

Kwantitatieve risicoanalyse gastransportleiding A-538 i.v.m. Windpark Spuisluis

Eneco Wind B.V.

Report No.: OGNL.133748, Rev. 2

Document No.: 10028176

Date: 2017-03-21



Report title: Kwantitatieve risicoanalyse gastransportleiding A-538 i.v.m. Windpark Spuisluis

Customer: Eneco Wind B.V.

Contact person: A. Melchers

Date of issue: 2017-03-21

Project No.: 10028176

Organisation unit: Risk Management Advisory

Report No.: OGNL.133748, Rev. 2
10028176

DNV GL Oil & Gas
Gas Consulting Services
Energieweg 17
9743 AN Groningen
Tel: +31 50 700 9777

Applicable contract(s) governing the provision of this Report:

Objective: Kwantitatieve risicoanalyse deels bovengrondse gastransportleiding A-538

Prepared by:



Verified by:



Approved by:



R. Coster
Technical consultant Pipeline Integrity & Inspection

D.M. Triezenberg
Consultant Risk Management Advisory

R. Beks
Deputy Head of Section Risk Management Advisory

Copyright © DNV GL 2017. All rights reserved. Unless otherwise agreed in writing: (i) This publication or parts thereof may not be copied, reproduced or transmitted in any form, or by any means, whether digitally or otherwise; (ii) The content of this publication shall be kept confidential by the customer; (iii) No third party may rely on its contents; and (iv) DNV GL undertakes no duty of care toward any third party. Reference to part of this publication which may lead to misinterpretation is prohibited. DNV GL and the Horizon Graphic are trademarks of DNV GL AS.

DNV GL Distribution:

Keywords:

- ☒ Unrestricted distribution (internal and external)
- ☐ Unrestricted distribution within DNV GL
- ☐ Limited distribution within DNV GL after 3 years
- ☐ No distribution (confidential)
- ☐ Secret

Rev. No.	Date	Reason for Issue	Prepared by	Verified by	Approved by
0	13-01-2017	Eerste uitgifte	R. Coster	M. Plieger	R. Beks
1	21-02-2017	Kleine correcties en redactionele aanpassing	R. Coster		R. Beks
2	21-03-2017	Aanpassing autonome faalfrequentie bovengrondse leiding n.a.v. nieuwe rekenmethodiek	R. Coster	D.M. Triezenberg	R. Beks

Inhoudsopgave

SAMENVATTING	1
1 INLEIDING	2
1.1 Verschil met eerdere versies	2
2 TOETSINGSKADER	3
3 UITGANGSPUNTEN.....	4
3.1 Ligging leiding en positie windturbines	4
3.2 Leidingparameters	5
3.3 Faalfrequentie	5
3.4 Gegevens turbines	6
3.5 Bevolkingsdata	6
3.6 Overige uitgangspunten	7
4 BEREKENING VAN DE ADDITIONELE FAALFREQUENTIE DOOR WINDTURBINES	8
4.1 Berekening werpafstand afgeworpen blad	8
4.2 Selectie relevante scenario's	8
4.3 Berekening additionele faalfrequentie ondergrondse leidingdelen	9
4.4 Berekening additionele faalfrequentie bovengrondse leidingdelen	10
4.5 Resultaat faalfrequentieberekeningen	10
5 RESULTATEN RISICOBEREKENING	12
5.1 Plaatsgebonden risico	12
5.2 Groepsrisico	13
6 CONCLUSIES	15
7 REFERENTIES.....	16

SAMENVATTING

In dit rapport wordt een kwantitatieve risicoanalyse (QRA) gepresenteerd waarin plaatsgebonden risico (PR) en groepsrisicoberekeningen (GR) zijn uitgevoerd voor de hogedruk aardgastransportleiding A-538 van Gasunie Transport Services B.V. De gastransportleiding A-538 is gelegen in Velsen-Noord. De aanleiding voor de risicoberekeningen is de voorgenomen bouw van Windpark Spuisluis.

Deze leiding ligt een deel van het tracé bovengronds. Het programma CAROLA, dat in de Handleiding risicoberekeningen Bevb [2] is voorgeschreven voor risicoberekeningen aan ondergrondse aardgastransportleidingen, is niet geschikt voor leidingen die niet ondergronds liggen. Bovendien is het met CAROLA niet mogelijk om in de kwantitatieve risicoanalyse rekening te houden met de extra faalfrequentie van de leiding die wordt veroorzaakt door de windturbines. Om beide redenen zijn de berekeningen uitgevoerd met PIPESAFE.

De berekeningen wijzen het volgende uit:

Plaatsgebonden risico

In de bestaande situatie, voor de realisatie van Windpark Spuisluis, is het plaatsgebonden risico van de gastransportleiding A-538 plaatselijk groter dan 10^{-6} per jaar. De realisatie van het windpark heeft als gevolg dat de 10^{-6} per jaar PR-contour groter wordt. Binnen deze contour bevindt zich één object dat mogelijk als kwetsbaar object geldt.

Groepsrisico

Plaatsing van de windturbines van producent Senvion heeft niet tot gevolg dat de overschrijdingsfactor van het groepsrisico boven de één komt. Dit betekent dat de oriëntatiewaarde niet overschreden wordt. Omdat de Nordex- en de Vestas-turbines vergeleken met de Senvion-turbines een lagere additionele faalfrequentie van de leiding veroorzaken, volgt hieruit dat ook als deze turbines worden geplaatst de overschrijdingsfactor van het groepsrisico de oriëntatiewaarde niet overschrijdt.

1 INLEIDING

In dit rapport wordt een kwantitatieve risicoanalyse (QRA) gepresenteerd van de hogedruk aardgas-transportleiding A-538 van Gasunie Transport Services B.V. in Velsen-Noord. De QRA betreft de laatste 1300 meter van deze leiding. Windpark IJmond en Eneco Wind zijn voornemens het windpark 'Windpark Spuisluis' te realiseren in de nabijheid van dit deel van de leiding.

Het voorgenomen windpark zal bestaan uit zes turbines. De locaties van de zes turbines staan vast. Het staat nog niet vast welk type turbine er geplaatst zal worden, de initiatiefnemers hebben op dit moment drie turbintypes in overweging.

Uit een QRA die is uitgevoerd door Royal HaskoningDHV, is gebleken dat een kort gedeelte van de gasleiding A-538 binnen de maximale werpafstand ligt van twee van de zes turbines. Dat is de aanleiding voor de huidige QRA. In het voorliggende rapport wordt berekend wat het plaatsgebonden risico (PR) en het groepsrisico (GR) van de gasleiding A-538 is, rekening houdend met de additionele faalfrequentie van deze leiding die wordt veroorzaakt door de voorgenomen turbines. Dit PR en GR na realisatie van de turbines wordt vergeleken met het PR en GR in de bestaande situatie, om zo inzichtelijk te maken in welke mate het risico van de leiding toeneemt als gevolg van de plaatsing van de turbines.

De faalfrequentie van de leiding als gevolg van de windturbines is berekend conform de voorschriften in het Handboek risicozonering windturbines [5].

Over een lengte van zo'n 110 meter verloopt de leiding bovengronds, over het Binnenkanaal. Dit bovengrondse deel van de leiding ligt binnen de maximale werpafstand van twee turbines. Vanwege de bovengrondse ligging is het mogelijk dat bij een calamiteit aan dit deel van de leiding de uitstroming in horizontale richting zal plaatsvinden. De mogelijkheid van horizontale uitstroming van aardgas heeft tot gevolg dat het plaatsgebonden risico en het groepsrisico hoger zijn dan in een vergelijkbare situatie voor een ondergrondse leiding waar alleen verticale uitstroming mogelijk is.

De plaatsgebonden risico's en de groepsrisico's die gepresenteerd worden in dit rapport, zijn berekend met PIPESAFE en niet met CAROLA, het programma dat van overheidswegen is voorgeschreven voor het maken van QRA's van aardgasleidingen. Er zijn twee redenen om de berekeningen met PIPESAFE uit te voeren in plaats van met CAROLA: met CAROLA kan de extra faalfrequentie van de leiding als gevolg van de windturbines niet worden meegenomen en tevens is het met CAROLA niet mogelijk om rekening te houden met de mogelijke horizontale uitstroming van gas uit een bovengrondse leiding. PIPESAFE heeft beide mogelijkheden wel. Het rekenpakket CAROLA is afgeleid van het niet-openbare pakket PIPESAFE, maar heeft niet dezelfde volledige functionaliteit. Het RIVM heeft bij de invoering van CAROLA aangetoond dat risicoberekeningen met CAROLA en PIPESAFE aan ondergrondse aardgasleidingen vergelijkbaar zijn [3].

1.1 Verschil met eerdere versies

Recent heeft het RIVM een conceptrekenmethodiek gepubliceerd voor bovengrondse aardgasleidingen [7]. De resultaten in de huidige versie van het rapport zijn berekend conform deze nieuwe conceptrekenmethodiek, met de faalfrequentie die daarin wordt voorgeschreven.

2 TOETSINGSKADER

Dit rapport bevat de resultaten van plaatsgebonden risicoberekeningen en groepsrisicoberekeningen. De resultaten zijn getoetst aan de grens-, richt- en oriëntatiewaarde uit het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb) [1].

Het *plaatsgebonden risico* wordt hierin gedefinieerd als: "risico op een plaats nabij een buisleiding, uitgedrukt als de kans per jaar dat een persoon die onafgebroken en onbeschermd op die bepaalde plaats zou verblijven, overlijdt als rechtstreeks gevolg van een ongewoon voorval met die buisleiding". Voor kwetsbare objecten geldt een grenswaarde van 10^{-6} per jaar; voor beperkt kwetsbare objecten geldt een richtwaarde van 10^{-6} per jaar.

In het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi) [6], artikel 1, wordt gedefinieerd welke categorieën gebouwen tellen als beperkt kwetsbaar object of als kwetsbaar object.

De opsomming in het Bevi is niet limitatief; het bevoegd gezag kan, gemotiveerd, gebouwen en terreinen in het bestemmingsplan de kwalificatie "kwetsbaar" geven.

Het *groepsrisico* wordt gedefinieerd als: "cumulatieve kansen per jaar per kilometer buisleiding dat ten minste 10, 100 of 1000 personen overlijden als rechtstreeks gevolg van hun aanwezigheid in het invloedsgebied van een buisleiding en een ongewoon voorval met die buisleiding". De oriëntatiewaarde voor het groepsrisico is voor een ongeval met 10 of meer dodelijke slachtoffers 10^{-4} per jaar, voor een ongeval met 100 of meer dodelijke slachtoffers 10^{-6} per jaar en voor een ongeval met 1000 of meer dodelijke slachtoffers 10^{-8} per jaar. Een lijn door de punten ($F \cdot N^2 = 10^{-2}$ per jaar) bepaalt de oriëntatiewaarde. Hierbij is F de cumulatieve frequentie bij N of meer slachtoffers.

Het groepsrisico wordt berekend door rondom elk punt op de leiding een segment van een kilometer te kiezen, dat gecentreerd ligt ten opzichte van dit punt. Voor deze kilometer leiding wordt een FN-curve¹ berekend, welke wordt vergeleken met de oriëntatiewaarde² van het groepsrisico. Uit de maximale verhouding tussen de FN-curve en de oriëntatiewaarde volgt de overschrijdingsfactor³. Vervolgens wordt voor alle punten op de leiding deze maximale overschrijdingsfactoren in een grafiek uiteengezet, waaruit het maximum voor de beschouwde leiding kan worden bepaald. Dit maximum wordt gerapporteerd als het groepsrisico.

¹ De handreiking verantwoordingsplicht groepsrisico [3] omschrijft: "Het groepsrisico wordt weergegeven als een curve in een grafiek met twee logaritmisch geschaalde assen, de zogenaamde FN-curve. Op de y-as wordt de cumulatieve frequentie F (per jaar) uitgezet en op de x-as het aantal te verwachten slachtoffers N . De curve geeft het verband tussen de omvang van de getroffen groep (N) en de kans (F) dat in één keer een groep van ten minste die omvang komt te overlijden",

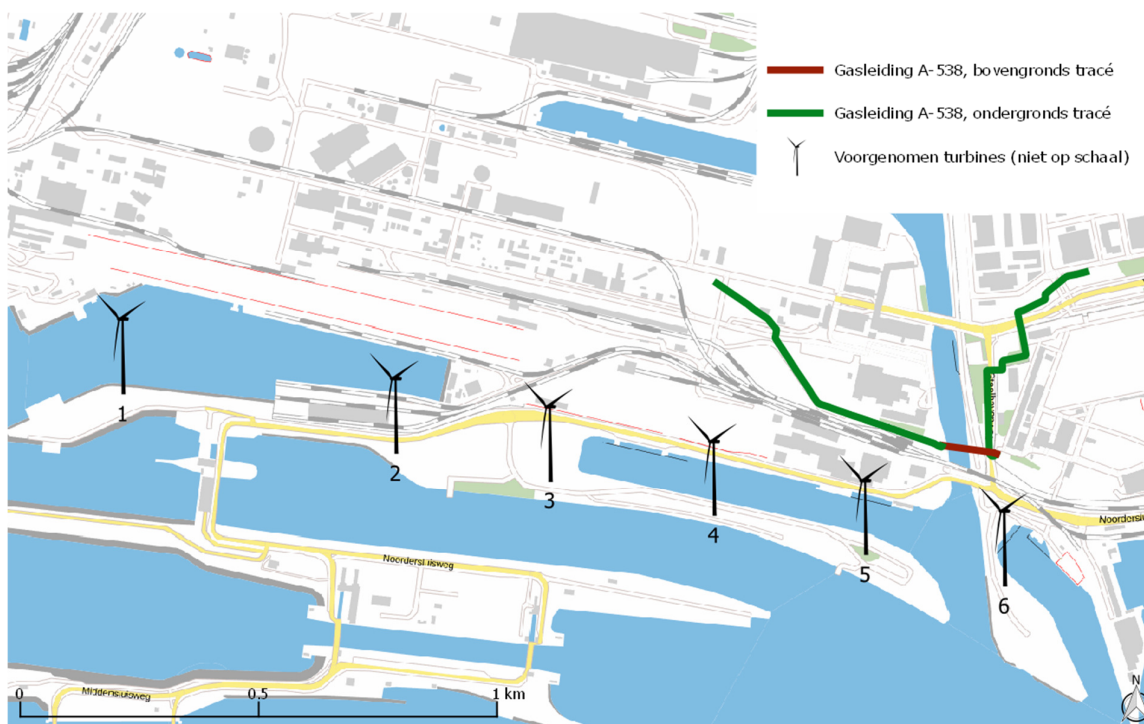
² Met de oriëntatiewaarde wordt in het Besluit externe veiligheid buisleidingen [1] bedoeld "de lijn die de kans weergeeft op een ongeval met 10 of meer dodelijke slachtoffers van ten hoogste 10^{-4} per jaar en de kans op een ongeval met 100 of meer dodelijke slachtoffers van ten hoogste 10^{-6} per jaar",

³ De overschrijdingsfactor is de maximale verhouding tussen de FN-curve en de oriëntatiewaarde. Daarmee is de overschrijdingsfactor een maat die aangeeft in hoeverre de oriëntatiewaarde wordt genaderd of overschreden. Een overschrijdingsfactor kleiner dan één geeft aan dat de FN-curve onder de oriëntatiewaarde blijft. Bij een waarde van één zal de FN-curve de oriëntatiewaarde raken. Bij een waarde groter dan één wordt de oriëntatiewaarde overschreden,

3 UITGANGSPUNTEN

3.1 Ligging leiding en positie windturbines

De ligging van de gastransportleiding wordt weergegeven op de volgende plattegrond, waarop tevens de posities van de zes turbines zijn aangegeven:



Figuur 1: Ligging van de A-538 en positie van de zes voorgenomen turbines.

In Figuur 1 zijn de zes turbines genummerd. Deze nummering zal in het verdere van het rapport worden aangehouden. De coördinaten en de afstand tot de leiding van de zes turbines zijn weergegeven in de volgende tabel.

Turbine nr.	X	Y	Afstand tot leiding [m]
1	101450	498565	1270
2	102023	498440	764
3	102347	498381	544
4	102691	498308	323
5	103009	498226	269
6	103301	498160	275

Tabel 1: Coördinaten en afstand tot de leiding van de turbines

3.2 Leidingparameters

De berekeningen zijn uitgevoerd op basis van de door Gasunie verschaftte ontwerpgegevens. De leidingparameters die voor de in dit rapport gepresenteerde berekeningen van belang zijn, zijn weergegeven in de volgende tabel.

Tabel 2: Leidingparameters

Gevaarlijke stof	Aardgas
Diameter [mm]	457
Minimale wanddikte [mm]	9,65
Staalsoort [$\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$]	386
Ontwerpdruk [barg]	66,2

De dekking van het ondergrondse gedeelte van gastransportleiding A-538 varieert over de lengte van de leiding. In de risicoberekeningen is deze variërende dekking ook toegepast.

3.3 Faalfrequentie

3.3.1 Ondergrondse deel van de leiding

De faalfrequentie van het ondergronds gelegen deel van de leiding is gebaseerd op schade door derden. Falen door corrosie wordt voldoende ondervangen in het zorgsysteem van Gasunie en de inspectie daarop door de overheid; met toestemming van het ministerie van I&M wordt falen door corrosie daarom niet meegenomen bij de bepaling van de faalfrequentie van de leidingen.

De faalfrequentie van het ondergrondse deel van de leiding als gevolg van schade door derden is gecorrigeerd met een factor 0,1189: factor 0,4 voor WION-wetgeving; factor 0,833 voor actief rappel en factor 0,357 voor casuïstiek (Handleiding risicoberekeningen Bevb [2], module B, pagina 18 en 19).

3.3.2 Bovengrondse deel van de leiding

Voor het bovengrondse deel van de leiding is gerekend met een autonome faalfrequentie van $8,1 \cdot 10^{-6}$ per km per jaar en alleen het scenario breuk van de leiding. De ontstekingskans is 1. Deze waarden zijn voorgeschreven in de conceptrekenmethodiek voor bovengrondse aardgasleidingen [7].

3.4 Gegevens turbines

Er zijn momenteel drie types turbine in overweging om geplaatst te worden. De voor de berekening relevante eigenschappen van deze turbines zijn weergegeven in de volgende tabel.

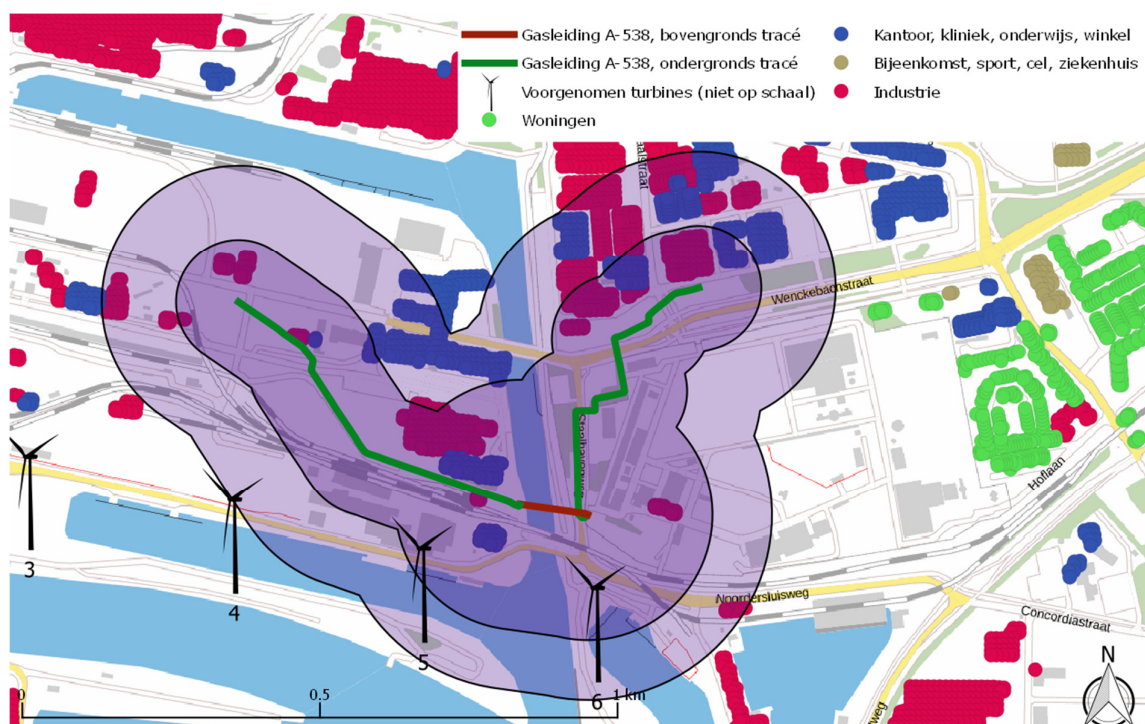
	Nordex	Senvion	Vestas
Ashoogte [m]	120	119	117
Bladlengte [m]	60	57,0	58,3
Nominaal toerental [rpm]	12,6	12,06	13,2
Massa blad [ton]	10,9	12,3	13,3
Afstand zwaartepunt blad tot as [m]	15,6	17,2	15,4
Afstand zwaartepunt blad tot uiteinde blad [m]	44,4	39,8	42,85

Tabel 3: Eigenschappen turbines

3.5 Bevolkingsdata

De bevolkingsgegevens van het gebied rond de leiding zijn afkomstig van de populatieservice van IPO (<http://populatieservice.demis.nl>). Deze gegevens zijn weergegeven in de plattegrond in Figuur 2. Het oorspronkelijke bestand met de bevolkingsdata wordt als bijlage bij dit rapport geleverd.

Zover bekend op basis van de informatie op www.ruimtelijkeplannen.nl spelen er geen bestemmingsplanwijzigingen.



Figuur 2: Bevolkingsgegevens van het gebied rond de leiding. Deze gegevens zijn afkomstig van de populatieservice van IPO. De 1 procent en 100 procent letaliteitsgebieden zijn als paarse gebieden aangegeven.



De bevolkingsdata bevat objecten van verschillende categorieën. In de volgende tabel is voor elke categorie aangegeven hoeveel procent van de personen overdag en 's nachts aanwezig zijn.

Categorie	Procent overdag aanwezig	Procent 's nachts aanwezig
Woningen	50	100
Kantoor, kliniek, onderwijs, winkel	100	0
Bijeenkomst, sport, cel, ziekenhuis	100	100
Industrie	100	30

3.6 Overige uitgangspunten

In de risicoberekeningen is gebruik gemaakt van de windroos van weerstation IJmuiden.

Behalve de voorgenomen turbines die de aanleiding vormen voor deze risicoberekeningen, zijn langs het tracé geen risico verhogende objecten geïdentificeerd, welke meegenomen dienen te worden in de risicoanalyse.

4 BEREKENING VAN DE ADDITIONELE FAALFREQUENTIE DOOR WINDTURBINES

4.1 Berekening werpafstand afgeworpen blad

Als een blad afbreekt terwijl de turbine draait, zal het worden weggeworpen en op een afstand van de turbine terecht komen. Het handboek risicozonering windturbines geeft de formule⁴ waarmee berekend kan worden op welke afstand van de turbine het blad terecht komt, afhankelijk van onder andere de draaisnelheid en de hoek waaronder het blad afbreekt.

Voor de drie types turbine is, met gebruikmaking van de formule die in het Handboek risicozonering windturbines wordt gegeven, berekend wat de maximale werpafstand is als het blad afgeworpen wordt bij nominaal toerental of bij overtoeren (tweemaal nominaal toerental). De resultaten van deze berekening zijn weergegeven in de volgende tabel.

Type turbine	Werpafstand bij nominaal toerental [m]	Werpafstand bij overtoeren [m]
Nordex	112	268
Senvion	119	289
Vestas	115	279

Tabel 4: Werpafstanden van de drie types turbine

Turbines nr. 1 tot 4 staan op meer dan 300 meter van de leiding (zie Tabel 1). Hieruit volgt dat een blad dat van deze turbines afbreekt de leiding niet kan raken. In deze QRA kunnen deze vier turbines dus verder buiten beschouwing blijven.

De minimale afstand van de turbines tot de leiding is 269 meter. Hiermee is het uitgesloten dat een blad dat bij nominaal toerental afbreekt, de leiding treft. Het enige scenario dat in deze QRA beschouwd hoeft te worden is het afbreken van een turbineblad bij overtoeren.

4.2 Selectie relevante scenario's

Het handboek risicozonering windturbines [5] schrijft voor dat in de berekening van de additionele faalfrequentie van de leiding door de nabijheid van de windturbines, rekening moet worden gehouden met vier scenario's:

1. Het omvallen van de turbine, waarbij de mast bij de voet afbreekt.
2. Het afbreken van de gondel van de turbine, die dan in de nabijheid van de voet van de mast neerkomt.
3. Het afbreken van een van de bladen van de turbine terwijl deze bij nominaal toerental draait.
4. Het afbreken van een van de bladen, terwijl de turbine draait bij overtoeren, gedefinieerd als een snelheid van tweemaal het nominale toerental.

⁴ Deze formule is te vinden in paragraaf 3.1.2 van bijlage A van het handboek.

Uit Tabel 1 (pagina 4) valt te constateren dat de minimale afstand van de leiding tot een van de windturbines, 269 meter is. Deze afstand is zo groot dat het uitgesloten is dat een van de turbines omvalt over de leiding heen of dat de gondel van een turbine afbreekt en de leiding raakt.

In de vorige paragraaf is berekend wat de maximale afstand vanaf de turbine is waar een blad kan neerkomen dat bij nominaal toerental of overtoeren afbreekt. Hieruit blijkt dat een blad dat bij nominaal toerental afbreekt de leiding niet kan raken. Het enige scenario dat overblijft om rekening mee te houden is scenario 4, het afbreken van een turbineblad terwijl de turbine bij overtoeren draait.

Het handboek risicozonering windturbines geeft de volgende frequentie voor dit scenario:

Scenario	Frequentie [turbine ⁻¹ jaar ⁻¹]
Bladbreek bij overtoeren	$5 \cdot 10^{-6}$

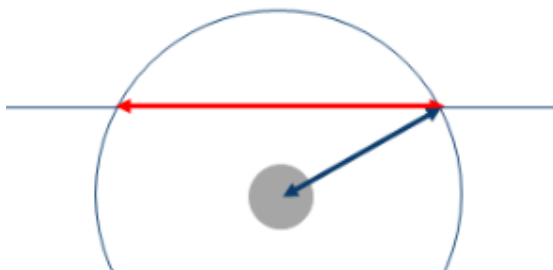
Tabel 5: Frequentie van het relevante scenario

4.3 Berekening additionele faalfrequentie ondergrondse leidingdelen

Wanneer een turbineblad op de grond neerkomt, ontstaat er een schokgolf in de bodem. Als het punt waar de turbinecomponent neerkomt in de buurt van de ondergrondse leiding is, kan deze schokgolf de leiding doen bezwijken.

Het handboek risicozonering windturbines [5] bevat een serie formules⁵ waarmee berekend wordt binnen welke afstand de schokgolf door de grond de leiding doet bezwijken.

De volgende illustratie is overgenomen uit het handboek risicozonering windturbines:



Figuur 3: Verticale dwarsdoorsnede van de lucht/aarde, loodrecht op de leiding (grijs), waarmee de kritische breedte van de strook (rood) als functie van de kritische afstand (blauw) en diepteligging wordt bepaald⁶

Als het zwaartepunt van de neerkomende component op de grond neerkomt binnen de kritische strook (rood in de figuur), dan zal de leiding bezwijken. De breedte van de kritische strook is afhankelijk van de kritische straal (blauw) en de diepteligging van de leiding. De kritische straal wordt berekend uit de kinetische energie van het neerkomende object en de ontwerpparameters van de leiding.

⁵ Deze formules zijn te vinden in paragraaf 8.1.1 en 8.1.2 van bijlage C van het handboek risicozonering windturbines [5].

⁶ Overgenomen uit het Handboek risicozonering windturbines, Figuur 21, bijlage C-53.

Voor de berekening is de leiding opgedeeld in korte secties (maximaal 2 meter lang). Per sectie is de kritische strook berekend. Per strook is vervolgens de kans berekend dat een afgebroken blad precies in die strook landt.

De faalfrequentie van één specifieke ondergrondse leidingsectie is berekend volgens de volgende formule:

$$FF = P \cdot F$$

FF: Faalfrequentie [jaar⁻¹] van het leidingsegment als gevolg van het bij overtoeren afbreken van een blad van een turbine.

P: Kans dat een bij overtoeren afgebroken blad neerkomt binnen de kritische strook van dit leidingsegment.

F: Frequentie van het scenario dat een blad afbreekt bij overtoeren, dus $5 \cdot 10^{-6}$ jaar⁻¹.

Deze berekening is uitgevoerd voor iedere ondergrondse leidingsectie. Per leidingsectie is de berekening twee keer uitgevoerd, een keer voor turbine nr. 5 en een keer voor turbine nr. 6 (zoals in de vorige paragraaf besproken kunnen de overige vier turbines buiten beschouwing blijven). De totale faalfrequentie van een specifieke ondergrondse leidingsectie is de som van de faalfrequentie door turbine 5 en 6.

4.4 Berekening additionele faalfrequentie bovengrondse leidingdelen

De faalfrequentieberekening van het bovengrondse gedeelte van de leiding is gebaseerd op de aanname dat deze bovengrondse leiding zal breken als deze geraakt wordt door een afgebroken blad van een turbine. De leiding kan geraakt worden door de punt van het blad als het zwaartepunt van het blad neerkomt binnen een zekere afstand vanaf de leiding. Het betreft de afstand van het zwaartepunt tot het einde van het blad. Hierdoor wordt een kritische strook links en rechts van de leiding bepaald. Als het blad in die strook neerkomt, zal de leiding breken.

Net als bij het ondergrondse gedeelte van de leiding, is het bovengrondse deel opgedeeld in segmenten van maximaal 2 meter lang. Per segment is de kritische strook bepaald. De faalfrequentie van ieder bovengronds segment wordt berekend wat de kans is dat het bij overtoeren afgebroken blad precies in die strook landt. Deze kans wordt ingevuld in dezelfde formule die in de vorige paragraaf is weergegeven om zo te berekenen wat de faalfrequentie van het leidingsegment is als gevolg van het bij overtoeren afbreken van een turbineblad.

4.5 Resultaat faalfrequentieberekeningen

De totale additionele faalfrequentie van de leiding als gevolg van het realiseren van Windpark Spuisluis is per merk weergegeven in de volgende tabel. Deze faalfrequenties zijn niet uniform verdeeld over de leiding, maar afhankelijk van onder meer de afstand tussen de turbines en de leiding en (voor ondergrondse leidingsecties) de diepteligging van de leiding.

	Nordex	Senvion	Vestas
Extra faalfrequentie bovengrondse leiding [jaar ⁻¹]	8,91 · 10 ⁻⁸	1,56 · 10 ⁻⁷	1,16 · 10 ⁻⁷
Extra faalfrequentie ondergrondse leiding [jaar ⁻¹]	0	6,74 · 10 ⁻⁹	8,44 · 10 ⁻⁹
Totale extra faalfrequentie [jaar ⁻¹]	8,91 · 10 ⁻⁸	1,63 · 10 ⁻⁷	1,24 · 10 ⁻⁷

Tabel 6: Resultaten faalfrequentieberekening van de leiding

Het bovengrondse deel van de leiding is 116 meter lang. De totale autonome faalfrequentie van dit leidingdeel is $9,4 \cdot 10^{-7}$ jaar⁻¹. Deze waarde volgt uit het vermenigvuldigen van deze lengte met de autonome faalfrequentie voor bovengrondse leidingen van $8,1 \cdot 10^{-6}$ km⁻¹ jaar⁻¹.

Het ondergrondse deel van de leiding ligt over een afstand van 182 meter binnen de maximale werpafstand van de Senvion-turbines. De totale autonome faalfrequentie van dit leidingdeel is $2,72 \cdot 10^{-6}$ jaar⁻¹. Deze faalfrequentie is berekend op basis van de (variabele) gronddekking en de leidingparameters.

De faalfrequentieberekeningen wijzen uit dat de Senvion-turbines leiden tot de grootste extra faalfrequentie van de leiding. Daarom zijn de plaatsgebonden risico- en groepsrisicoberekeningen vanuit conservatief oogpunt uitgevoerd voor dit turbinetype.

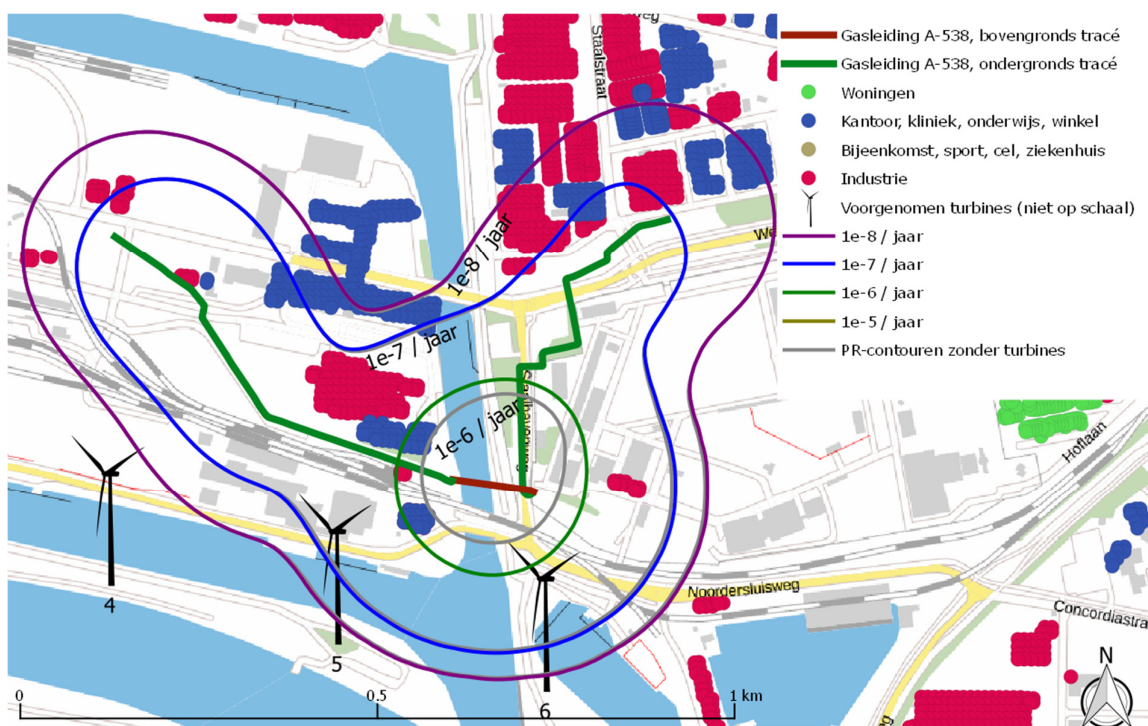
5 RESULTATEN RISICOBEREKENING

In dit hoofdstuk worden de resultaten gepresenteerd van de uitgevoerde risicoberekeningen voor gastransportleiding A-538, zowel na als voor de realisatie van Windpark Spuisluis.

In paragraaf 4.5 is gebleken dat de plaatsing van de turbines van producent Senvion de grootste extra faalfrequentie van de leiding veroorzaakt. De berekeningen in dit hoofdstuk zijn alleen voor dit type turbine uitgevoerd.

5.1 Plaatsgebonden risico

De berekende plaatsgebonden risicocontouren van de A-538 worden weergegeven in de volgende figuur. De PR-contouren na realisatie van het windpark worden in kleur weergegeven. Ter vergelijking worden de PR-contouren in de bestaande situatie, vóór realisatie van het windpark, weergegeven in grijs. Hiermee wordt zichtbaar gemaakt hoe het PR van de leiding verandert als gevolg van de plaatsing van de turbines. Daar waar de grijze contouren niet zichtbaar zijn, overlappen ze exact met de contouren na realisatie van de turbines.



Figuur 4: Plaatsgebonden risicocontouren van de A-538 na en voor realisatie van het windpark met Senvion-turbines. Het plaatsgebonden risico van de leiding is overal kleiner dan 10^{-5} per jaar.

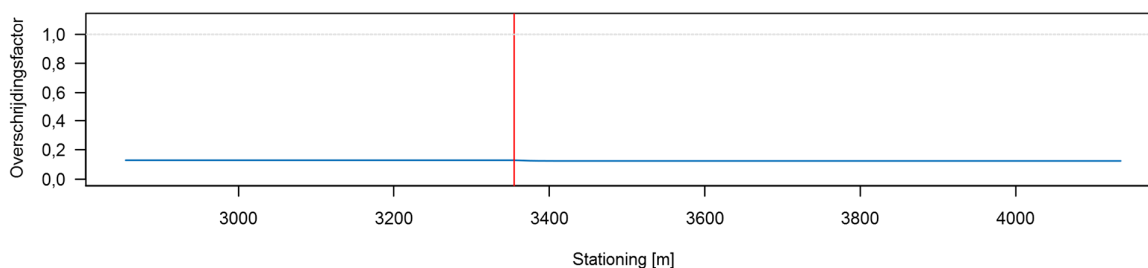
De berekening wijst uit dat het PR in een gebied rond het bovengrondse deel van de A-538 in de bestaande situatie, voor de plaatsing van de turbines, groter is dan 10^{-6} per jaar. De plaatsing van de turbines heeft tot gevolg dat de ligging van de 10^{-6} per jaar PR-contour verandert.

Binnen de 10^{-6} per jaar PR-contour na realisatie van de turbines, bevindt zich één object dat mogelijk als kwetsbaar object geldt: een gebouw dat volgens de bevolkingsdata een kantoorfunctie heeft.

5.2 Groepsrisico

In de volgende grafieken is de overschrijdingsfactor weergegeven als functie van de stationing.

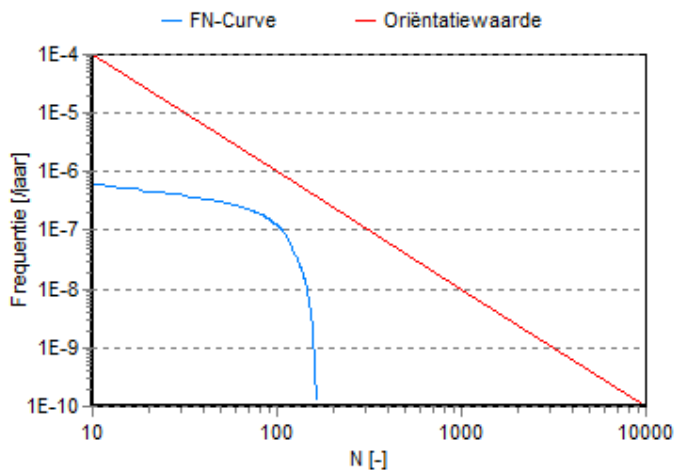
Te zien is dat de overschrijdingsfactor van het groepsrisico overal kleiner is dan 1. De eerste kilometer van het beschouwde deel van de leiding heeft de hoogste overschrijdingsfactor.



Figuur 5: Overschrijding van het groepsrisico als functie van de stationing van de A-538, na realisatie van de windturbines type Senvion. De stationing neemt toe in oost-westrichting.

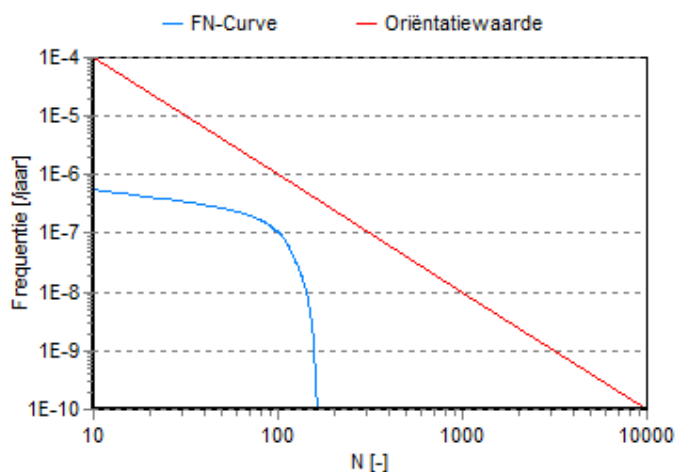
In de volgende figuur wordt de FN-curve weergegeven van de kilometer van de A-538 die gecentreerd ligt rond stationing 3355 meter, na realisatie van het windpark. In de grafiek in Figuur 5 is het centrum van deze kilometer met een verticale rode lijn aangegeven. De ligging van deze kilometer wordt weergegeven in Figuur 8.

Deze FN-curve heeft een overschrijdingsfactor van 0,13, welke wordt bereikt bij 92 slachtoffers en een frequentie van $1,5 \cdot 10^{-7}$ per jaar.

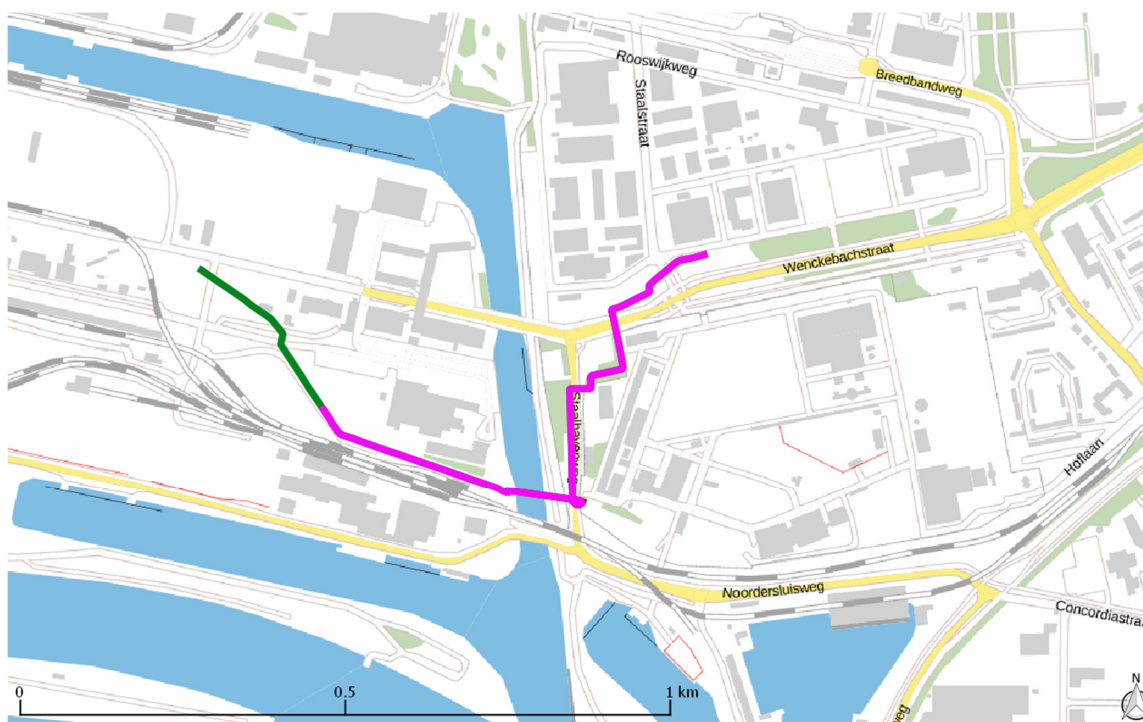


Figuur 6: FN-curve van de kilometer gecentreerd rond stationing 3355 meter van de A-538, na realisatie van de Senvion-turbines, lage autonome faalfrequentie. Deze FN-curve heeft overschrijdingsfactor 0,13. De ligging van de bijbehorende kilometer is weergegeven in Figuur 8.

In de volgende figuur wordt de FN-curve van dezelfde kilometer van de A-538 weergegeven, voor de realisatie van het windpark. Deze FN-curve heeft een overschrijdingsfactor van 0,11, welke wordt bereikt bij 92 slachtoffers en een frequentie van $1,3 \cdot 10^{-7}$ per jaar.



Figuur 7: FN-curve van dezelfde kilometer als in Figuur 6, voor realisatie van de windturbines. Deze FN-curve heeft overschrijdingsfactor 0,11. De ligging van de bijbehorende kilometer is weergegeven in Figuur 8.



Figuur 8: Kilometer gecentreerd rond stationing 3355 meter van de A-538 km. De FN-curves in de vorige figuren zijn over deze kilometer berekend.



6 CONCLUSIES

De berekeningen wijzen het volgende uit:

Plaatsgebonden risico

In de bestaande situatie, voor de realisatie van Windpark Spuisluis, is het plaatsgebonden risico van de gastransportleiding A-538 plaatselijk groter dan 10^{-6} per jaar. De realisatie van het windpark heeft als gevolg dat de 10^{-6} per jaar PR-contour groter wordt. Binnen deze contour bevindt zich één object dat mogelijk als kwetsbaar object geldt.

Groepsrisico

Plaatsing van de windturbines van producent Senvion heeft niet tot gevolg dat de overschrijdingsfactor van het groepsrisico boven de één komt. Dit betekent dat de oriëntatiewaarde niet overschreden wordt. Omdat de Nordex- en de Vestas-turbines vergeleken met de Senvion-turbines een lagere additionele faalfrequentie van de leiding veroorzaken, volgt hieruit dat ook als deze turbines worden geplaatst de overschrijdingsfactor van het groepsrisico de oriëntatiewaarde niet overschrijdt.

7 REFERENTIES

- [1] Besluit externe veiligheid buisleidingen. Staatsblad 2010 nr. 686, 17 september 2010.
<http://wetten.overheid.nl/BWBR0028265>
- [2] Handleiding Risicoberekeningen Besluit externe veiligheid buisleidingen. RIVM. Versie 2.0, 1 juli 2014
<http://www.rivm.nl/dsresource?objectid=rivmp:253849&type=org&disposition=inline>
- [3] Brief RIVM aan VROM. Oplevering rekenpakket CAROLA, kenmerk 012/10 CEV Vli/sij -1631, 25 januari 2010.
- [4] A.A.C. van Vliet, L. Gooijer, G.M.H. Laheij: On-site natural gas piping: scenarios and failure frequencies. RIVM, rapport nr. 620550004/2011, 2011.
- [5] Handboek Risicozonering Windturbines, opgesteld door DNV KEMA in opdracht van AgentschapNL, versie 3.1 uitgave september 2014.
<http://www.rvo.nl/sites/default/files/2014/09/Handboek%20Risicozonering%20Windturbines%20versie%20september%202014.pdf>
- [6] Besluit externe veiligheid inrichtingen. Staatsblad 2015 nr. 450.
<http://wetten.overheid.nl/BWBR0016767/>
- [7] Handleiding Risicoberekeningen Bevb, Module BO (Inleiding) en B2 (Bijzondere situaties). RIVM. Versie 2.2 (Eindconcept), 20 december 2016.



About DNV GL

Driven by our purpose of safeguarding life, property and the environment, DNV GL enables organizations to advance the safety and sustainability of their business. We provide classification and technical assurance along with software and independent expert advisory services to the maritime, oil and gas, and energy industries. We also provide certification services to customers across a wide range of industries. Operating in more than 100 countries, our 16,000 professionals are dedicated to helping our customers make the world safer, smarter and greener.