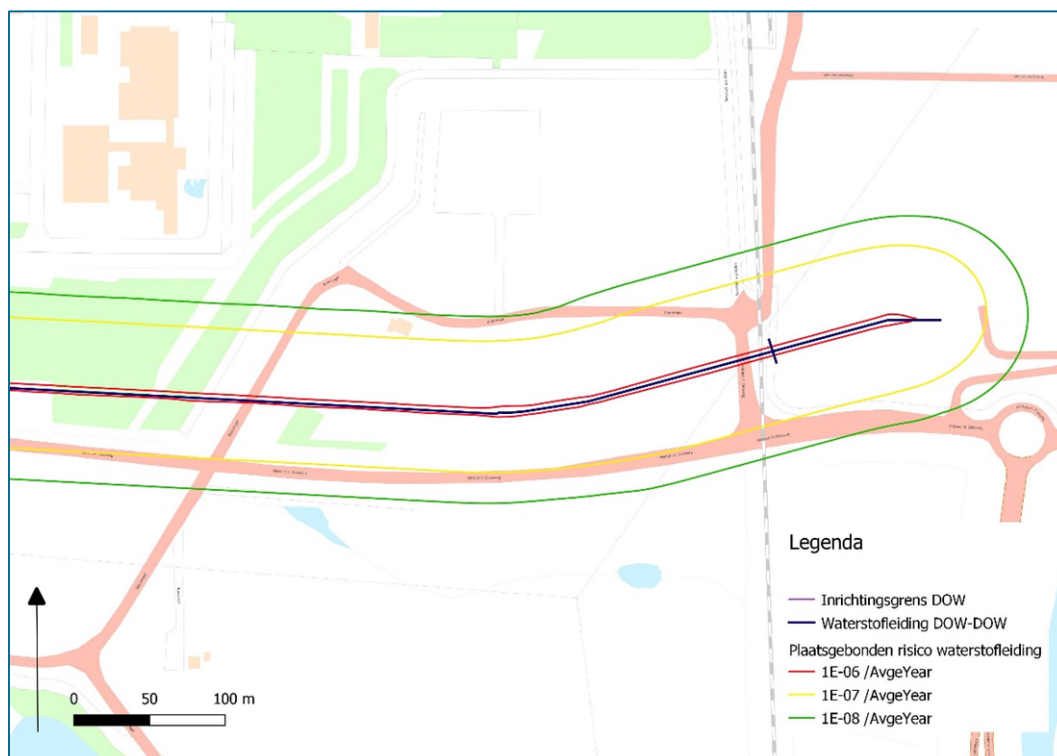
In onderstaande figuur is het berekende plaatsgebonden risico getoond.



Figuur 5-1: Plaatsgebonden risico contouren.



Figuur 5-2: Plaatsgebonden risico contouren.



Figuur 5-3: Plaatsgebonden risico contouren.

Tabel 5-1: Plaatsgebonden risico contour afstanden (invloedsgebied, aandachtsgebied)

Parameter	Afstand van leiding tot contour [m]
10^{-6} /jaar	5 m of minder
10^{-7} /jaar	47
10^{-8} /jaar	64
Invloedsgebied	78
Brand aandachtsgebied	78
Explosie aandachtsgebied	Niet aanwezig

5.2 Groepsrisico Bevb

Het invloedsgebied voor de externe veiligheid van deze leiding bedraagt circa 78 m. Er zijn bevolkingsvlakken aangebracht in het rekenbestand (zie paragraaf 5.5). Het berekende groepsrisico blijft nihil: de grafiek blijft leeg. Er worden maximaal 6 slachtoffers berekend. Aangezien de groepsrisico grafiek per wet is gedefinieerd beginnend bij 10 slachtoffers, is er formeel geen groepsrisico.

5.3 Toetsing aan normen van het Bevb

De eisen uit het Bevb zijn als volgt:

1. Plaatsgebonden risicocontour 10^{-6} /jaar ligt op 5 m of minder gemeten vanuit het hart van de leiding;
2. Binnen de plaatsgebonden risicocontour 10^{-6} /jaar liggen geen kwetsbare objecten.

Ad 1: Hierboven is aangetoond dat de plaatsgebonden risicocontour 10^{-6} /jaar op 5 m ligt of minder dan 5 m gemeten vanuit het hart van de leiding.

Conclusie is dat is voldaan aan de normen van het Bevb.

6 Conclusie

Het plaatsgebonden risico en het groepsrisico is berekend van een nog aan te leggen waterstofleiding van circa 1,8 km nabij DOW Terneuzen.

Op basis van de aangedragen leiding kenmerken is het volgende geconcludeerd:

Plaatsgebonden risico

Het plaatsgebonden risico 10^{-6} /jaar van de leiding is 5 m kleiner, gemeten vanuit het hart van de leiding. Tevens bevinden zich geen kwetsbare objecten binnen de 10^{-6} /jaar contour. Daarmee voldoet deze leiding aan de norm zoals opgenomen in het Bevb voor het plaatsgebonden risico.

Groepsrisico

Het berekende groepsrisico is formeel afwezig: er worden minder dan 10 slachtoffers berekend.

Bijlage 1: Berekening faalfrequenties (Bevb)

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 KUC/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 tripssettings.	☒
	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	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%
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	Actief rappel (actie binnen 10 dagen)	1,2
Maatregelen cluster 2	Waarschuwinglint plus beschermplaten	30
Maatregelen cluster 3	Vergaande restricties	100
Maatregelen cluster 4	Geen maatregel	1
Maatregelen cluster 5	Indien actief rappel cluster 1: Stikte begeleiding werkzaamheden	2,5
Maatregelen cluster 6: extra dekking	0,0	1
Maatregelen cluster 7	Geen maatregel	1
Totaal van de factoren	21.354	
Gecorrigeerde faalfrequentie	1,23E-09	
Onderwerp	Mechanisch	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	3,86E-05	
Maatregelen	Geen maatregel	1,00
Totaal van de factoren	1	
Gecorrigeerde faalfrequentie	3,86E-05	
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	1.000.000.000	
Gecorrigeerde faalfrequentie	1,17E-14	
Onderwerp	Uitwendige corrosie	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	3,52E-05	
Maatregelen	Geen maatregel	1,00
Totaal van de factoren	1,00E+00	
Gecorrigeerde faalfrequentie	3,52E-05	
Onderwerp	Natuurlijke oorzaken	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	3,60E-06	
Maatregelen	Natuurlijke oorzaken kunnen worden uitgesloten	100,00
Totaal van de factoren	1,00E+02	
Gecorrigeerde faalfrequentie	3,60E-08	
Onderwerp	Operationeel/overig	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	4,56E-06	
Maatregelen	Overdrukbeveiliging zoals toegepast SIL= Berekende SIL+1	10,00
Totaal van de factoren	1,00E+01	
Gecorrigeerde faalfrequentie	4,56E-07	
Onderwerp	Totaal gecorrigeerde faalfrequentie LEK	
Faalfrequentie niveau 1	4,50E-04	
Faalfrequentie niveau 2	1,20E-04	ontstekingskans
Gecorrigeerde faalfrequentie	7,4293E-05	
Faalfrequentie als perc van niveau 1	17%	
Faalfrequentie als perc van niveau 2	62%	

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 veiligheidsbeheerssysteem 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 corrosietoets 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 [km ⁻³ 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	Actief rappel (actie binnen 10 dagen)	1,2
Maatregelen cluster 2	Waarschuwingsslint plus beschermplaten	30
Maatregelen cluster 3	Vergaande restricties	100
Maatregelen cluster 4	Geen maatregel	1
Maatregelen cluster 5	Indien actief rappel cluster 1: Stikte begeleiding werkzaamheden	2,5
Maatregelen cluster 6: extra dekking	0,0	1
Maatregelen cluster 7	Geen maatregel	1
Totaal van de factoren	21,354	
Gecorrigeerde faalfrequentie	8,29E-10	
Onderwerp	Mechanisch	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	7,96E-06	
Maatregelen	Geen maatregel	1,00
Totaal van de factoren	1	
Gecorrigeerde faalfrequentie	7,96E-06	
Onderwerp	Inwendige corrosie	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	1,41E-06	
Maatregelen	Medium is aantoonbaar inherent niet corrosief voor materiaal buisleiding (visa v	2,000,00
Totaal van de factoren	1,000,000,000	
Gecorrigeerde faalfrequentie	1,41E-15	
Onderwerp	Uitwendige corrosie	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	4,25E-06	
Maatregelen	Geen maatregel	1,00
Totaal van de factoren	1,00E+00	
Gecorrigeerde faalfrequentie	4,25E-06	
Onderwerp	Natuurlijke oorzaken	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	2,26E-06	
Maatregelen	Natuurlijke oorzaken kunnen worden uitgesloten	100,00
Totaal van de factoren	1,00E+02	
Gecorrigeerde faalfrequentie	2,26E-08	
Onderwerp	Operationeel/overig	Factor
Ongecorrigeerde faalfrequentie	3,40E-06	
Maatregelen	Overdrukbeveiliging zoals toegepast SI= Berekende SI+1	10,00
Totaal van de factoren	1,00E+01	
Gecorrigeerde faalfrequentie	3,40E-07	
Onderwerp	Totaal gecorrigeerde faalfrequentie BREUK	
Faalfrequentie niveau 1	1,50E-04	
Faalfrequentie niveau 2	3,70E-05	ontstekings kans
Gecorrigeerde faalfrequentie	1,25734E-05	
Faalfrequentie als perc van niveau 1	8%	
Faalfrequentie als perc van niveau 2	34%	
Verhouding lek/breuk	0,16 breuk	
	0,84 lek	

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

Zutphenseweg 31D
7418 AH DEVENTER
Postbus 321
7400 AH DEVENTER
T. (06) 10892217
E. jelte.janzen@anteagroup.nl

www.anteagroup.nl

Copyright © 2022

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.