

RAPPORT

Invloed Windpark Rozenburg op waterveiligheid waterkeringen

Kwalitatieve beoordeling invloed door ondergrondse
effecten op Verbindende Waterkering 8

Klant: Wolff Nederland Windenergie

Referentie: M&ABF6173R001F1.0

Versie: 1.0/Finale versie

Datum: 30 april 2018

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX AMERSFOORT
Netherlands
Maritime & Aviation
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Invloed Windpark Rozenburg op waterveiligheid waterkeringen

Ondertitel: Waterveiligheid WP Rozenburg
Referentie: M&ABF6173R001F1.0
Versie: 1.0/Finale versie
Datum: 30 april 2018
Projectnaam: WP Rozenburg
Projectnummer: BF6173
Auteur(s): Ilse Hergarden

Opgesteld door: Ilse Hergarden

Gecontroleerd door: Jurgen Cools

Datum/Initialen: 30 april 2018/JCO

Goedgekeurd door: Michiel de Jong

Datum/Initialen:

Classificatie

Projectgerelateerd



Disclaimer

No part of these specifications/printed matter may be reproduced and/or published by print, photocopy, microfilm or by any other means, without the prior written permission of HaskoningDHV Nederland B.V.; nor may they be used, without such permission, for any purposes other than that for which they were produced. HaskoningDHV Nederland B.V. accepts no responsibility or liability for these specifications/printed matter to any party other than the persons by whom it was commissioned and as concluded under that Appointment. The integrated QHSE management system of HaskoningDHV Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 and OHSAS 18001:2007.

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Doel	2
1.3	Afbakening	2
1.4	Beschrijving aanpak	2
2	Projectomschrijving	3
2.1	Projectlocatie	3
2.2	Windparkonderdelen	4
2.3	Projectfasering	4
2.4	Waterkering	5
2.5	Bestaande windturbines	6
3	Eisen voor de waterkering	7
3.1	Zonering waterkering	7
3.2	Normspecificatie	7
3.3	Eisen ten aanzien van veiligheid	8
3.4	Eisen ten aanzien van robuustheid	8
3.5	Eisen ten aanzien van beheer en onderhoud	8
4	Uitgangspunten en randvoorwaarden	9
4.1	Beschikbare informatie	9
4.2	Geometrie kering	9
4.3	Bodemopbouw	10
4.4	Grondparameters	10
4.5	Hydraulische belastingen	11
4.5.1	Waterstanden Calandkanaal	11
4.5.2	Waterstanden Nieuwe Waterweg	11
4.5.3	Grondwaterstanden	11
4.6	Faalkanseisen	12
4.7	Belastingen	12
4.7.1	Belastingen tijdens de bouwfase	12
4.7.2	Belastingen tijdens de gebruiksfase	14
4.7.3	Belastingen tijdens de verwijderingsfase	15
4.7.4	Monitoring belastingen	15
4.8	Partiële veiligheidsfactoren	16

5	Kwalitatieve beoordeling ondergrondse effecten	17
5.1	Bewezen sterkte waterkering in relatie tot trillingen	17
5.2	Relevante faalmechanismen	17
5.3	Beoordeling effecten op overloop en golfoverslag (HT)	20
5.4	Beoordeling op binnenwaartse stabiliteit (STBI)	21
5.5	Beoordeling op buitenwaartse stabiliteit (STBU)	21
5.6	Beoordeling effecten op opbarsten, piping en heave (STPH)	21
5.7	Beoordeling effecten voor bekleding	22
6	Conclusies en aanbevelingen	23
7	Referenties	24

Tabellen

Tabel 4-1 Grondparameters (karakteristieke waarden)	11
Tabel 4-2 Hydraulische belasting ten behoeve van beoordeling behorende bij signaleringswaarde (norm 1/100.000 per jaar)	11
Tabel 4-3 schadefactoren	16
Tabel 4-4 modelfactoren	16
Tabel 4-5 materiaalfactoren	16
Tabel 4-6 schematiseringsfactoren	16
Tabel 5-1 Omschrijving faalmechanismen (VTV2006)	17
Tabel 5-2: Relevante faalmechanismen per projectfase met mogelijk effect	20

Figuren

Figuur 1-1 Geplande locaties windturbines WP Landtong Rozenburg (in gele contour)	1
Figuur 2-1 Bestaande turbines op landtong richting Rozenburg (links) en nabij stormvloedkering (vanuit westen gezien, rechts)	3
Figuur 2-2 Hoogtegegevens uit AHN2-viewer	3
Figuur 2-3 Overzicht sectie indeling kering 208 (uit [Ref 1])	5
Figuur 3-1 Profiel sectie D1 Europoort 1	7
Figuur 3-2 Profiel sectie D2 Europoort 1	7
Figuur 4-1 Locatie Windturbine fundatie ten opzichte van kering	9
Figuur 4-2 Voorbeelden van sonderingen op projectlocatie	10
Figuur 4-3 Inschatting trillingssnelheden conform Muller (links) en CUR166 (rechts)	13
Figuur 4-4 Verwachte grondversnellingen	13

Figuur A- 1 Locatie Verbindende Waterkering uit Hydraulische Randvoorwaarden 2006 [Ref 3]	25
Figuur A- 2 Trajectindeling nieuwe normering [Ref 4]	26
Figuur A- 3 Normering [Ref 4]	26
Figuur A- 4 Zonering kering RWS [Ref 5]	27
Figuur A- 5 Locaties geotechnische boringen opgenomen in DINO-loket	29
Figuur A- 6 Locaties uitgevoerde sonderingen posities 1-1a en 2-2a [Ref 2]	30
Figuur A- 7 Locaties uitgevoerde sonderingen posities 3-3a en 4-4a [Ref 2]	30
Figuur A- 8 Locaties uitgevoerde sonderingen positie 5-5a [Ref 2]	31
Figuur A- 9 Locaties uitgevoerde sonderingen posities 6a en 7a [Ref 2]	31
Figuur A- 10 Locaties uitgevoerde sonderingen posities 8a en 9a [Ref 2]	32

Bijlagen

A1	Verbindende Waterkering 8 (nu traject 208)
A2	Zonering primaire waterkering
A3	Profielen sectie D1 en D2 Europoort 1
A4	Bodemgegevens DINOloket
A5	Locaties Sonderingen Fugro
A6	Informatie waterstanden
A7	Bepaling faalkanseisen en afleiding veiligheidsfactoren
A8	Afleiding waterstanden

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Wolff Nederland Windenergie (WNW) heeft het voornemen om Windpark Landtong Rozenburg in de gemeente Rotterdam te ontwikkelen. De geplande ontwikkeling betreft:

- Het vervangen (repowering) van het bestaande windpark Landtong Rozenburg bestaande uit 10 turbines door 6 tot 10 grotere turbines;
- Het plaatsen van 2 of 3 extra windturbines op de landtong in de richting van Rozenburg.

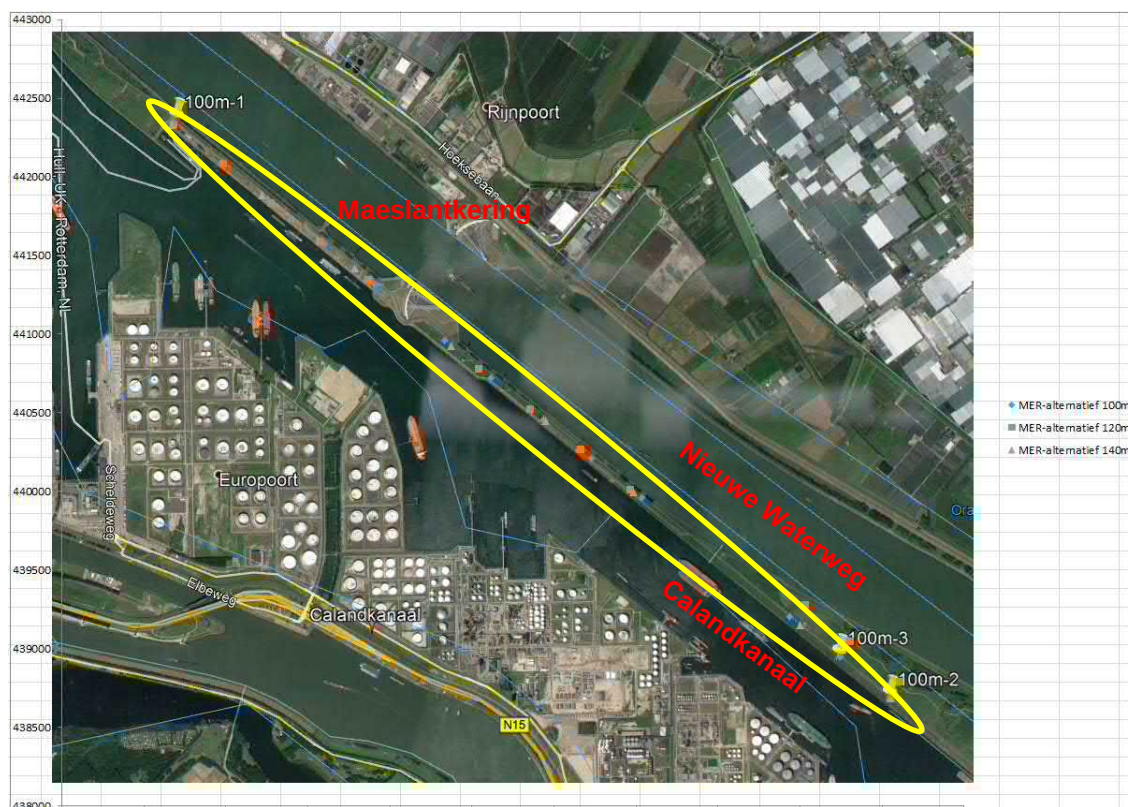
Op dit moment wordt een milieueffectrapportage (MER) opgesteld, waarin een 3-tal alternatieve opstellingen wordt onderzocht, zie Figuur 1-1:

- Rotordiameter 100 m: 13 turbines, waarvan 10 ter plaatse van de bestaande turbines;
- Rotordiameter 120 m: 12 turbines, waarvan 9 ter plaatse van de bestaande turbines;
- Rotordiameter 140 m: 8 turbines, waarvan 6 ter plaatse van de bestaande turbines.

Het windpark is voorzien op de landtong tussen de Nieuwe Waterweg en het Calandkanaal in de omgeving van de stormvloedkering (Maeslantkering).

Een aantal van de windturbines is voorzien in de kern- en beschermingszone van de primaire waterkering, Verbindende Waterkering 208 (Maeslantkering/Europoort, voorheen Stormvloedkering Nieuwe Waterweg en Europoort 8), zie bijlage A1 en A2.

Voor de alternatieven dient in het kader van de Waterwet en ten behoeve van het MER onderzocht te worden wat de effecten van de windturbines zijn op de waterveiligheid (waterkerende functie van de bestaande keringen). De kering is in beheer bij Rijkswaterstaat (RWS).



Figuur 1-1 Geplande locaties windturbines WP Landtong Rozenburg (in gele contour)

1.2 Doel

Vanwege de voorgenomen ligging van (een aantal) van de windturbines in de kern- en beschermingszone van de kering dient te worden aangetoond dat de waterkerende functie is gewaarborgd tijdens de bouw, het gebruik en het verwijderen van het windpark. Daarnaast mag het doelmatig beheer en onderhoud aan de waterkering niet worden bemoeilijkt en moet de kering in de toekomst versterkt kunnen worden.

Het doel van dit rapport is het uitvoeren van een kwalitatieve beoordeling van de ondergrondse effecten van de beoogde windturbines op de veiligheid van de kering.

Dit rapport bevat een beschrijving van de geïnventariseerde gegevens, afgeleide en met RWS afgestemde randvoorwaarden en uitgangspunten en resultaten van de beoordeling voor alle faalmechanismen die van belang zijn voor de waterveiligheid.

1.3 Afbakening

De *kwalitatieve beoordeling* is uitgevoerd voor de *ondergrondse* (grondmechanische) effecten van de trillingen van de windturbines in de gebruiksfase. Daarnaast is gekeken naar de ondergrondse effecten tijdens de bouw- en verwijderfase door aanleg van de fundering en door ontgravingen, aanleg en gebruik van wegen en de bekabeling.

Na keuze van het voorkeursalternatief zal een gedetailleerde (*kwantitatieve*) beoordeling worden uitgevoerd voor de aanvraag van de watervergunning. Onderhavige veiligheidsstudie zal dan verder worden uitgewerkt.

Beoordeling van de additionele faalfrequentie van de waterkering ten gevolge van *bovengrondse* effecten is geen onderdeel van deze rapportage. Bovengrondse effecten betreffen het mogelijk falen van de windturbines of een onderdeel hiervan tijdens de gebruiksfase. Dit is afzonderlijk beschouwd en gerapporteerd door Bosch&van Rijn.

1.4 Beschrijving aanpak

De analyse van de gevolgen door ondergrondse effecten betreft een beoordeling van alle relevante grondmechanische (faal)mechanismen voor de waterkering. De beschouwde faalmechanismen zijn:

- Overloop en golfoverslag (HT)
- Piping (STPH)
- Macro-instabiliteit binnenwaarts (STBI)
- Macro-instabiliteit buitenwaarts (STBU)
- Micro-instabiliteit (STMI)
- Instabiliteit van de bekleding (STBK)
- Instabiliteit van het voorland door afschuiving of zettingsvloeiing (STVL)

Voor elk faalmechanisme is bepaald wat de mogelijke effecten zijn op de sterkte en/of de belasting van de waterkering. De effecten zijn geanalyseerd voor alle projectfasen: bouw-, gebruiks- en verwijderfase.

Mogelijke effecten zijn:

- Dynamische belastingen (trillingen) ten gevolge van het inheien van de funderingspalen;
- Dynamische belastingen (trillingen) ten gevolge van de windbelasting tijdens exploitatie;
- Belasting door hoofdkranen op de kraanopstelplaatsen;
- Belasting door hulpkranen en transport;
- Afname van de sterkte door ophoging of tijdelijke ontgravingen.

De effecten zijn per faalmechanisme eerst kwalitatief beoordeeld. Aangegeven is of en voor welk(e) faalmechanisme(n) een nadere kwantitatieve analyse benodigd is voor de Watervergunning.

2 Projectomschrijving

2.1 Projectlocatie

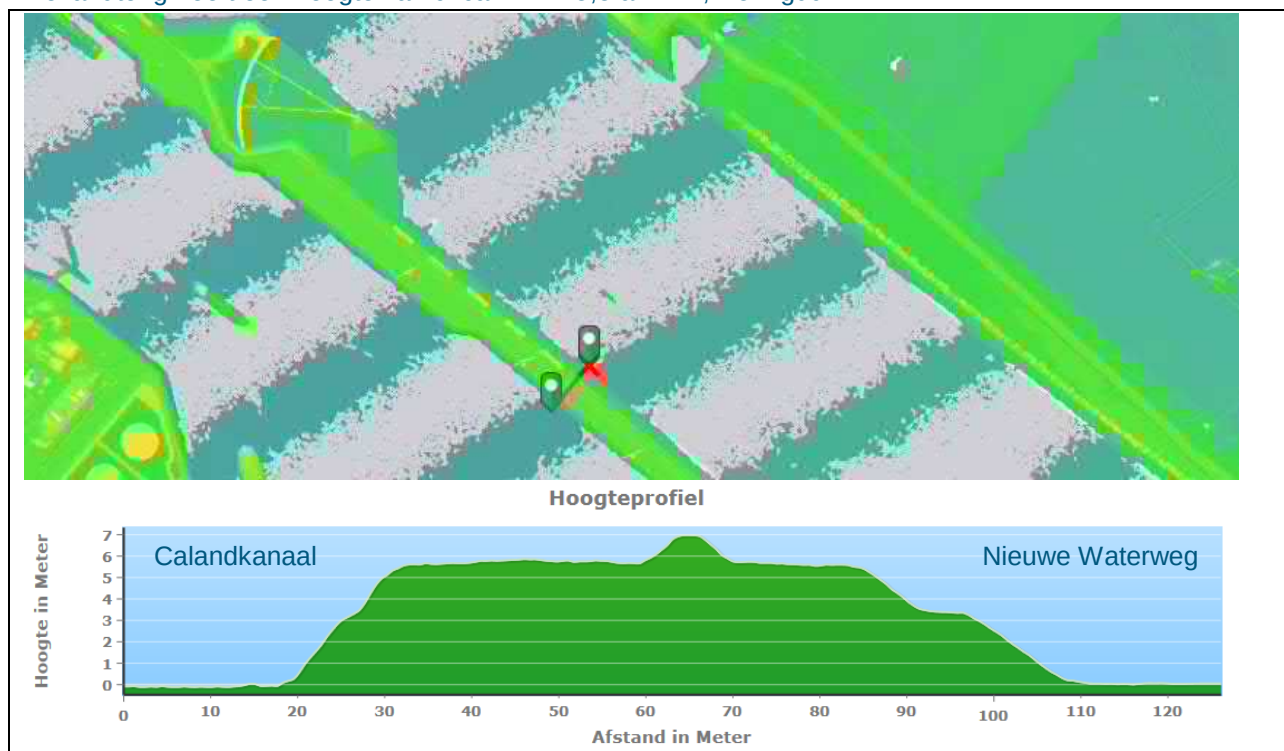
Het plan voor Windpark Landtong Rozenburg betreft de aanleg van 8, 12 of 13 windturbines (afhankelijk van te kiezen alternatief) op de landtong aan de zuidzijde van de Nieuwe Waterweg. Vijf of drie turbines zijn voorzien aan de Noordzee-zijde van de stormvloedkering, de overige aan de rivierzijde (Rozenburg) hiervan. In de huidige situatie bevindt zich al een aantal windturbines op de landtong, zie Figuur 2-1 en paragraaf 2.5.



Figuur 2-1 Bestaande turbines op landtong richting Rozenburg (links) en nabij stormvloedkering (vanuit westen gezien, rechts)

De lengte van de landtong waar de windturbines zijn gepland is circa 5.800 m. De breedte van de landtong bedraagt veelal circa 100 m, het deel waar de 2 of 3 extra turbines zijn voorzien is breder (tot maximaal ca. 400 m).

De landtong heeft een hoogte van circa NAP +5,5 à +7 m, zie Figuur 2-2.



Figuur 2-2 Hoogtegegevens uit AHN2-viewer

2.2 Windparkonderdelen

Voor de beoordeling van de effecten op de waterveiligheid van de waterkering wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende onderdelen:

- Windturbine en fundatie;
- Civiele werken: kraanopstelplaats en toegangswegen;
- Elektrische werken: windparkbekabeling.

Windturbine en fundatie

Op dit moment is nog niet bekend welk type windturbine toegepast zal worden. Bij de variantenanalyse wordt gekeken naar 3 typen uit de 3MW-klasse: rotordiameter 100 m, 120 m of 140 m, met ashoogtes van respectievelijk 100 m, 120 m en 140 m.

De fundering zal bestaan uit een ronde funderingsplaat, welke wordt gefundeerd op palen. De afmetingen van de fundering dienen nog ontworpen te worden na keuze van het type windturbine. Een gangbare diameter van een fundering bedraagt circa 15 m. De globale plaatdikte is circa 1,5 m aan de rand en circa 3 m in het midden. De paallengte zal naar verwachting 25 à 30 m bedragen.

Zodra de definitieve toe te passen windturbine is gekozen en de afmetingen van de fundatie bekend zijn, dient te worden geverifieerd of deze vallen binnen de aangehouden afmetingen/gewichten.

Kraanopstelplaats

Naast elke windturbine zal een kraanopstelplaats worden gerealiseerd. De afmetingen hiervan zijn over het algemeen circa 40x60 m².

De kraanopstelplaatsen dienen geschikt te zijn voor belastingen door rupsbanden of kraanstempels. De rekenwaarde van de maximale funderingsdruk bedraagt veelal 250 kPa (na spreiding door schotten). De fundering van de kraanopstelplaatsen is in deze fase nog niet uitgewerkt. Gangbaar is een fundering bestaande uit een laag menggranulaat (0,5 à 1,5 m dikte, afhankelijk van de sterkte van de ondergrond). Meerdere lagen geogrids kunnen worden aangebracht om de laagdikte te minimaliseren. Bij een zeer zettingsgevoelige ondergrond kan een paalfundering nodig zijn, om zettingen te minimaliseren.

Toegangswegen

Transport naar en van de windturbinelocaties zal grotendeel plaatsvinden via de bestaande verhardingen, namelijk de Noordzeeweg en de bestaande verhardingen naar de huidige windturbines. Op een aantal locaties zal een nieuwe op- en afrit naar de weg worden aangelegd. De wegverharding bestaat doorgaans uit een laag menggranulaat van circa 400 mm op een laag geogrid (Tensar Triax TX160 of vergelijkbaar).

Windparkbekabeling

Voor de aansluiting van de windturbines zullen kabels worden aangelegd. De locatie(s) van de bekabeling is (zijn) nog niet bekend. De verwachting is dat de kabels parallel aan de Noordzeeweg zullen lopen, in de berm van de weg.

Voor de diepteligging en tijdelijke ontgraving voor de kabels wordt uitgegaan van een sleuf met een diepte van 1,0 m en een breedte van 0,3 m.

2.3 Projectfasering

In de beoordeling van de invloed van de windparkonderdelen op de functionaliteit van de waterkering zijn de volgende fasen onderscheiden:

- *Bouwfase*: deze fase betreft de realisatie van alle windparkonderdelen, waaronder het ontgraven ten behoeve van de fundering, het inbrengen van de palen, storten van beton en ontgravingen ten behoeve van de bekabeling;

- *Gebruiksfas*e: het operationeel zijn van alle windparkonderdelen. De beoogde planperiode bedraagt 20 jaar;
- *Verwijderingsfas*e: deze fase betreft het na de gebruiksfase, deels of volledig, verwijderen van de windparkonderdelen. Voor de verwijdering van de windturbinefundering is er vanuit gegaan dat de paalfundering gehandhaafd blijft.

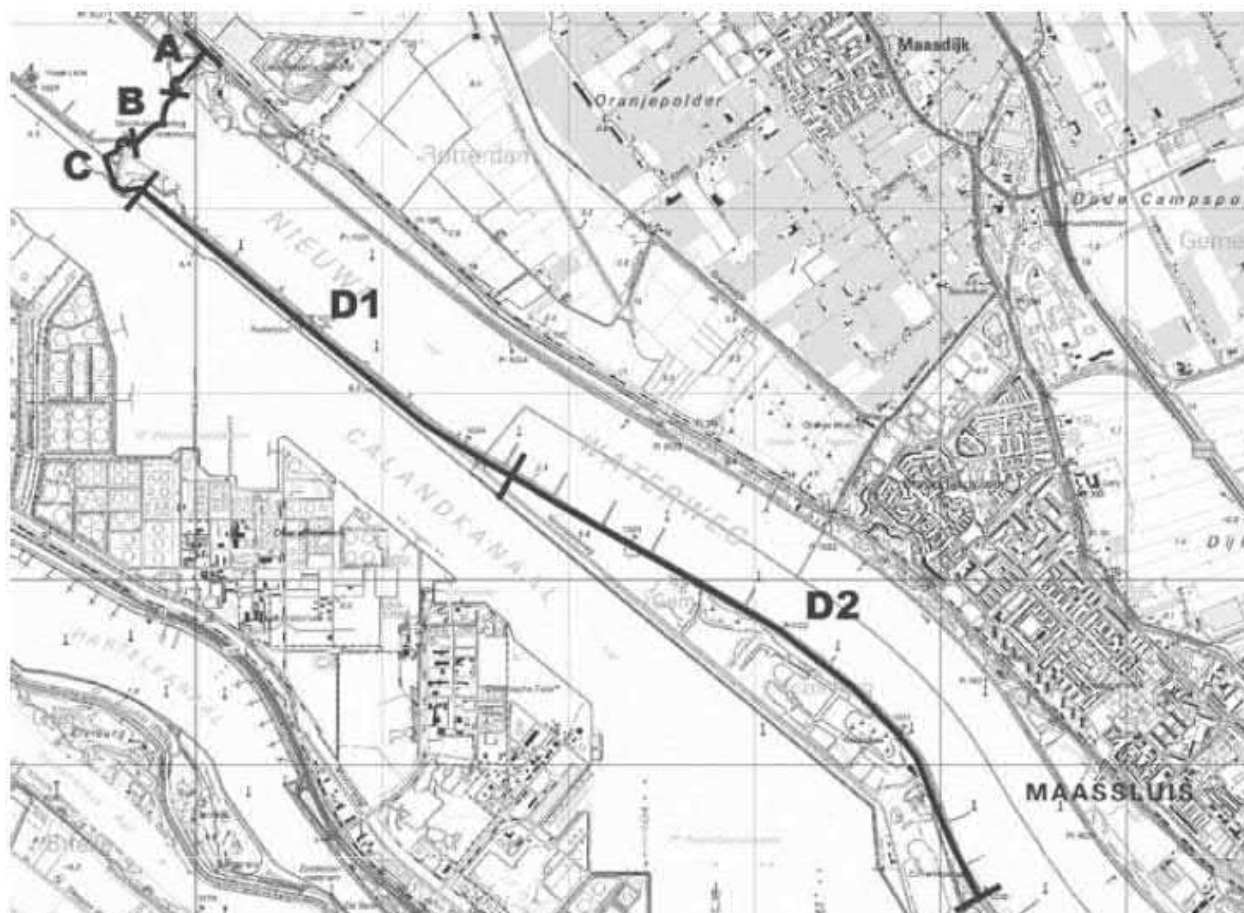
2.4 Waterkering

De te beoordelen waterkering Europoort I is onderdeel van dijktraject 208, zie Figuur A- 2 in bijlage A1. De waterkering is in beheer bij RWS. De totale lengte van het traject bedraagt 7,3 km.

Traject 208 vormt, samen met dijktraject 19-1 (Rozenburg) en traject 209 (Hartelkering), de verbinding tussen dijkkring 14 (Zuid-Holland, in beheer bij Hoogheemraadschap Delfland) en dijkkring 20 (Voorne-Putten, in beheer bij waterschap Hollandse Delta). De waterkering keert hoogwater vanuit de Noordzee (in het Calandkanaal).

Uit de Legger van RWS [Ref 1] blijkt dat het te beschouwen deel van de kering (Europoort I –EPK-1) als secties D1 en D2 worden aangeduid, zie Figuur 2-3.

De kernzone van de kering is aangegeven in Figuur A- 4 in bijlage A2. Ten zuidoosten van de stormvloedkering is de landtong over de gehele breedte onderdeel van de kernzone, tot de verbreding waar de 3 nieuwe turbines zijn gepland. Het deel van de landtong ten noordwesten van de stormvloedkering is geen onderdeel van de kernzone.



Figuur 2-3 Overzicht sectie indeling kering 208 (uit [Ref 1])

2.5 Bestaande windturbines

In 2007 is ter plaatse van de landtong Rozenburg een windpark aangelegd met 10 turbines. Onderstaand zijn de voor de geotechnische analyse relevante kenmerken van de bestaande windturbines opgenomen, gebaseerd op informatie uit [Ref 8] en [Ref 9]:

- De bestaande 10 windturbines bevinden zich aan de buitenzijde van de landtong. Turbines 1 t/m 5 bevinden zich ten westen van de stormvloedkering, buiten de kern- en beschermingszone van de kering. Turbines 6 t/m 10 bevinden zich op de buitenberm van de waterkering;
- De bestaande fundering bestaat uit een plaat van 15x15 m². De plaats is gefundeerd op vibropalen $\phi 406$ mm met een inheinniveau NAP -35 m. De bovenzijde van het funderingsblok is op NAP +5,8 m en de onderzijde op NAP +3,8 m.. Uitgangspunt is dat de palen verticaal staan (geen indicatie dat schoorpalen zijn geadviseerd);
- Locatie 6 bevindt zich ter plaatse van het bredere deel van de landtong, net ten oosten van de stormvloedkering. De overige locaties bevinden zich ter plaatse van het smallere deel van de landtong. Uit het bovenaanzicht blijkt dat de fundering zich direct naast de knik in het buitentalud bevindt, de rand van de fundering is circa 15 m uit de buitenteen.

In de Wbr vergunning voor de aanleg van het bestaande windpark is opgenomen dat *'bij gehele of gedeeltelijke wijziging, vernieuwing of opruiming van de werken' de 'materialen die krachtens deze vergunning in de bodem aanwezig zijn, door of vanwege de vergunningshoudergeheel uit de bodem worden verwijderd'*.

Hoewel in de vergunning voorgeschreven, wordt afgeraden de bestaande palen te verwijderen. Ter plaatse van waterkeringen wordt (veelal) een fundering met een grondverdringend paalsysteem voorgeschreven, zodat de invloed van (het inbrengen) van de palen op de waterkering wordt beperkt. Bij het verwijderen van funderingspalen kan eveneens grond meekomen, dat leidt tot verzwakking van het buitentalud. Daarnaast kan door de holle ruimte eventueel een (nieuw) intredepunt worden gevormd voor piping.

3 Eisen voor de waterkering

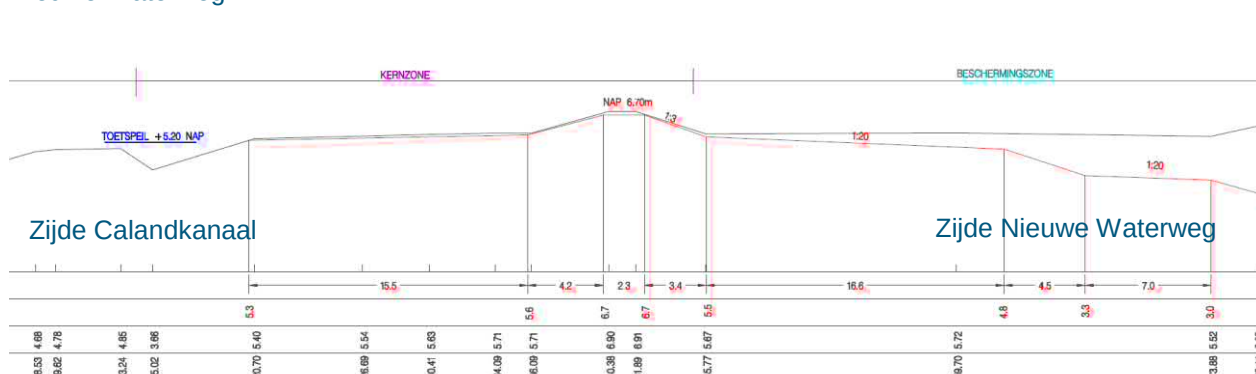
3.1 Zonering waterkering

In de beleidsregels voor het bouwen van windturbines in, op of over een waterkering [Ref 7] zijn eisen opgenomen ten aanzien van de veiligheid, robuustheid en beheer en onderhoud van primaire waterkeringen. Eisen zijn in veel gevallen gekoppeld aan de specifieke waterkeringszonering.

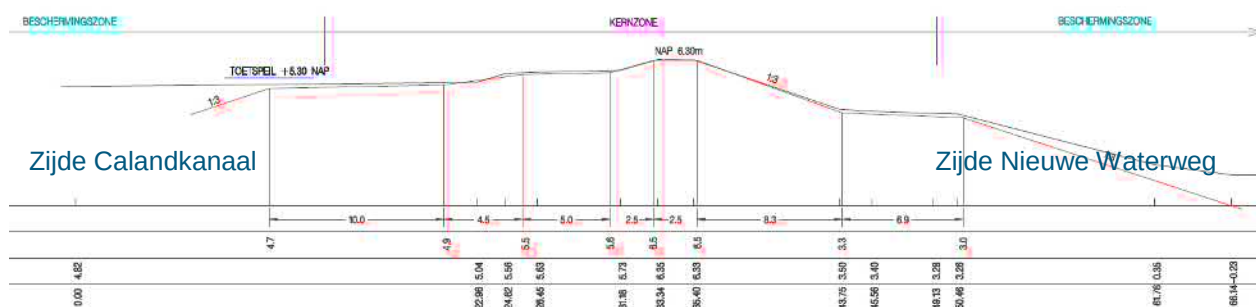
Onderstaand zijn de profielen van secties D1 en D2 opgenomen, zie ook bijlage A3. De kenmerken ten aanzien van de zonering zijn als volgt:

- Sectie D1: kernzone is 31 m breed, buitenberm is over een breedte van 15,5 m opgenomen in de legger, met een hoogte van NAP +5,4 à +5,7 m;
- Sectie D2: kernzone is 34 m breed, buitenberm is over een breedte van 19,5 m opgenomen in de legger, met een hoogte van NAP +4,7 à +5,6 m.

De beschermingszone is normaal gesproken 30 m breed, maar in dit geval is bij secties D1 en D2 een veel grotere afstand aangehouden, vanwege de diepte van het Calandkanaal en de Nieuwe Waterweg. De aangehouden breedte is hier 90 m aan de zijde van het Calandkanaal en 60 m aan de zijde van de Nieuwe Waterweg.



Figuur 3-1 Profiel sectie D1 Europoort 1



Figuur 3-2 Profiel sectie D2 Europoort 1

3.2 Normspecificatie

De normspecificatie voor de primaire waterkering, uitgedrukt in een overstromingskans per dijktraject, is conform [Ref 4] voor traject 208 vastgesteld op 1:100.000 per jaar (signaleringswaarde). De Maximaal Toelaatbare kans is een factor 3 groter dan de normspecificatie (afgerond op de dichtstbijzijnde

normklasse) en is hier 1:30.000 per jaar. Uitgangspunt is, op dit moment, dat wordt getoetst aan de *signaleringswaarde*.

3.3 Eisen ten aanzien van veiligheid

Voor de waterkering gelden de volgende eisen:

- Plaatsing van windturbines in de kern- en de beschermingszone van de primaire waterkering wordt slechts toegestaan mits dit geen negatieve gevolgen heeft voor de waterkerende functie van de primaire waterkering;
- De veiligheid van de waterkering dient gewaarborgd te zijn bij de in paragraaf 3.2 genoemde norm (in overleg met RWS is uitgegaan van de signaleringswaarde);
- De ontwerplevensduur voor de windturbines is vastgesteld op 20¹ jaar. Dit betekent dat hoogte en stabiliteit van de kering voor een periode van minimaal 20 jaar gewaarborgd dient te zijn.

3.4 Eisen ten aanzien van robuustheid

Ten aanzien van de robuustheid (toekomstvastheid) gelden de volgende eisen:

- Uitgangspunt is dat een ontwerpwaterstand moet worden aangehouden die verwacht wordt aan het einde van de technische levensduur van 20¹ jaar. Dit is verder uitgewerkt in paragraaf 4.5;
- Constructies inclusief funderingen mogen het profiel van vrije ruimte en de waterkering niet doorsnijden. Bovenop het profiel van vrije ruimte zijn zij wel toegestaan. Paalfundaties van bouwwerken mogen buiten de kernzone het profiel van vrije ruimte wel doorsnijden, mits een grondverdringend paalsysteem wordt toegepast.

3.5 Eisen ten aanzien van beheer en onderhoud

Voor de waterkering gelden de volgende eisen:

- Werken mogen niet belemmerend zijn voor inspectie, monitoring of het algehele beheer van de waterkering;
- Het uitvoeren van het onderhoud van de kering moet op een doelmatige wijze mogelijk blijven;
- Het gebruik van de waterkering mag niet ten koste gaan van de kwaliteit van de grasmat en/of overige bekledingstypen.

¹ Opgemerkt wordt dat voor het ontwerpen van waterkeringen veelal wordt uitgegaan van een ontwerplevensduur van 50 jaar voor groene keringen en 100 jaar voor constructies.

4 Uitgangspunten en randvoorwaarden

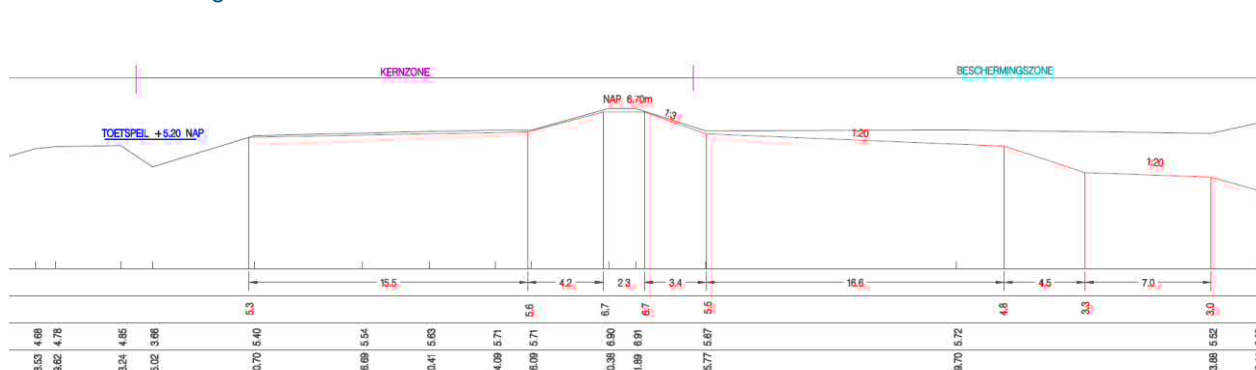
4.1 Beschikbare informatie

Ten behoeve van de beoordeling van de effecten van de windturbine op de waterveiligheid is de waterkering geschematiseerd. Hierbij is gebruik gemaakt van de volgende onderzoeken en gegevens:

- Beschikbaar grondonderzoek:
 - Sonderingen ter plaatse van de bestaande en beoogde turbine locaties (Fugro, 2004, 2015 en 2016), zie bijlage A5;
 - Boringen ter plaatse van de landtong, zie bijlage A4;
- Informatie over grondparameters uit rapport van Fugro [Ref 2];
- Informatie over de kering uit leggerdocumenten [Ref 1].

4.2 Geometrie kering

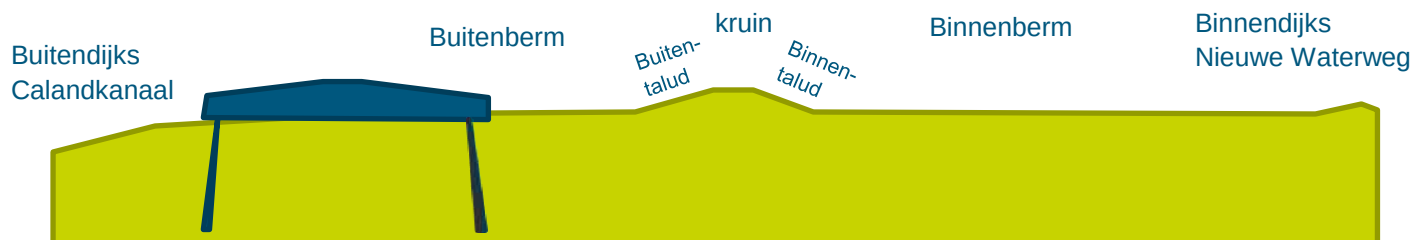
Voor de analyse van de waterkering zijn twee doorsnedes beschouwd: één ter plaatse van D1, zie De beschermingszone is normaal gesproken 30 m breed, maar in dit geval is bij secties D1 en D2 een veel grotere afstand aangehouden, vanwege de diepte van het Calandkanaal en de Nieuwe Waterweg. De aangehouden breedte is hier 90 m aan de zijde van het Calandkanaal en 60 m aan de zijde van de Nieuwe Waterweg



Figuur 3-1, en één ter plaatse van D2 (zie Figuur 3-2). Op basis van de legger en de in paragraaf 3.1 opgenomen profielen is uitgegaan van de volgende afmetingen van de waterkering:

	Profiel D1	Profiel D2
Kruinhoogte (tevens legger)	NAP +6,7 m	NAP +6,3 m
Kruinbreedte	2,3 m	2,5 m
Buintentalud helling	Ca. 1:4	Ca. 1:3
Buitenberm	NAP +4,7 à +5,7 m; 27,5 m breed	NAP +4,7 à +5,6 m; >29,5 m breed
Binnentalud helling	Ca. 1:3	Ca. 1:3
Binnenberm (legger)	NAP +3,0 à +5,5 m; 28,1 m breed	NAP +3,0 à +3,3 m; 6,9 m breed
Binnenberm werkelijk	NAP +4,7 à +5,7 m; 34 m breed	NAP +3,3 à +3,5 m; 6,7 m breed

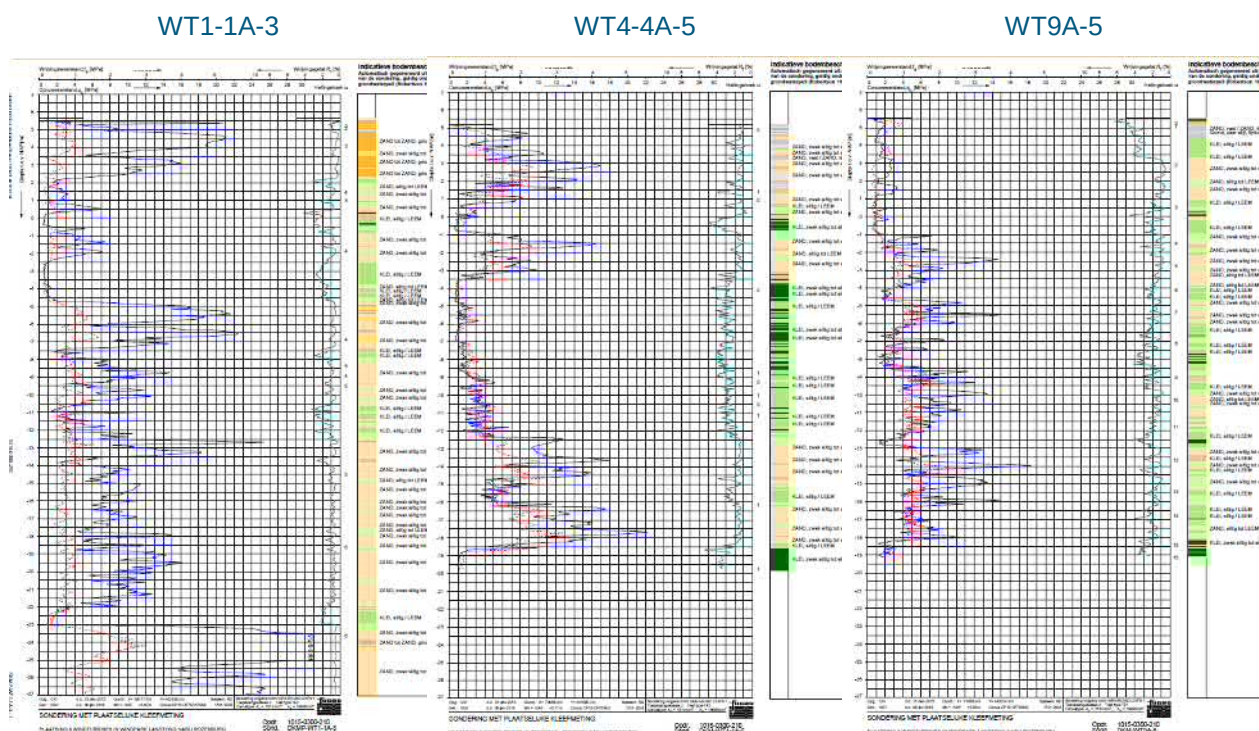
De toekomstige windturbines zijn voorzien aan de buitenzijde van de kering (zijde Calandkanaal), op geringe afstand uit de buitenteen, zie schematische weergave in onderstaande figuur (Figuur 4-1). De exacte locatie van het fundament moet nog worden ontworpen. Vanuit de voorwaarden geldt dat de onderzijde van het fundament buiten het leggerprofiel moet blijven.



Figuur 4-1 Locatie Windturbine fundatie ten opzichte van kering

4.3 Bodemopbouw

Uit de resultaten van de sonderingen en boringen blijkt dat de ondergrond op de projectlocatie zeer heterogeen is en bestaat uit een afwisseling van zand- en kleilagen. Vanaf maaiveld (NAP +5 à +6 m) wordt meestal een zandlaag (dijksmateriaal) aangetroffen, los tot vast gepakt, vaak siltig. Vervolgens is een wisselende opbouw aanwezig met matig vast zand en kleiige lagen. De kleilagen zijn vaak 1 à 2 m dik, maar aaneengesloten kleiige pakketten van enkele meters komen ook voor. Ter plaatse van de noordelijk gelegen turbines (noordwestelijke zijde van de stormvloedkering) is de ondergrond wat zandiger dan de zuidoostelijk gelegen turbines. Vanaf NAP -17 à -23 m komen vast gepakte zandlagen voor. In Figuur 4-2 is een drietal voorbeelden van sondeerresultaten opgenomen.



Figuur 4-2 Voorbeelden van sonderingen op projectlocatie

4.4 Grondparameters

In

Tabel 4-1 zijn de grondparameters voor de verschillende lagen gepresenteerd. Deze zijn voor de huidige kwalitatieve beoordeling niet relevant, maar vast opgenomen om als uitgangspunt te kunnen worden besproken met RWS.

De grondparameters voor de stabiliteitsberekeningen zijn bepaald op basis van de resultaten van het grondonderzoek, tabel 2.b uit de Eurocode, Handreiking ontwerpen met overstromingskansen (OI2014V4, RWS 2017), gangbare waarden uit de Schematiseringshandreiking Macrostabiliteit (RWS-WVL, 2016) en ervaring.

Tabel 4-1 Grondparameters (karakteristieke waarden)

grondsoort	Volumieke massa [kN/m ³] Verzadigd/droog	Mohr Coulomb model		CSSM model		
		Wrijvingshoek [°]	Cohesie [kPa]	m [-]	S [-]	OCR
Klei, siltig, matig vast	17/17	22,5	5	0,9	0,25	1,1
Klei, lemig, vast	18/18	22,5	5	0,9	0,25	1,1
Zand, los/matig gepakt	19/17	30	0	-	-	-
Zand, matig/vast gepakt	20/18	32,5	0	-	-	-
Zand, kleiig en/of klei, zandig	19/17	27	0	-	-	-

4.5 Hydraulische belastingen

4.5.1 Waterstanden Calandkanaal

De hydraulische belastingen zijn afgeleid conform het document 'Werkwijze bepaling hydraulische ontwerprandvoorwaarden' (Deltares, 2016). Deze werkwijze sluit aan bij het OI2014 [Ref 4].

De waterstanden zijn afgeleid voor het zichtjaar 2050 met behulp van het programma Hydro-NL. De resultaten zijn opgenomen in onderstaande tabel en bijlage A8.

Tabel 4-2 Hydraulische belasting ten behoeve van beoordeling behorende bij signaleringswaarde (norm 1/100.000 per jaar)

	Sectie D1	Sectie D2
Geotechnische beoordeling Norm 1/100.000 per jaar	NAP +6,85 m	NAP +6,9 m
Beoordeling hoogte (oploophoogte bij golfoverslag van 10 l/s/m, situatie 1/416.667 per jaar))	NAP +8,89	NAP +8,93

Opgemerkt wordt dat in de huidige situatie de waterkering onvoldoende hoog is, bij golfoverslag van 10 l/s/m.

Voor de maximale dagelijkse omstandigheden (voor de bouw- en gebruiksfase) wordt uitgegaan van de volgende gemiddelde hoogwaterstand: NAP +1,3 m, zie bijlage A6.

4.5.2 Waterstanden Nieuwe Waterweg

Voor de waterstand op de Nieuwe Waterweg is voor de hoogwatersituatie uitgegaan van NAP +2,1 m, zie bijlage A8.

Onder dagelijkse omstandigheden is de waterstand aangehouden op NAP +0,9 m.

4.5.3 Grondwaterstanden

Er zijn geen peilbuismetingen beschikbaar in het projectgebied. Door Fugro is aangegeven dat de grondwaterstand in het gebied een niveau van circa NAP +2 m heeft. Gezien de waterstand in normale situatie van circa NAP +0,9 m en de zandige bodem van de landtong, wordt een opbolling van circa 1 m reëel geacht.

4.6 Faalkanseisen

De signaleringskans is uitgesplitst naar verschillende faalmechanismen. Dit resulteert in faalkanseisen per faalmechanisme. Voor de effectbeoordeling wordt de standaard faalkansruimteverdeling aangehouden, zoals opgenomen in [Ref 4]. Voor de te beschouwen kering gelden dan de volgende faalkansruimtefactoren per mechanisme:

- Overloop en golfoverslag (HT): 0,24
- Opbarsten en piping: 0,24
- Macro stabiliteit binnenwaarts: 0,04
- Bekleding en erosie dijklichaam: 0,10

De faalkanseisen ($P_{eis,dsn}$) zijn dan als volgt (zie bijlage A7):

- Macro stabiliteit binnenwaarts: 1/14.545.000 per jaar
- Macro stabiliteit buitenwaarts: 1/1.454.500 per jaar
- Piping: 1/4.472.222 per jaar

4.7 Belastingen

4.7.1 Belastingen tijdens de bouwphase

Werkzaamheden welke van invloed kunnen zijn op de veiligheid van de waterkeringen zullen plaatsvinden buiten het gesloten stormseizoen en daardoor niet gelijktijdig plaatsvinden met maatgevende hydraulische belastingen.

Kruinbelasting

Uitgangspunt is dat tijdens de bouwphase geen bovenbelasting op de kruin van de waterkering aanwezig is.

Belasting kraanopstelplaats

De kraanbelastingen bevinden zich aan de buitenzijde van de waterkering, op de buitenberm. Deze belastingen hebben een gunstig (tegenwerkend) effect op de stabiliteit van de kering. In de beschouwing is om deze reden geen rekening gehouden met de kraanbelastingen.

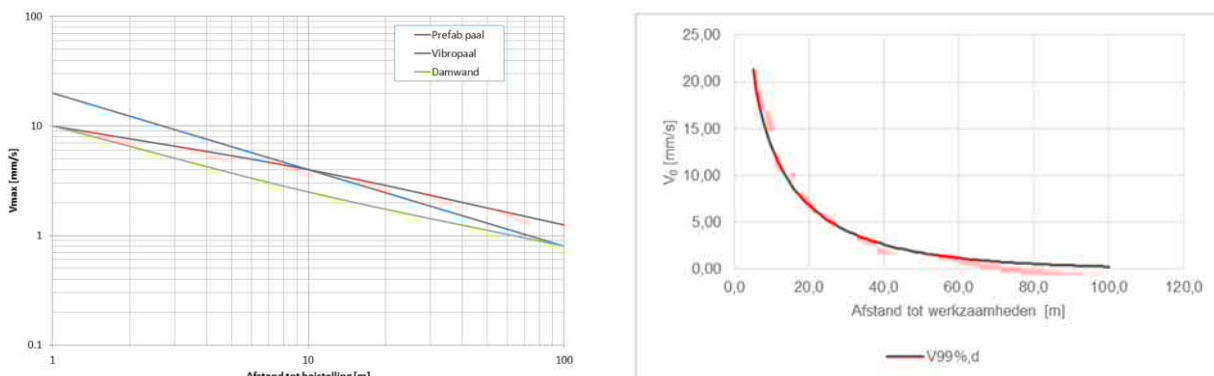
Grondversnellingen door heien

Voor de fundering van de windturbines wordt uitgegaan van grondverdringende palen die heidend op diepte worden gebracht, zoals prefab beton palen of vibropalen.

Doorgaans is de dominante frequentie (f) bij heien van prefab betonpalen 10 à 15 Hz en van vibropalen 20 à 25 Hz. De te verwachten trillingssnelheden zijn afhankelijk van de ondergrond, hei-energie en de afstand tot de heistelling. Om een inschatting te maken van de te verwachten trillingen zijn de methodes IFCO (Muller) en CUR166 'Damwandconstructie' toegepast.

Door Muller zijn op basis van monitoringgegevens de verwachtingswaarden voor de trillingssnelheden bepaald, zie figuur 4-3.

In CUR166 kan voor verschillende Nederlandse grondprofielen op basis van de potentiële hei-energie een inschatting worden gemaakt van de grondversnellingen. Voor de grondkarakteristieken is het grondprofiel van Amsterdam aangenomen. De trillingssnelheid voor een slagenergie van 110 kN (globale inschatting) en 1% kans van overschrijding is weergegeven in figuur 4-3.

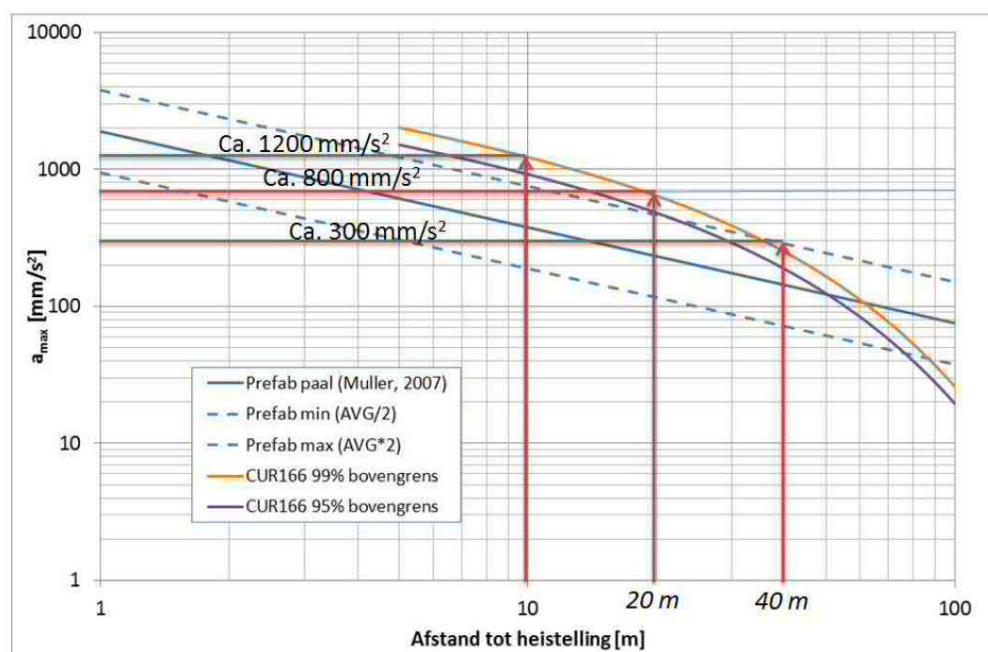


Figuur 4-3 Inschatting trillingssnelheden conform Muller (links) en CUR166 (rechts)

Op basis van de verwachte trillingssnelheden is de bijbehorende grondversnelling bepaald volgens:

$$a_{\max} = (2 \times \pi \times f) \times v_{\max}$$

De grondversnellingen op basis van beide methoden zijn grafisch weergegeven in figuur 4-4.



Figuur 4-4 Verwachte grondversnellingen

Duidelijk blijkt dat de versnellingen in de ondergrond het grootst zijn bij de heipaal en snel afnemen met de afstand.

Bij een afstand tussen de fundering en het buitentalud van 10 m, is de grondversnelling, op basis van bovenstaande figuur 4-4, 1200 mm/s², ofwel **1,2 m/s²**.

In de volgende fase, bij de kwalitatieve analyse, worden stabiliteitsberekeningen met het programma D-Geo Stability uitgevoerd. Hierbij wordt deze grondversnelling opgelegd als een aardbevingscomponent. Aangezien in de berekeningsmodellen de versnellingscomponent voor het gehele grondprofiel geldt, is dit een conservatieve modellering. Er wordt geen rekening gehouden met demping.

Voor de stabiliteit is een horizontale versnelling ongunstiger dan een verticale versnellingscomponent. Op korte afstand is de horizontale trillingsrichting dominant. Op een afstand tot de trillingsbron van 1,5 à 2 maal de paallengte (circa 50 à 60 m) wordt de verticale trillingsrichting dominant. Op korte afstand tot de trillingsbron varieert de verticale component tussen 0,5 en 1,0 maal de horizontale component. In dit geval zijn de horizontale en verticale component aan elkaar gelijk gesteld.

Wateroverspanningen

Naast versnelling zal als gevolg van heien een relatieve wateroverspanning kunnen optreden in de ondergrond. De wateroverspanning in zandlagen bedraagt zelden meer dan 20% van de verticale korrelspanning. Na enkele uren is de wateroverspanning weer verdwenen (Deltares, 2016).

Vanwege de zandige opbouw van de waterkering en de ondergrond zullen wateroverspanningen snel afnemen bij toenemende afstand tot de paal. Wateroverspanningen komen beperkt voor in een zone van enkele meters rondom de paal. Doorgaans is de invloed van de relatieve waterspanningen op een afstand van meer dan 10 m van de paal verwaarloosbaar klein.

De afstand tussen het talud en het fundament is voor de te beschouwen locaties minimaal 10 m, er is geen rekening gehouden met wateroverspanningen.

4.7.2 Belastingen tijdens de gebruiksfase

Kruinbelasting

Voor de gebruiksfase wordt uitgegaan van een verkeersbelasting op de kruin tijdens een calamiteit. Conform het Technische Rapport Waterkerende Grondconstructies wordt uitgegaan van een verkeersbelasting van 13,3 kPa over een strookbreedte van 2,5 m.

Trillingsintensiteit tijdens gebruik windturbines

Tijdens de gebruiksfase ontstaan trillingen in de ondergrond door het draaien van de rotorbladen, door de variaties in windsnelheid en door de trillingen in de constructie. Deze trillingen leiden tot toename van de belasting op de ondergrond door grondversnellingen.

Onderscheid wordt gemaakt in de volgende omstandigheden:

- **Dagelijkse omstandigheden met gemiddelde windsnelheden:** voor dagelijkse omstandigheden wordt in stabiliteitsberekeningen uitgegaan van een maximale horizontale en verticale grondversnelling van **0,04 m/s²**, zie kader voor toelichting;
- **Extreme omstandigheden met hoge windsnelheden:** voor een windturbine op een waterkering moet verondersteld worden dat de extreme stormsituatie kan optreden bij hoogwater. Dit betekent dat uitgegaan moet worden van een windsnelheid in de range van 30-45 m/s. Bij deze stormsituatie wordt de turbine uitgeschakeld. De rotor staat dan stil, zodat deze draaiing geen bijdrage meer levert aan de trillingen. De invloed van het roteren van de rotor is beperkt. In een onderzoek door Deltares (Hölscher, 2016) is afgeleid dat voor deze omstandigheden de gemiddelde trillingssnelheid in de bodem in de orde van 5 mm/s zal zijn, met een hoge waarde van 8-10 mm/s. De frequenties liggen in de range van 0,2-5 Hz. Dit leidt tot een maximale versnelling van circa 0,3 m/s² nabij de funderingsplaat. Uit metingen is gebleken dat de verticale component snel afneemt bij toenemende afstand. De horizontale trillingen nemen veel minder snel af. In de berekeningen is daarom uitgegaan van:
 - **Horizontaal: 0,3 m/s²**
 - **Verticaal: 0,15 m/s²**

De waarde van de grondversnelling onder dagelijkse omstandigheden is gebaseerd op beschikbare metingen bij andere projecten (Fugro, 2012 en Deltares, Hölscher, 2016). De versnellingen zijn gemeten op het fundament nabij opgestelde 3 MW turbines in de Afrikahaven te Amsterdam (2008) en nabij Noordland op de Neeltje Jans (2009). Door Deltares zijn in 2016 metingen verricht bij een windturbine in Gouda. De metingen van Fugro zijn verricht bij lage en gemiddelde windsnelheden tot circa 14 m/s (windkracht tot 6 Bft). De gemeten waarden voor de versnellingen waren:

	Noordland	Afrikahaven
a_{hor}	0 tot 0,025 m/s ²	0,01 tot 0,035 m/s ²
a_{vert}	0,02 tot 0,075 m/s ²	0,015 tot 0,05 m/s ²

Bij metingen door Deltares bij Gouda bedroeg de gemiddelde windsnelheid 14-16 m/s en de maximale windsnelheid 22-24 m/s. De grootste gemeten trillingssnelheid op de fundering is 4 mm/s geweest. De trillingen in de grond waren gemiddeld 1-2 mm/s, met een maximale snelheid van 3 mm/s. Trillingen namen duidelijk af bij toenemende afstand. Dominant voor de horizontale trillingen is de frequentie van 3 Hz. Hierbij bedraagt de versnelling 0,04 m/s².

Daarnaast zijn door Fugro in 2016 trillingsmetingen uitgevoerd rondom een 6MW windturbine nabij de Eemshaven. Op circa 15 m afstand waren aan maaiveld en op diepte nagenoeg geen verhogingen meer waarneembaar ten opzichte van de achtergrondtrillingen. De grootste versnellingen traden op bij opstarten/noodstops, waarbij waarden van 0,015 tot 0,03 m/s² zijn gemeten.

In de stabiliteitsberekeningen (voor deze kwalitatieve analyse niet relevant) wordt voor het gehele grondmodel een gelijke versnelling opgelegd, zonder rekening te houden met demping. Dit is een conservatieve aanname.

4.7.3 Belastingen tijdens de verwijderingsfase

Net als bij het heien zullen sloopwerkzaamheden plaatsvinden buiten het gesloten stormseizoen en daardoor niet gelijktijdig plaatsvinden met maatgevende hydraulische belastingen.

Kruinbelasting

Tijdens de verwijderingsfase is er vanuit gegaan dat er geen bovenbelasting op de kruin aanwezig is.

Belasting kraanopstelplaats

De kraanbelastingen bevinden zich aan de buitenzijde van de waterkering op de (hoge) buitenberm. De belastingen hebben een gunstig (tegenwerkend) effect op de stabiliteit. In de stabiliteitsberekeningen is om deze reden geen rekening gehouden met de kraanbelastingen.

Grondversnellingen door slopen fundament

Voor de verwijdering van het blok van de windturbine funderingen zal als hoofdmaterieel gebruik worden gemaakt van een hydraulische graafmachine met een sloophamer. Deze draait doorgaans met 310-390 toeren/min, ofwel een frequentie van 5 à 6 Hz. Bij deze frequentie wordt een versnelling verwacht van circa horizontaal 300 mm/s² (**0,3 m/s²**) en verticaal 150 mm/s² (**0,15 m/s²**). Door demping zal deze versnelling ter plaatse van de waterkering geringer zijn. Conservatief is hier geen rekening mee gehouden. De te verwachten versnelling is vergelijkbaar met het heien van palen op circa 40 m afstand en met de windturbine tijdens extreme windcondities.

4.7.4 Monitoring belastingen

Opgemerkt wordt dat de werkelijk optredende trillingen onzeker zijn. Aanbevolen wordt om in de definitieve ontwerp- en planningsfase een monitoringsplan op te stellen, waarin de trillingen ter plaatse van het fundament en het talud worden gemeten. De metingen dienen te worden verricht voorafgaand aan de bouw (nul-meting), tijdens de bouw en tijdens de exploitatie. Hierbij kunnen tevens metingen van de wateroverspanning worden uitgevoerd.

4.8 Partiële veiligheidsfactoren

Voor het afleiden van de partiële veiligheidsfactoren wordt verwezen naar bijlage A7. Een overzicht is gegeven in onderstaande tabel.

Deze factoren zijn voor deze kwalitatieve beoordeling niet relevant, maar ten behoeve van afstemming opgenomen.

Tabel 4-3 schadefactoren

model	Mohr-Coulomb	CSSM
STBI (Bishop)	$\gamma_n = 1,16$	$\gamma_n = 1,20$
STBU (Bishop)	$\gamma_n = 1,11$	$\gamma_n = 1,13$
Piping	$\gamma_{pip} = 1,08$	

Tabel 4-4 modelfactoren

rekenmodel	Mohr-Coulomb	CSSM
Bishop	1,00	1,11
LiftVan	0,95	1,06
Spencer-Van der Meij	0,95	1,07
EEM met MC	1,00	

Tabel 4-5 materiaalfactoren

parameter	Mohr-Coulomb	CSSM
Volumieke massa	1,0	1,0
Cohesie		1,0
Klei	1,25	
Veen	1,50	
Inwendige wrijving (op tan)		1,0
Klei	1,20	
Veen	1,25	
zand	1,20	
samendrukkingsconstanten	1,1	1,0

Tabel 4-6 schematiseringsfactoren

	Mohr-Coulomb	CSSM
Waarde tussen 1,0 en 1,3	Bepalen conform TRGS (Technisch Rapport Grondmechanisch Schematiseren)	

5 Kwalitatieve beoordeling ondergrondse effecten

5.1 Bewezen sterkte waterkering in relatie tot trillingen

Het beschouwen van mogelijke effecten van de windturbines op de waterveiligheid is in de volgende paragrafen bepaald voor de aanleg, het gebruik en het verwijderen van de nieuwe turbines. Ter plaatse van de te beschouwen locaties bevinden zich al windturbines én zijn diverse waterbouwkundige werken uitgevoerd. Onderstaand is een overzicht gegeven van de activiteiten welke van invloed zijn geweest op de waterkering.

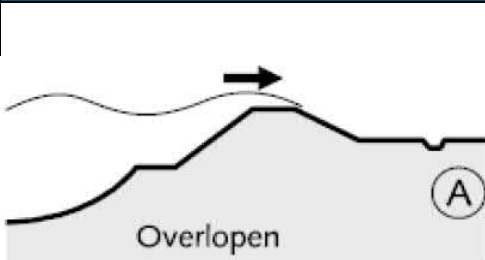
1. Bestaande windturbines:
De huidige windturbines zijn in 2007 gebouwd en bevinden zich op nagenoeg dezelfde locaties als de te realiseren windturbines. De bestaande windturbines zijn op palen gefundeerd welke volgens [Ref 2] heidend op diepte zijn gebracht. Hierbij zijn geen schades waargenomen [Ref 2]. Voor zover bekend is de geometrie van de landtong niet recent gewijzigd. Tijdens gebruik van de windturbines zijn geen noemenswaardige schades waargenomen;
2. Olieschermen:
In de buurt van de windturbines zijn olieschermen aangebracht, in het talud van het Calandkanaal. Royal Haskoning heeft in 2012 een trillingsanalyse uitgevoerd hiervoor. De berekende grondversnellingen waren $0,9 \text{ m/s}^2$ op 2,5 m afstand van de paal, vergelijkbaar met de maximale waarde genoemd in paragraaf 4.7. Voor zover bekend, zijn bij installatie van het scherm geen noemenswaardige schades opgetreden aan de waterkering en het talud;
3. Afmeerpalen:
In het talud zijn tevens afmeerpalen geheid. Door Witteveen+Bos is in 2014 een trillingsanalyse uitgevoerd. De berekende versnellingen bedroegen ca. 1 m/s^2 op 5 m afstand van de paal. Ook bij deze activiteiten zijn, voor zover bekend, geen noemenswaardige schades opgetreden aan de waterkering en het talud.

Op basis van bovenstaande activiteiten is de verwachting dat de trilling bij de bouw en gebruik van de nieuwe windturbines, welke van zelfde orde grootte zijn als die in bovenstaand overzicht genoemd, geen noemenswaardige effecten zullen hebben op de waterveiligheid. Onderstaand is dit verder onderbouwd.

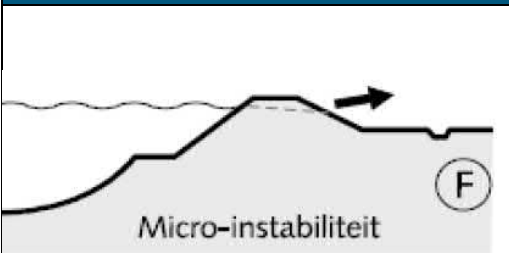
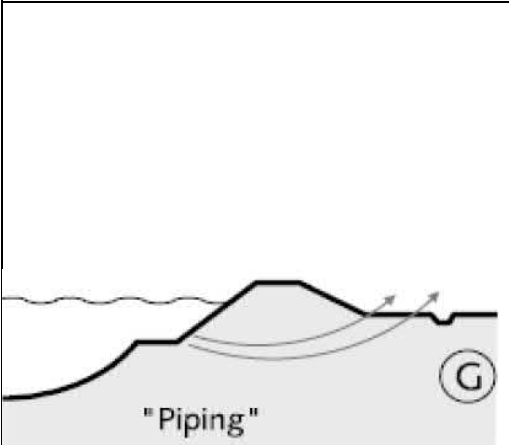
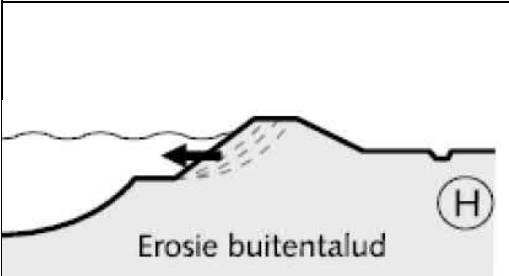
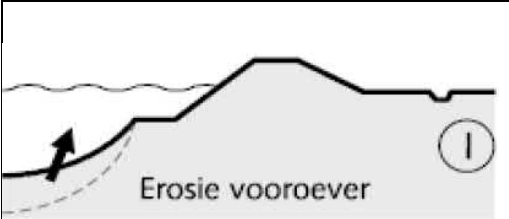
5.2 Relevante faalmechanismen

Het beschouwen van mogelijke effecten van de windturbines op de waterveiligheid wordt bepaald aan de hand van verschillende faalmechanismen. Een korte beschrijving van de verschillende faalmechanismen, evenals de potentiële effecten op de sterkte van of de belasting op de waterkering, is gegeven in Tabel 5-1.

Tabel 5-1 Omschrijving faalmechanismen (VTV2006)

Faalmechanisme	Omschrijving effecten op belasting/sterkte
	Overlopen betreft inundatie van het dijkgebied door een combinatie van hoge waterstand en golfoverslag zonder dat de waterkering bezwijkt. De weerstand wordt bepaald door de hoogte van de kruin. <u>Effecten</u> <u>Bouwfase:</u> - Afname van de kruinhoogte door verdichting/verweking van de zandige waterkering als gevolg van heitruillingen; - Een tijdelijke open ontgraving voor de kruising van kabels leidt tot een tijdelijke kruinhoogteverlaging.

Faalmechanisme	Omschrijving effecten op belasting/sterkte
	Gebruiksfase: - Afname van de kruinhoogte door verdichting/verweking van de zandige waterkering als gevolg van trillingen van het fundament; Verwijderingsfase: - Afname van de kruinhoogte door verdichting/verweking van de zandige waterkering als gevolg van trillingen tijdens sloop van het fundament.
	Golfoverslag kan leiden tot erosie van de kruin en het binnentalud door de kracht van het stromend water. De belasting wordt gevormd door de hydraulische randvoorwaarden en het daaruit voortvloeiende overslagdebiet. De sterkte wordt bepaald door de erosiebestendigheid van het binnentalud. <u>Effecten</u> Bouwphase: - Door de aanleg van de kabels aan de buitenzijde kan schade optreden aan de grasbekleding met tijdelijk verminderde erosiebestendigheid; - Door aanleg van het fundament aan de buitenzijde kan schade optreden aan de grasbekleding met tijdelijk verminderde erosiebestendigheid Alle fasen: - Net als bij overloop kan in alle fasen een kruinhoogtedaling ten gevolge van verdichting/verweking leiden tot toename van het golfoverslagdebiet en erosie/schade aan de kruin en het binnentalud.
	Instabiliteit (afschuiven) van het binnentalud kan optreden, hetzij door infiltratie van het overstromend water bij een combinatie van hoge waterstand en golfoverslag, hetzij door waterdruk tegen de waterkering en verhoogde waterspanning in de ondergrond. Daarnaast bestaat de belasting uit het gewicht van de waterkering en verkeersbelasting. De sterkte wordt bepaald door de geometrie en het gewicht en de schuifsterkte van de ondergrond. <u>Effecten</u> Bouwphase: - Toename van belasting door trillingen tijdens het heien van palen; - Ontgraving voor een eventuele kabelsleuf evenwijdig aan de waterkering. Gebruiksphase: - Trillingen van het fundament als gevolg van cyclische windbelastingen kunnen leiden tot toename van de grondbelasting; Verwijderingsfase: - Toename van belasting door trillingen tijdens het slopen van het fundament.
	Instabiliteit (afschuiven) van het buitentalud na een snelle daling van de buitenwaterstand. De sterkte wordt bepaald door de geometrie van de waterkering en het gewicht en de schuifsterkte van de ondergrond.. <u>Effecten</u> Bouwphase: - Toename van belasting door trillingen tijdens het heien van palen; - Toename belasting op buitenberm ter plaatse van de kraanopstelplaats en wegen. - Afname sterkte door ontgraving voor kabels en de fundering van de windturbine en kraanopstelplaats. Gebruiksphase: - Trillingen van het fundament als gevolg van cyclische windbelastingen kunnen leiden tot toename van de grondbelasting; Verwijderingsfase: - Toename van belasting door trillingen tijdens het slopen (fundament).

Faalmechanisme	Omschrijving effecten op belasting/sterkte
 Micro-instabiliteit	Instabiliteit van het binnentalud door uittredend kwelwater door het grondlichaam. De belasting wordt bepaald door de buitenwaterstand en de doorlatendheid van het dijklichaam. De sterkte wordt bepaald door de geometrie van de waterkering en de grondopbouw. <u>Effecten</u> De windturbines en bijbehorende werken hebben geen invloed op de grondwaterstroming door de dijk. Ook blijft de opbouw van de kering ongewijzigd. Trillingen zouden kunnen leiden tot toename van de belasting bij afschuiven van de kleibekleding. Doordat aan de binnenzijde een hoge berm aanwezig is, is dit niet relevant.
 "Piping"	Piping betreft kwelstroming door de ondergrond waarbij achter de dijk erosie ontstaat en grond meegevoerd wordt (zandmeevoerende wellen). Voor dit mechanisme zijn het verval (hoge buitenwaterstand) en de stroomsnelheid van belang. De weerstand wordt bepaald door de kwelweglengte en grondeigenschappen. Op locaties waar een deklaag van klei aanwezig is, is piping een relevant faalmechanisme. <u>Effecten</u> <u>Bouwfase:</u> • Aanleg van kruisende kabel kan leiden tot erosie door kwelstroming langs de kabel; • Ontgraving ten behoeve van aanleg fundament kan een nieuw intredepunt introduceren met kortere kwelweglengte; • Bij doorsteken van de slecht doorlatende grondlagen met funderingspalen kan een nieuwe kwelweg ontstaan. Echter, bij gebruik van grondverdringende palen en een goede aansluiting van de deklaag op het fundament, is de kans hierop minimaal. <u>Gebruiksfase:</u> • Kruisende kabel kan leiden tot erosie door piping/kwelstroming langs de kabel. • Kiervorming langs palen, waardoor kwelweg wijzigt; <u>Verwijderfase:</u> • Door het verwijderen van de palen of door betonrot kan kwelwegverkorting optreden.
 Erosie buitentalud	Erosie van het buitentalud of de vooroever door stroming of golfbeweging. Harde objecten, zoals fundaties, in of nabij het buitentalud kunnen leiden tot lokale stroomversnelling en dus toename van de belasting. <u>Effecten</u> <u>Bouwfase:</u> • Bij aanleg van kruisende leiding in een sleuf wordt de bekleding van de dijk tijdelijk verzwakt; <u>Gebruiksfase:</u> • Het fundament staat op de buitenberm. Erosie rondom het fundament kan eveneens effect hebben op de bekleding. Het aanbrengen van een erosiebestendige aansluiting van de deklaag op het fundament is essentieel.
 Erosie vooroever	Instabiliteit vooroever als gevolg van afschuiving en zettingsvloeiing. Wanneer de grondslag hiervoor gevoelig is, kunnen trillingen of toename van een bovenbelasting op de vooroever deze initiëren. <u>Effecten</u> <u>Alle fasen:</u> • De bodemopbouw in dit gebied kan gevoelig zijn voor zettingsvloeiing. Ter plaatse van de beoogde windturbine-locaties is de bodemopbouw echter zeer heterogeen, met een afwisseling van

Faalmechanisme	Omschrijving effecten op belasting/sterkte
	zand en kleilagen. Losgepakte zandlagen komen niet in dikke lagen voor. De lokale bodemopbouw lijkt daarmee niet gevoelig voor zettingsvloeiing. Daarnaast geldt dat trillingen ten gevolge van gebruik van de huidige windturbines en heiwerk voor het oliescherm en meerpalen nabij de locatie voor zover bekend niet hebben geleid tot zettingsvloeiing.

Aan de hand van het voorgaande overzicht kan gesteld worden dat de ontwikkeling van het windpark effect kan hebben op de volgende faalmechanismen:

Tabel 5-2: Relevante faalmechanismen per projectfase met mogelijk effect

Faalmechanisme	Bouwfase	Gebruiksfase	Verwijderingsfase
Overlopen (HT)	Trilling Aanleg kabels	Trilling	Trilling
Golfoverslag (HT)			
Afschuiven binnentalud (STBI)	Trilling	Trilling	Trilling
Afschuiven buitentalud (STBU)	Trilling	Trilling	Trilling
Microstabiliteit (STMI)	-	-	-
Piping (STPH)	Aanleg kabels Aanleg fundament Palen	Palen	Palen
Bekleding (STBK)	Aanleg kabels Aanleg fundament	-	-
Vooroever (STVL)	-	-	-

Deze potentiële faalmechanismen worden hierna nader kwalitatief beoordeeld. De overige faalmechanismen worden in dit rapport niet verder beschouwd. Voor de relevante faalmechanismen volgt in de volgende fase een kwantitatieve beoordeling.

Ten aanzien van piping geldt dat de bekabeling wordt beschouwd als Niet Waterkerende Object (NWO). De bekabeling is zodanig afzonderlijk beschouwd.

5.3 Beoordeling effecten op overloop en golfoverslag (HT)

Voor de huidige situatie geldt dat onder maatgevende omstandigheden de waterstand voor de geotechnische beoordeling enkele decimeters hoger is dan de huidige kruinhoogte. De waterstand voor de beoordeling van de hoogte is ruim 2 m hoger dan de bestaande kruinhoogte.

Een (eventuele) verhoging/verbreding van de waterkering in buitenwaartse richting kan door de locatie(s) van de windturbines worden bemoeilijkt, wellicht zijn *plaatselijk* specifieke technische oplossingen nodig. Verhoging van de waterkering is echter niet onmogelijk door de aanleg van de windturbines.

Tijdens de aanleg van de kruisende kabels in een open ontgraving zal de kruinhoogte tijdelijk worden verlaagd. Bij bouw van de windturbines buiten het stormseizoen is voldoende veiligheidsmarge aanwezig.

Tijdens de aanleg van de kabels en het fundament zijn werkzaamheden voorzien die de sterkte van de bekleding kunnen aantasten. Tijdens de uitvoering van de graaf- en aanvulwerkzaamheden zal ervoor

moeten worden gezorgd dat de grond goed wordt verdicht, goed aanvulmateriaal wordt gebruikt en de profielopbouw en grasbekleding zoveel mogelijk wordt hersteld. Daarnaast dient een erosiebestendige aansluiting van de deklaag op het fundament te worden gerealiseerd.

De ondergrond is niet gevoelig voor verweking/verdichting. Er wordt daarom geen afname van de kruinhoogte verwacht.

Op basis van het voorgaande wordt geconcludeerd dat de plaatsing en aanwezigheid van het windpark geen noemenswaardige effecten zal hebben op de mechanismen 'overlopen' en 'golfoverslag', mits de uitvoering van de bekabeling en fundament zorgvuldig wordt verricht met herstel van de profielopbouw en grasbekleding. Als voorwaarde geldt dat de uitvoering buiten het stormseizoen dient plaats te vinden. Een eventuele toekomstige verhoging/verbreding van de waterkering is door de aanwezigheid van de windturbines plaatselijk lastiger, maar niet onmogelijk.

5.4 Beoordeling op binnenwaartse stabiliteit (STBI)

De ontwikkeling van het windpark leidt niet tot verandering van de bodemopbouw van de waterkering of de ondergrond.

Tijdens de aanleg van de windturbine wijzigt de geometrie van de kering tijdelijk, bij graverij ten behoeve van de aanleg van de kabels parallel aan de kering, bij de binnenteen. Deze werkzaamheden vinden plaats buiten het stormseizoen en leiden niet tot verlaging van de waterveiligheid.

Trillingen tijdens aanleg en bij gebruik van de windturbines zijn al eerder opgetreden zonder verlies van stabiliteit. Naar verwachting zal bij de vernieuwing van de windturbines het effect gering zijn.

Op basis van het voorgaande wordt geconcludeerd dat de plaatsing en aanwezigheid van het windpark geringe effecten zal hebben op de binnenwaartse macrostabiliteit.

5.5 Beoordeling op buitenwaartse stabiliteit (STBU)

De ontwikkeling van het windpark leidt niet tot verandering van de bodemopbouw van de waterkering of de ondergrond.

Tijdens de aanleg van de windturbine wijzigt de geometrie van de kering tijdelijk, bij graverij ten behoeve van de aanleg van de kabels en het fundament, aan de buitenzijde. Deze werkzaamheden vinden plaats buiten het stormseizoen en leiden niet tot verlaging van de waterveiligheid.

Trillingen tijdens aanleg en bij gebruik van de windturbines zijn al eerder opgetreden zonder verlies van stabiliteit. Naar verwachting zal bij de vernieuwing van de windturbines het effect gering zijn.

Op basis van het voorgaande wordt geconcludeerd dat de plaatsing en aanwezigheid van het windpark geringe effecten zal hebben op de buitenwaartse macrostabiliteit.

5.6 Beoordeling effecten op opbarsten, piping en heave (STPH)

Bij graverij ten behoeve van de aanleg van de kabels en het fundament kan de bodemopbouw lokaal worden verstoord. Hierdoor kan een nieuw in- of uittrede punt voor piping ontstaan.

Bij het aanvullen van de sleuf en rondom het fundament moet daarom nauwkeurig worden gewerkt, cohesieve lagen moeten in dunne lagen worden teruggebracht (conform oorspronkelijke opbouw) en voldoende worden verdicht.

Ook voor de paalfundering geldt dat de uitvoering zorgvuldig moet geschieden. Gekozen moet worden voor een grondverdringend systeem.

De aandrijvende kracht bij piping is het waterstandverschil over de kering.

Voor de te beschouwen kering geldt dat het niveau van het achterland/binnenberm zodanig hoog is (circa NAP+5,5 m), dat het waterstandsverschil over de kering gering is. Deze situatie wijzigt niet bij of na aanleg van de kabels en het fundament.

Op basis van het voorgaande wordt geconcludeerd dat de plaatsing en aanwezigheid van het windpark geen noemenswaardige effecten zal hebben op het mechanisme piping, mits de uitvoering van de bekabeling en het fundament zorgvuldig wordt verricht met herstel van de 'oorspronkelijke bodemopbouw' en het toepassen van een grondverdringend paalsysteem. Uitvoering dient buiten het stormseizoen plaats te vinden.

5.7 Beoordeling effecten voor bekleding

Bij graverij ten behoeve van de aanleg van de kabels en het fundament kan de deklaag en bekleding aan het buitentalud lokaal worden verstoord.

Bij het aanvullen van de sleuf en rondom het fundament moet daarom nauwkeurig worden gewerkt, cohesieve lagen moeten in dunne lagen worden teruggebracht (conform oorspronkelijke opbouw) en voldoende worden verdicht. De erosie bestendige deklaag dient zorgvuldig te worden aangesloten op het fundament.

Op basis van het voorgaande wordt geconcludeerd dat de plaatsing en aanwezigheid van het windpark geen noemenswaardige effecten zal hebben op de erosiebestendigheid van de bekleding, mits de uitvoering van de bekabeling en het fundament zorgvuldig wordt verricht met herstel van de 'oorspronkelijke bodemopbouw' en het realiseren van een erosiebestendige aansluiting. Uitvoering dient buiten het stormseizoen plaats te vinden.

6 Conclusies en aanbevelingen

Op basis van een *kwantitatieve* effectbeoordeling is vastgesteld dat de bouw, gebruik en verwijderen van het windpark effect kan hebben op de volgende faalmechanismen:

- Hoogte;
- Binnenwaartse en buitenwaartse macrostabiliteit
- Piping;
- Bekleding

De effecten op de mechanismen 'overlopen' en 'golfoverslag' zijn beoordeeld en zijn niet noemenswaardig, mits de uitvoering zorgvuldig wordt verricht met herstel van de profielopbouw en grasbekleding. Een eventuele toekomstige verhoging/verbreding van de waterkering is door de aanwezigheid van de windturbines plaatselijk lastiger, maar niet onmogelijk.

De effecten op de 'macrostabiliteit' zijn beoordeeld en zijn naar verwachting gering. Trillingen tijdens aanleg en bij gebruik van de windturbines zijn al eerder opgetreden zonder verlies van stabiliteit.

De effecten op het mechanisme piping zijn beoordeeld en niet noemenswaardig, mits de uitvoering zorgvuldig wordt verricht met herstel van de 'oorspronkelijke bodemopbouw' bij aanvulling van de sleuf en rondom het fundament. Daarnaast moet een grondverdringend paalsysteem worden toegepast.

De effecten op de bekleding zijn beoordeeld en niet noemenswaardig, mits de uitvoering van de bekabeling en het fundament zorgvuldig wordt verricht met herstel van de 'oorspronkelijke bodemopbouw' en het realiseren van een erosiebestendige aansluiting

Voor meerdere faalmechanismen geldt dat de uitvoering buiten het stormseizoen plaats moet vinden. Door uitvoering onder dagelijkse omstandigheden en met monitoring van trillingen, wateroverspanningen etc. worden geen negatieve effecten verwacht op de waterveiligheid.

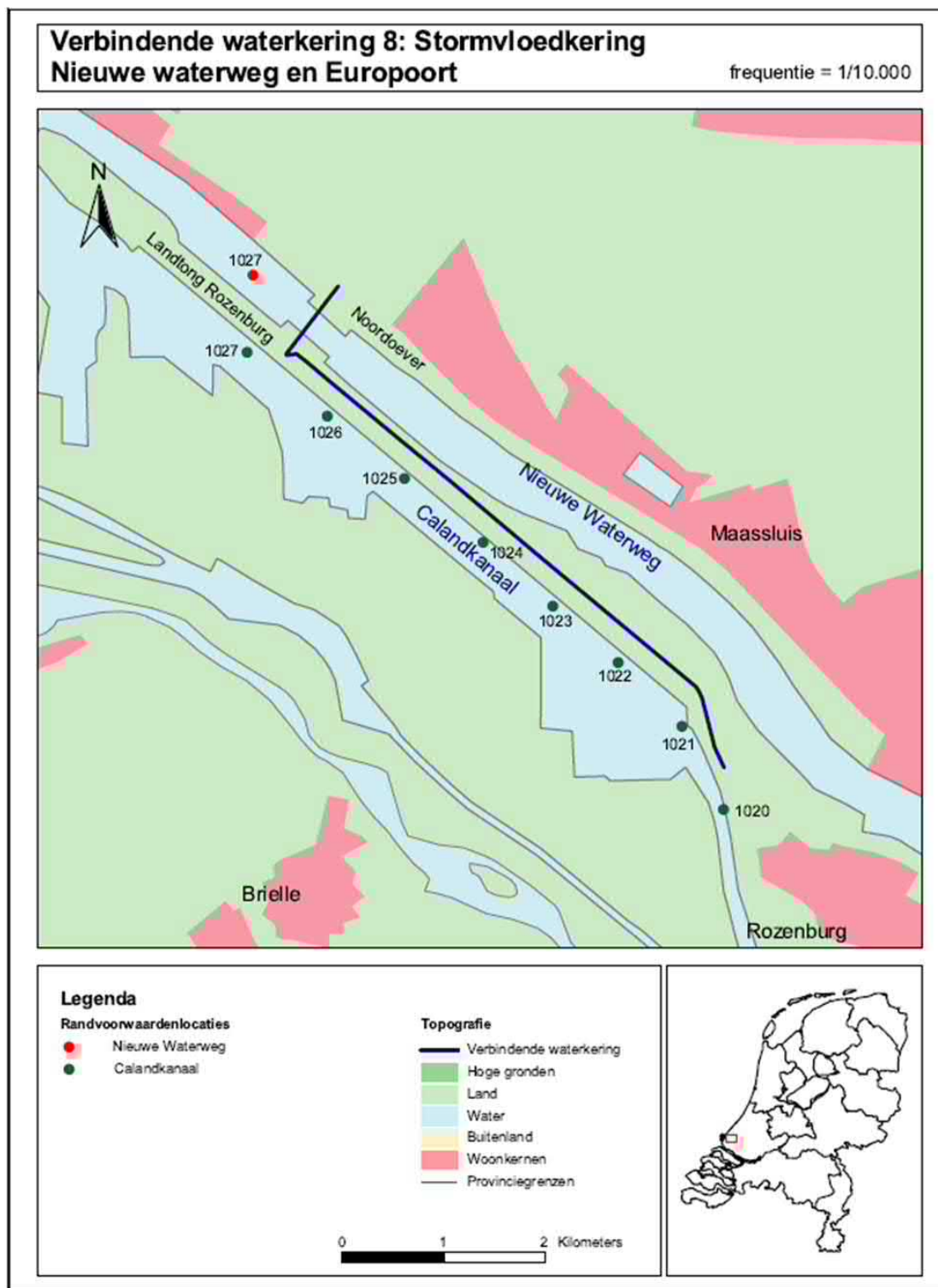
Zodra de keuze van het VKA bekend is zullen op basis van een kwantitatieve analyse (stabiliteitsberekeningen) bovenstaande conclusies worden geverifieerd.

7 Referenties

Bij het opstellen van dit rapport zijn de volgende documenten gebruikt:

- Ref 1. Leggerdocument Dijkkringverbindende Waterkering Stormvloedkering Nieuwe Waterweg/Europoort, Rijkswaterstaat Zuid-Holland, Waterdistrict Nieuwe Waterweg, 073916515:B, DZH-ARN-2009.01201, 3 juli 2009;
- Ref 2. Geotechnisch onderzoek en advies betreffende plaatsing 9 windturbines windpark landtong nabij Rozenburg, Fugro, opdracht nummer 1015-0300-000, 9 september 2016;
- Ref 3. Hydraulische randvoorwaarden primaire waterkering, voor de derde toetsronde 2006-2011 (HR2006), Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Augustus 2007;
- Ref 4. Handreiking ontwerpen met overstromingskansen, Veiligheidsfactoren en belastingen bij nieuwe overstromingskansen-normen, OI2014v4, Rijkswaterstaat, februari 2017;
- Ref 5. Tekening Landtong Rozenburg met indeling waterstaatswerken en zonering primaire waterkering, Rijkswaterstaat, 08-01-2018;
- Ref 6. Externe Veiligheid Windturbines Landtong, vervanging windturbines, projectnummer 0404024.00, Auteursgroep SAVE, Antea group, 5 december 2016;
- Ref 7. Beleidsregel voor het plaatsen van windturbines op, in of over rijkswaterstaatswerken, Staatscourant 2 juli 2002, nr. 123;
- Ref 8. Concept tekening Overzicht Windturbines Landtong Rozenburg, 15007-001, De Wolff, 04-02-2015;
- Ref 9. Statische berekeningen windturbines Windpark Landtong Rozenburg B.V., NM64C/1500 HH78 NL, WO.02.229_10, Ingenieursgroep Romkes BV, 8-3-2004/15-12-2006;

A1 Verbindende Waterkering 8 (nu traject 208)



Figuur A- 1 Locatie Verbindende Waterkering uit Hydraulische Randvoorwaarden 2006 [Ref 3]



Figuur A- 2 Trajectindeling nieuwe normering [Ref 4]

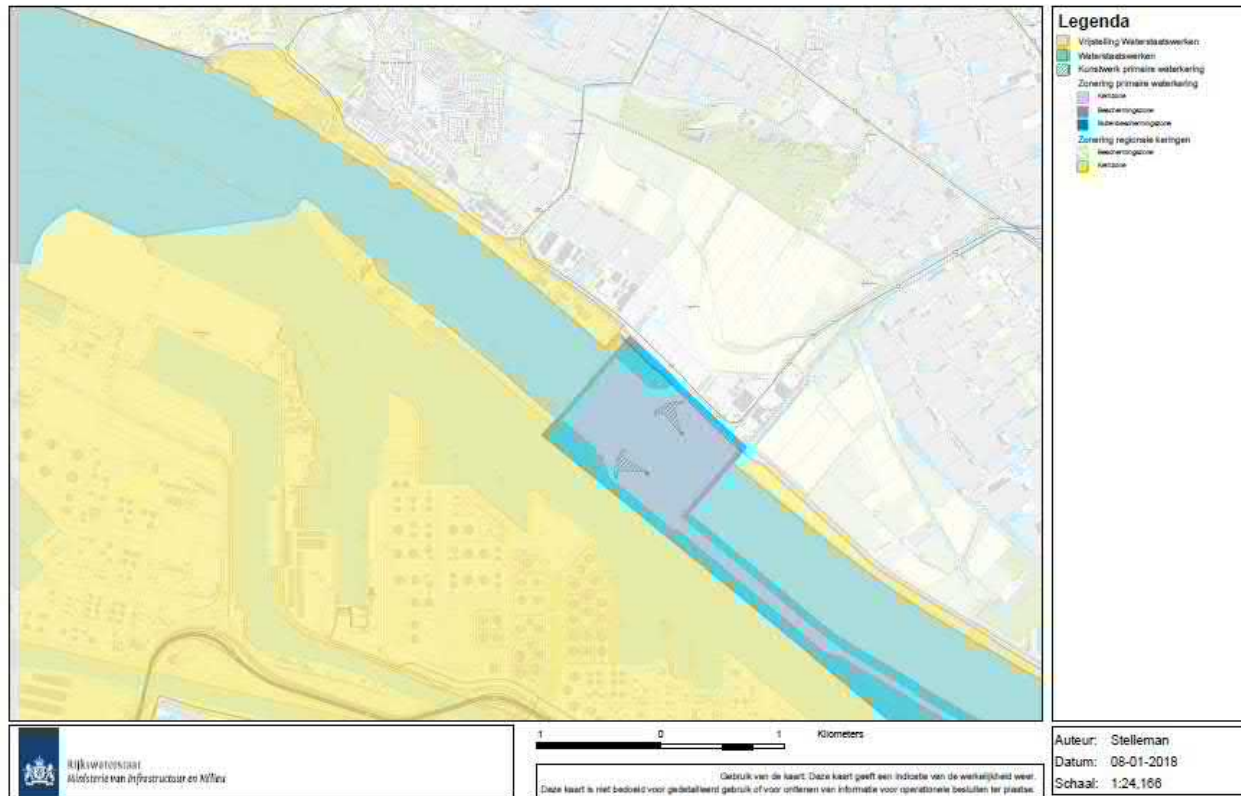
Signalerings- en ondergrenswaarden voorliggende keringen

Traject	Naam kering	Signalerings waarde MKBA	Signalerings waarde LIR	Ondergrens	Maximale faalkanseis niet-sluiten
201	Afsluitdijk	1:10000		1:3000	
202	Kadoelersluis	1:10000	1:1000	1:3000	
204a	Houtribdijk – initiatie falen vanuit IJsselmeer	1:10000		1:3000	
204b	Houtribdijk – initiatie falen vanuit Markermeer	1:1000		1:300	
205	Nijkerkersluis	1:3000		1:1000	
206	Spooldersluis	1:10000		1:3000	
208	Europoort / Maeslantkering	1:100000		1:30000	1:100
209	Europoort / Hartelkering	1:100000		1:30000	1:10

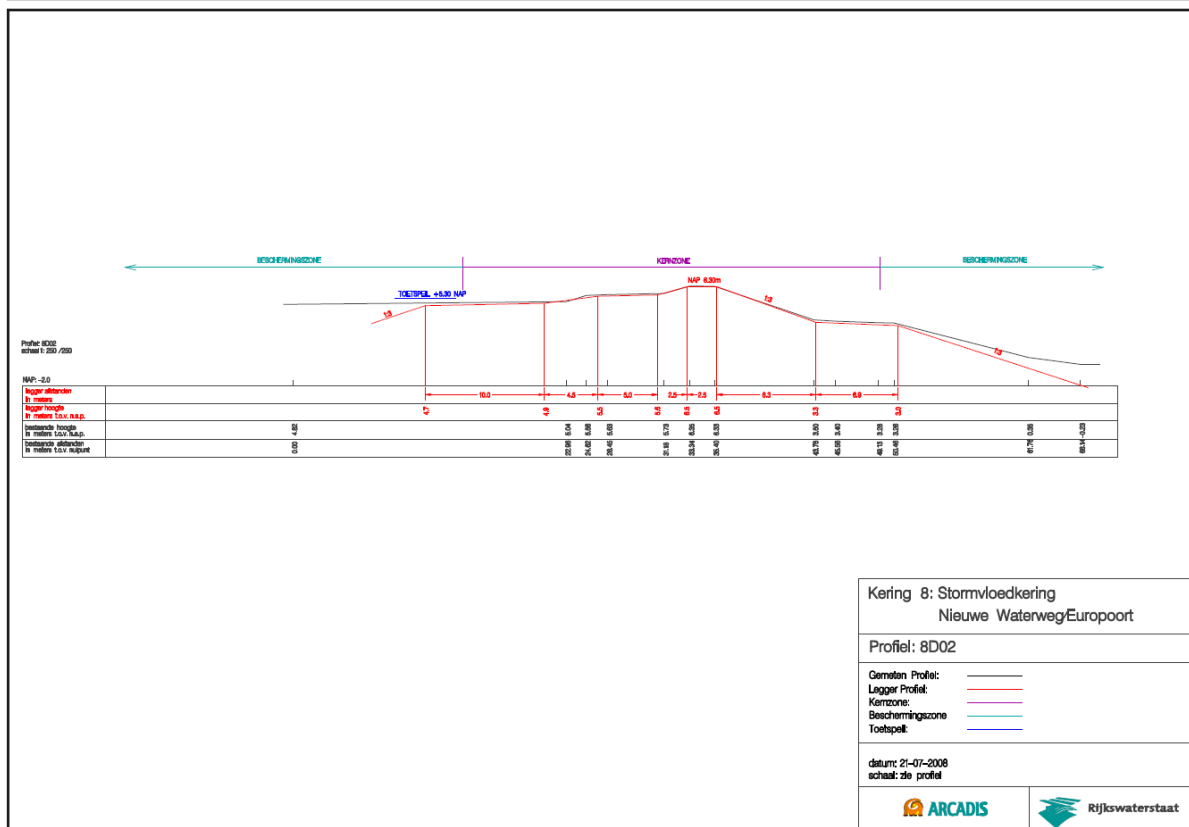
Figuur A- 3 Normering [Ref 4]

A2 Zonering primaire waterkering

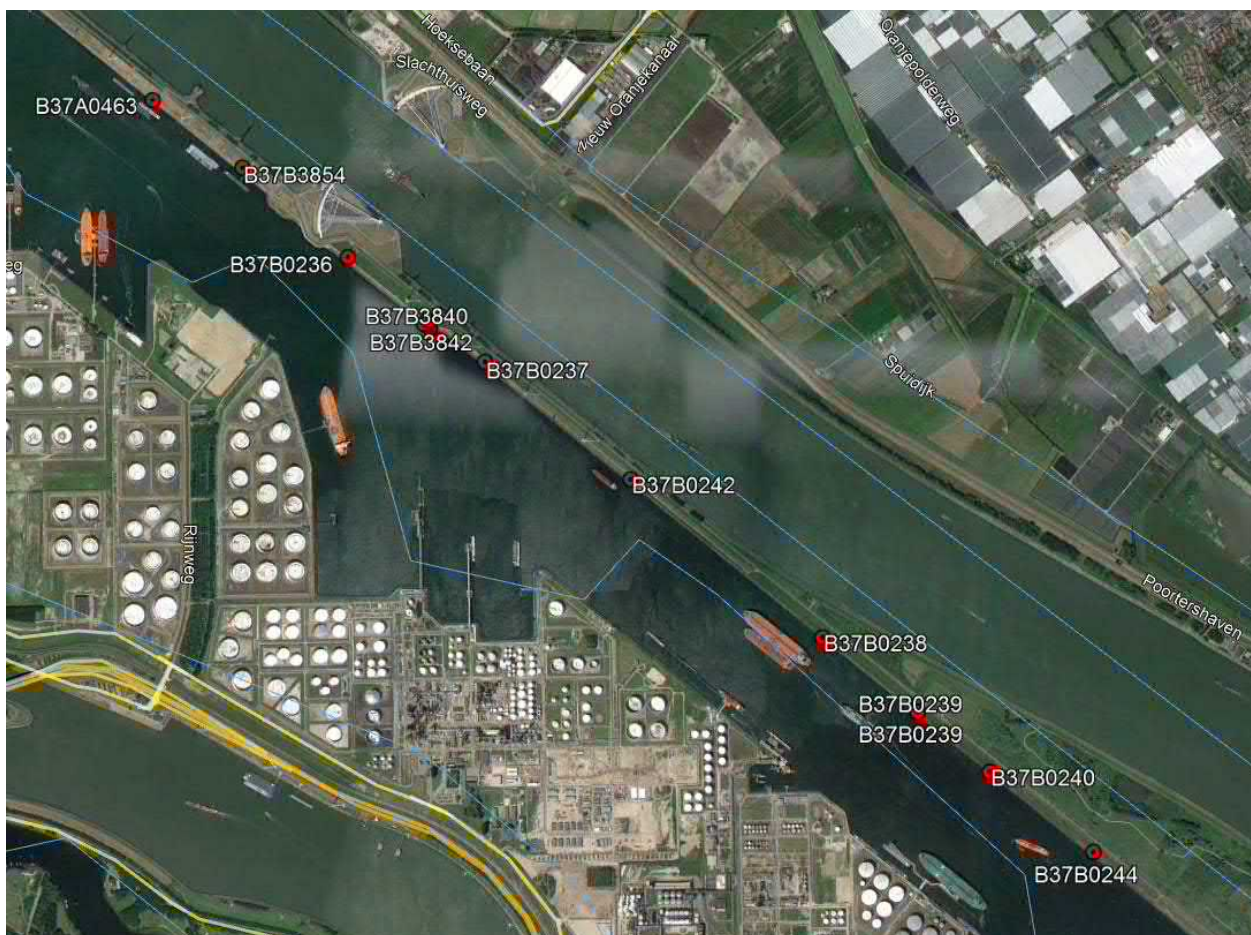
landtong rozenburg



Figuur A- 4 Zonering kering RWS [Ref 5]

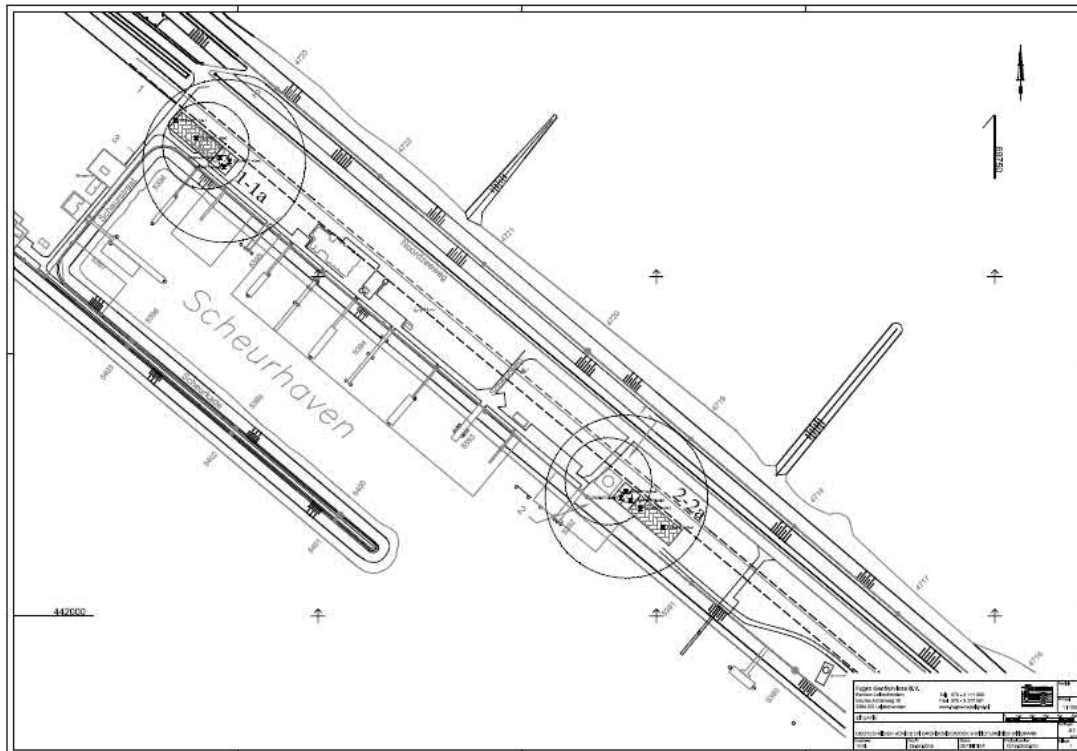


A4 Bodemgegevens DINOloket

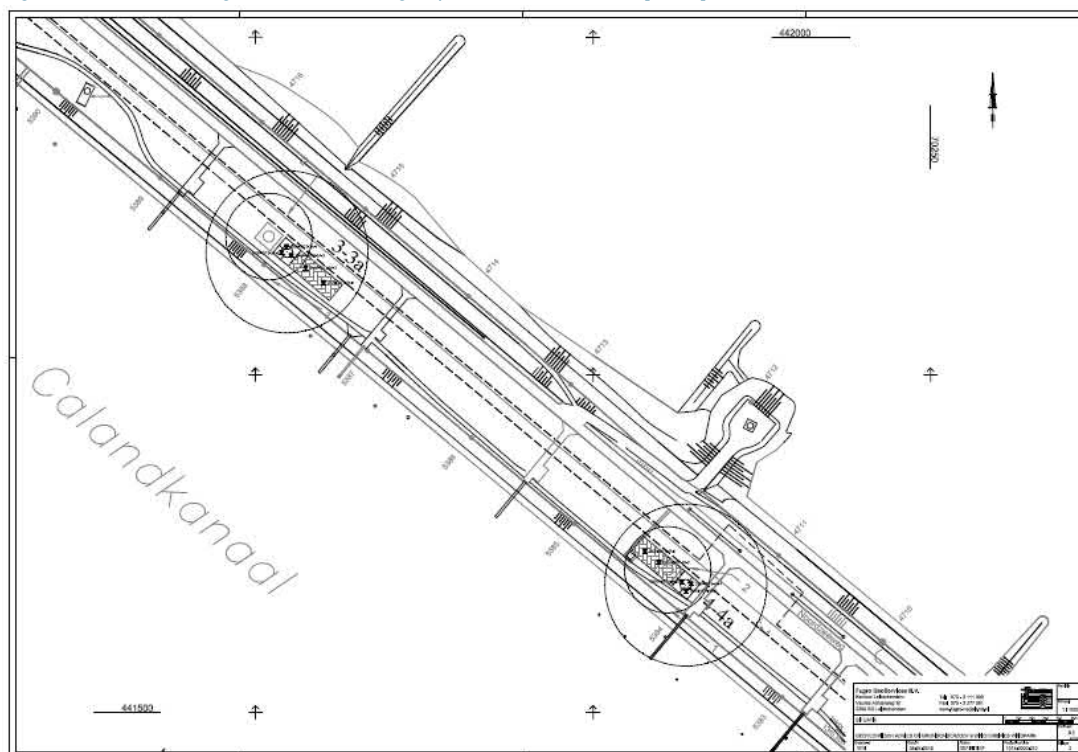


Figuur A- 5 Locaties geotechnische boringen opgenomen in DINO-loket

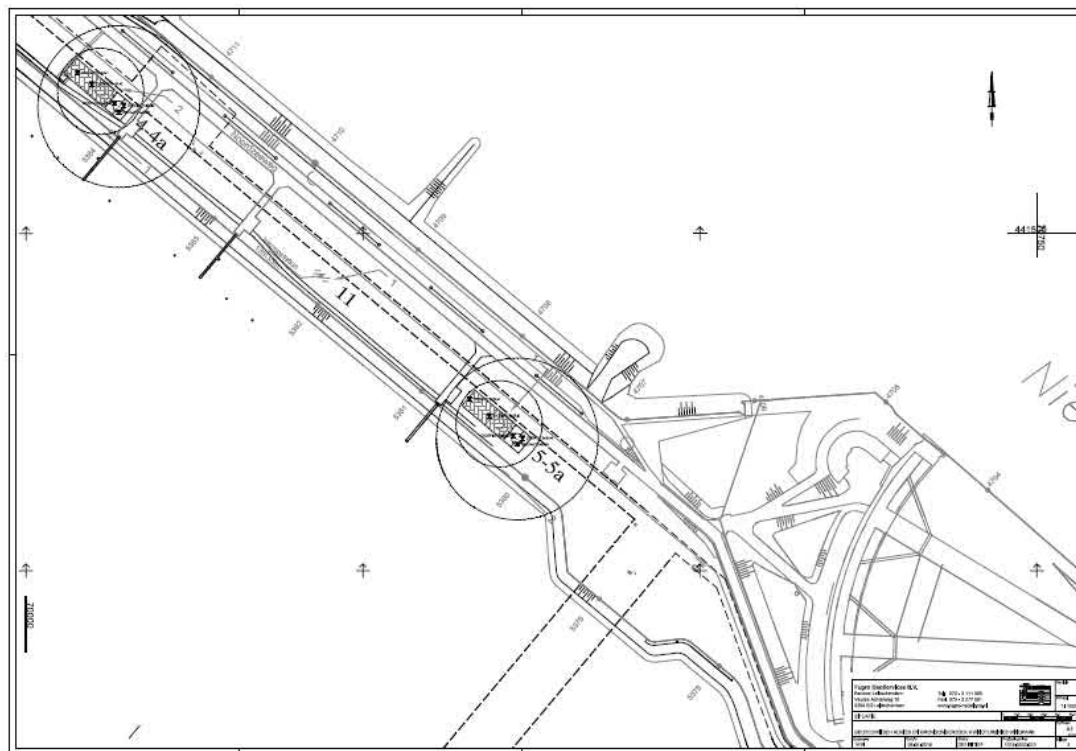
A5 Locaties Sonderingen Fugro



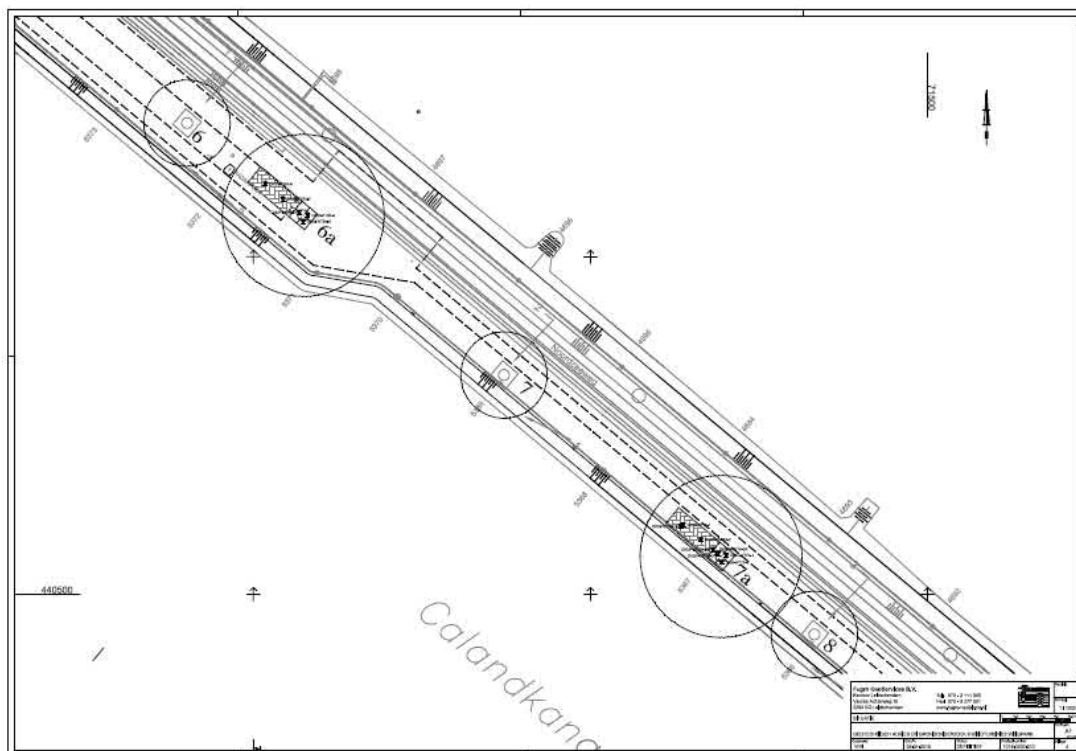
Figuur A- 6 Locaties uitgevoerde sonderingen posities 1-1a en 2-2a [Ref 2]



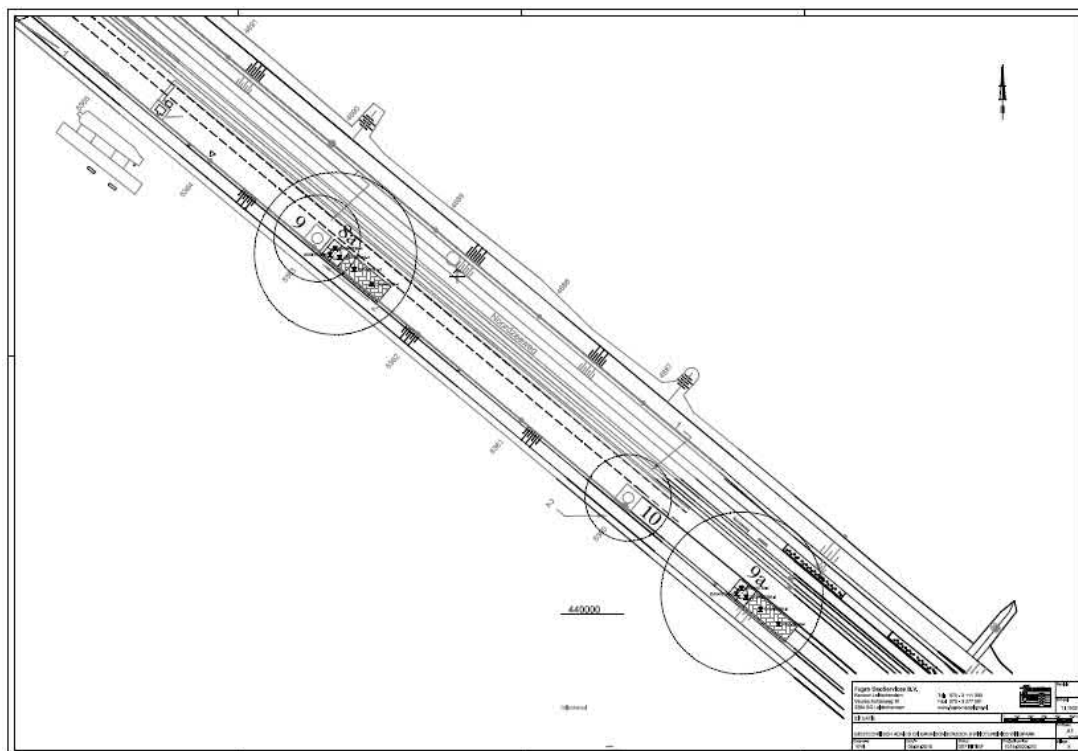
Figuur A- 7 Locaties uitgevoerde sonderingen posities 3-3a en 4-4a [Ref 2]



Figuur A- 8 Locaties uitgevoerde sonderingen positie 5-5a [Ref 2]



Figuur A- 9 Locaties uitgevoerde sonderingen posities 6a en 7a [Ref 2]



Figuur A- 10 Locaties uitgevoerde sonderingen posities 8a en 9a [Ref 2]

A6 Informatie waterstanden

Noordzeekust Hoek van Holland

Standen in cm t.o.v. NAP

Getijtype cq grootheid	Slotgemiddelden			Waarden maansverloop	
	HW- stand	LW- stand	tijverschil	HW	LW
Gem. springtij	132	-63	195	1:32	6:51
Gem. tij	115	-60	175	1:34	7:17
Gem. doottij	90	-55	145	1:36	7:39
Gem. duur rijzing				6:42	
Gem. duur daling				5:43	
Gem. waterstand		9			

Gemiddelde over- en onderschrijdingsfrequenties		
Frequentie	Overschrijding hoogwaterstanden	Onderschrijding laagwaterstanden
1x per 10.000 jaar	510	
1x per 5.000 jaar	480	
1x per 4.000 jaar	470	
1x per 2.000 jaar	450	
1x per 1.000 jaar	430	
1x per 500 jaar	410	
1x per 200 jaar	380	
1x per 100 jaar	360	
1x per 50 jaar	340	
1x per 20 jaar	315	-190
1x per 10 jaar	300	-180
1x per 5 jaar	285	-170
1x per 2 jaar	260	-155
1x per jaar	245	-145
2x per jaar	230	-135
5x per jaar	210	-125
LAT		-92

Hoogst bekende waarde 385 cm 1 feb 1953 Periode 1900-2010
 Laagst bekende waarde -210 cm 12 jan 1913 Periode 1900-2010

Getijgebied

Waterstanden

Scheur, Maassluis

Algemene gegevens

slotgemiddelden 1991.0				waarden maansverloop			gemiddelde over- en onderschrijdings- frequentie per jaar			
type tij	HW- stand	LW- stand	tijver- schil	type tij cq grootheid	HW	LW	overschrijding hoogwaterstanden		onderschrijding laagwaterstanden	
							frequentie	stand	frequentie	stand
gem.	122	-48	170	gem.springtij	2.51	10.15	1x per 10.000 jaar	340	1x per 10 jaar	-150
springtij				gem.doodtij	2.32	8.38	1x per 1.000 jaar	325	1x per jaar	-125
gem. tij	106	-50	156	gem.havengetal	2.43	10.07	1x per 100 jaar	309		
gem.				gem.duur rijzing		5.01	1x per 10 jaar	281		
doodtij	99	-45	144	gem.duur daling		7.24	1x per 2 jaar	248	OLW 1991.0	-80
							(grenspeil)			
gem. waterstand:	13						1x per jaar	237		
							maatgevende waarde	340		
							(Delfland, 1x per 10.000 jaar)			

A7 Bepaling faalkanseisen en afleiding veiligheidsfactoren

$$\beta_{eis,i} = \Phi^{-1}(P_{eis,i}) = \Phi^{-1}\left(\frac{\omega \cdot P_{norm}}{(1 + a \frac{L}{b})}\right)$$

Macro-stabiliteit binnenwaarts:

- $\omega = 0,04$
- $P_{norm} = 1/100.000$ per jaar
- $a = 0,033$
- $b = 50$ m
- $L = 7300$ m

$P_{eis} = 1/14.545.000$ per jaar

$\beta = 5,27$

Mohr-Coulomb

$$\gamma_n = 1 + 0,13(\beta_{eis,dsn} - 4,0) \quad \text{met } \beta_{eis,dsn} = -\phi^{-1}(P_{eis,dsn})$$

CSSM

$$\gamma_n = 0,15\beta_{eis,dsn} + 0,41 \quad \text{met } \beta_{eis,dsn} = -\phi^{-1}(P_{eis,dsn})$$

schadefactor (Mohr-Coulomb) $\gamma_n = 1,17$

schadefactor (CSSM) $\gamma_n = 1,20$

Piping:

- $\omega = 0,24$
- $P_{norm} = 1/100.000$ per jaar
- $a = 0,4$
- $b = 300$ m
- $L = 7300$ m

$P_{eis} = 1/4.472.222$ per jaar

$\beta = 5,05$

$$\gamma_{pip} = 1,04 \cdot e^{(0,37\beta_{eis,dsn} - 0,43\beta_{max})}$$

sterktefactor (piping) $\gamma_{mp} = 1,64$

Macro-stabiliteit buitenwaarts:

- $\omega = 0,04$
- $P_{norm} = 1/100.000$ per jaar
- $a = 0,033$
- $b = 50$ m
- $L = 7300$ m
- Instabiliteit niet gecorreleerd met hoogwater: factor 0,1 toepassen

$P_{eis} = 1/1.454.500$ per jaar

$\beta = 4,83$

Mohr-Coulomb

$$\gamma_n = 1 + 0,13(\beta_{eis,dsn} - 4,0) \quad \text{met } \beta_{eis,dsn} = -\phi^{-1}(P_{eis,dsn})$$

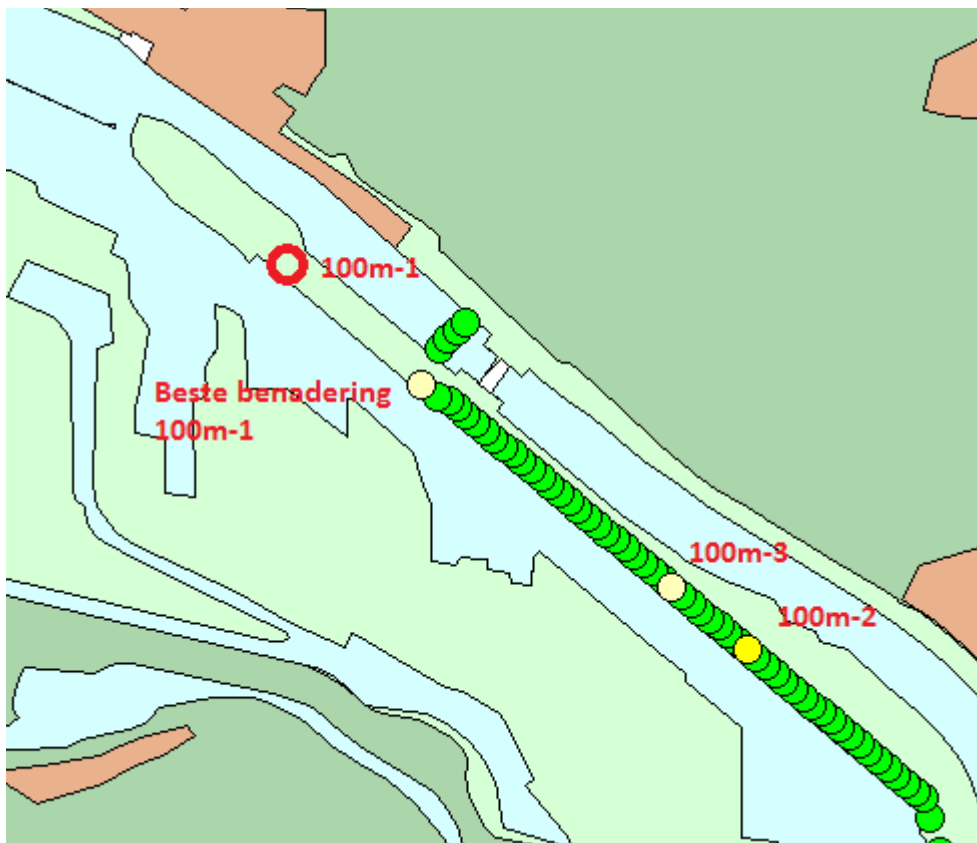
CSSM

$$\gamma_n = 0,15\beta_{eis,dsn} + 0,41 \quad \text{met } \beta_{eis,dsn} = -\phi^{-1}(P_{eis,dsn})$$

schadefactor (Mohr-Coulomb) $\gamma_n = 1,11$

schadefactor (CSSM) $\gamma_n = 1,13$

A8 Afleiding waterstanden



Waterstanden Calandkanaal voor Geotechnische beoordeling

		1/30.000 jaar	1/100.000 jaar
Windmolen	Hydra uitvoerlocatie	h [m]	h [m]
100-m2	CK_1_208_vk_00026	6.44	6.90
100-m3	CK_1_208_vk_00034	6.40	6.85
100-m1	CK_1_208_vk_00060	6.28	6.73

Waterstanden Calandkanaal voor beoordeling hoogte

		416.667 jaar				
Windmolen	Hydra uitvoerlocatie	h [m]	H_s [m]	$T_{m-1,0}$ [s]	r [graden]	z_k [m]
100-m2	CK_1_208_vk_00026	7.47	1.76	4.36	296.6	8.93
100-m3	CK_1_208_vk_00034	7.43	1.76	4.38	296.3	8.89
100-m1	CK_1_208_vk_00060	7.29	2.01	4.70	294.7	9.06

z_k is de oploophoogte voor 10 l/s/m golfoverslag
 r is de hoek van inval

Waterstand in de Nieuwe Waterweg bij hoogwater op Noordzee

	Gesloten Europoortkering (bijdrage aan ov.freq100.0%)
-----	-----
windrichting r (bijdrage aan ov.freq)	NW (69.3%)
zeewaterstand m te Maasmond [m+NAP]	6.22
Rijnafvoer q te Lobith [m³/s]	2200
potentiële windsnelheid u [m/s]	35.5
lokale waterstand h [m+NAP]	6.50

In de ruwe database voor dijktraject 14-3 dit punt opzoeken en de daarbij behorende dichtstbijzijnde waterstand voor de dichtstbijzijnde locatie, welke dezelfde dichtstbijzijnde combinatie heeft van zeewaterstand, rivierafvoer, windsnelheid, windrichting en gesloten toestand van de stormvloedkering.

NW_1_14-3_dk_00531 de dichtstbijzijnde locatie (met het oog in Hydra bepaald). Deze locatie heeft als id in de database 5964.

Vervolgens gesloten keringtoestand, ClosingSituationId=2
Daarna de windrichting: HRDWindDirectionId=5

Vervolgens filteren op de dichtstbijzijnde rijnafvoer, zeewaterstand en windsnelheid, met volgende aannames:

Rijnafvoer = 2000 m³/s (aan de lage kant)
Zeewaterstand = NAP+6.04 m (aan de lage kant)
Windsnelheid = 42 m/s (aan de hoge kant).

Zoekopdracht:

```
Select * From HydroDynamicResultData Where HRDResultColumnId=1 And
HydroDynamicDataId in ( Select HydroDynamicDataId from HydroDynamicInputData
where Value=42.0 and HydroDynamicDataId In (Select HydroDynamicDataId from
HydroDynamicInputData where Value=6.04 And HydroDynamicDataId In (Select
HydroDynamicDataId from HydroDynamicInputData where Value=2000 AND
HydroDynamicDataId In (Select HydroDynamicDataId From HydroDynamicData where
HRDLocationId=5964 AND ClosingSituationId=2 AND HRDWindDirectionId=5)))
```

Met als resultaat een waterstand van **NAP+2.12m** in de Nieuwe Waterweg:

	HydroDynamicDataId	HRDResultColumnId	Value
1	89391475	1	2.11885001

Korte gevoeligheidsanalyse:

Als de Rijn naar 4000 m³/s gaat, gaat de waterstand naar NAP+2.11m
 Als de zeewaterstand naar NAP+7.04m gaat, gaat de waterstand naar NAP+2.13m
 Als de windsnelheid naar 30 m/s gaat, gaat de waterstand naar NAP+2.12m
 Als alle drie veranderen, gaat de waterstand naar NAP+2.12m



Onderwerp:

A2018002 Rotterdam, Windpark Landtong Rozenburg

Bezoek-/postadres:

Archeologie Rotterdam (BOOR)

Ceintuurbaan 213b

3051 KC Rotterdam

Internet: www.rotterdam.nl/archeologie

Van: mw. dr. A.V. Schoonhoven

Telefoon: 010 - 489 85 15

E-mail: av.schoonhoven@rotterdam.nl

Ons kenmerk: AS18/13428-18/0020665

Datum: 19 september 2018

Retouradres: Ceintuurbaan 213b, 3051 KC Rotterdam

Bosch & van Rijn
t.a.v. de heer R. Hoenkamp
Groenmarktstraat 56
3521 AV UTRECHT

Geachte heer Hoenkamp,

De afdeling Archeologie van de gemeente Rotterdam (BOOR) heeft op uw verzoek de noodzaak van het uitvoeren van een archeologisch (voor)onderzoek in het kader van de voorgenomen grondwerkzaamheden in het kader van de vervanging van windturbines ter plekke van de Landtong Rozenburg, te Rotterdam beoordeeld.

Beleidsbesluit

De gemeente Rotterdam ziet naar aanleiding van de plannen geen reden tot archeologisch vooronderzoek (bureauonderzoek en/of inventariserend veldonderzoek) op de planlocatie. De locatie kan voor de voorgenomen ontwikkeling worden vrijgegeven zonder archeologische bemoeienis. Wel wordt benadrukt, dat er altijd rekening gehouden dient te worden met zogenaamde toevalsvondsten. Hiervan dient men op basis van de Erfgoedwet 2016, art. 5.10 het bevoegd gezag (de gemeente Rotterdam, voor deze Archeologie Rotterdam) te informeren.

Onderbouwing

Het plangebied maakt deel uit van een archeologisch kansrijk gebied. Op de Archeologische Waarden- en Beleidskaart Rotterdam (AWK 2005) wordt aan de locatie een redelijk tot hoge archeologische verwachting toegekend. Conform het bestemmingsplan 'Europoort en Landtong' geldt voor de locatie een bouwregeling en een omgevingsvergunning voor bouw- en graafwerkzaamheden die dieper reiken dan 0 meter NAP en die tevens een oppervlakte beslaan van meer dan 200 vierkante meter.

De grondroerende werkzaamheden bestaan uit de verwijdering van de huidige 10 turbines op de landtong en het plaatsen van 9 nieuwe turbines. Daarnaast worden in het oostelijke deel van de landtong nog twee nieuwe turbines geplaatst. De fundering zal per turbine bestaan uit een ronde funderingsplaat, welke wordt gefundeerd op grond verdringende palen. De afmetingen van de fundering zijn nog niet definitief, maar de diameter varieert normaalgesproken tussen 15 en 20 meter. De globale plaatdikte is circa 1,5 m aan de rand en circa 3 m in het midden. De paallengte zal naar verwachting 30 à 40 meter zijn. Met uitzondering van het heien blijven de grondroerende werkzaamheden binnen de toegestane verstoringsmarges van het bestemmingsplan. Gezien de omvang van de fundering



zal ook het aantal palen beperkt zijn. Hierdoor is de kans klein, dat door het heien archeologische waarden in die mate worden verstoord dat eventueel toekomstig onderzoek niet meer mogelijk is. In verband hiermee acht de gemeente Rotterdam een archeologisch vooronderzoek op de planlocatie niet noodzakelijk.

Bij eventuele wijzigingen in het plan kan een archeologisch vooronderzoek alsnog nodig zijn en dient het opnieuw aan de afdeling Archeologie te worden voorgelegd.

Met een vriendelijke groet,
hoogachtend,

DIRECTEUR STADSBEHEER OPENBARE WERKEN
(voor deze)

drs. A. Carmiggelt
Hoofd Archeologie Rotterdam (BOOR)

Bosch & van Rijn

Groenmarktstraat 56
3521 AV Utrecht
030 – 677 6466

Auteurs

Hans Kerkvliet MSc.

Opdrachtgever

WNW
It Dok 2
8447 GL Heerenveen

Windpark Landtong Rozenburg

Onderzoek Externe Veiligheid t.b.v. projectMER



Bosch & van Rijn
experts in renewable energy

Windpark Landtong Rozenburg

Externe veiligheidsonderzoek t.b.v. projectMER

Datum
28-10-2018

Versie
0.5

Bosch & Van Rijn
Groenmarktstraat 56
3521 AV Utrecht

Tel: 030-677 6466
Mail: info@boschenvanrijn.nl
Web: www.boschenvanrijn.nl

© Bosch & Van Rijn 2018

Behoudens hetgeen met de opdrachtgever is overeengekomen, mag in dit rapport vervatte informatie niet aan derden worden bekendgemaakt. Bosch & Van Rijn BV is niet aansprakelijk voor schade door het gebruik van deze informatie

Inhoudsopgave

HOOFDSTUK 1	INLEIDING	3
1.1	<i>Inleiding</i>	4
1.2	<i>Alternatieven projectMER</i>	4
1.3	<i>Beoordelingscriteria MER</i>	6
1.4	<i>Leeswijzer</i>	6
HOOFDSTUK 2	RISICO-INVENTARISATIE	7
HOOFDSTUK 3	BEOORDELINGSKADER	10
3.1	<i>(Beperkt) kwetsbare objecten</i>	11
3.2	<i>Risicovolle installaties</i>	11
3.3	<i>Buisleidingen</i>	12
3.4	<i>Hoogspanningsinfrastructuur</i>	13
3.5	<i>Waterkering</i>	13
3.6	<i>Infrastructuur</i>	14
HOOFDSTUK 4	RISICOANALYSE	15
4.1	<i>(Beperkt) kwetsbare objecten</i>	16
4.2	<i>Risicovolle installaties</i>	19
4.3	<i>Buisleidingen</i>	29
4.4	<i>Hoogspanningsinfrastructuur</i>	40
4.5	<i>Waterkering</i>	43
4.6	<i>Infrastructuur</i>	45
HOOFDSTUK 5	VOORKEURSALETERNATIEF	49
HOOFDSTUK 6	CONCLUSIE	73
6.1	<i>(beperkt) Kwetsbare objecten</i>	74
6.2	<i>Risicovolle installaties</i>	74
6.3	<i>Buisleidingen</i>	75
6.4	<i>Hoogspanningsinfrastructuur</i>	75
6.5	<i>Waterkering</i>	75
6.6	<i>Infrastructuur</i>	76
HOOFDSTUK 7	BIJLAGEN	78
BIJLAGE A	INRICHTINGSALTERNATIEVEN	79
BIJLAGE B	RISICOCONTOUREN EN WERPAFSTANDEN	84
BIJLAGE C	BEREKENING WERPAFSTAND	125
BIJLAGE D	SHORTLIST WINDTURBINETYPES	127
BIJLAGE E	(BEPERKT) KWETSBARE OBJECTEN	128

Hoofdstuk 1 Inleiding

1.1 Inleiding

Bosch & van Rijn heeft een veiligheidsonderzoek uitgevoerd naar de risico's ten gevolge van nieuw te plaatsen windturbines nabij het op te schalen windpark Landtong Rozenburg in de gemeente Rozenburg ten behoeve van een milieueffectrapportage (MER).

Dit document dient ter ondersteuning van zowel het MER als de vergunningaanvraag. Het op te schalen park ligt op de Landtong Rozenburg, in de Rotterdamse Rijnmond.

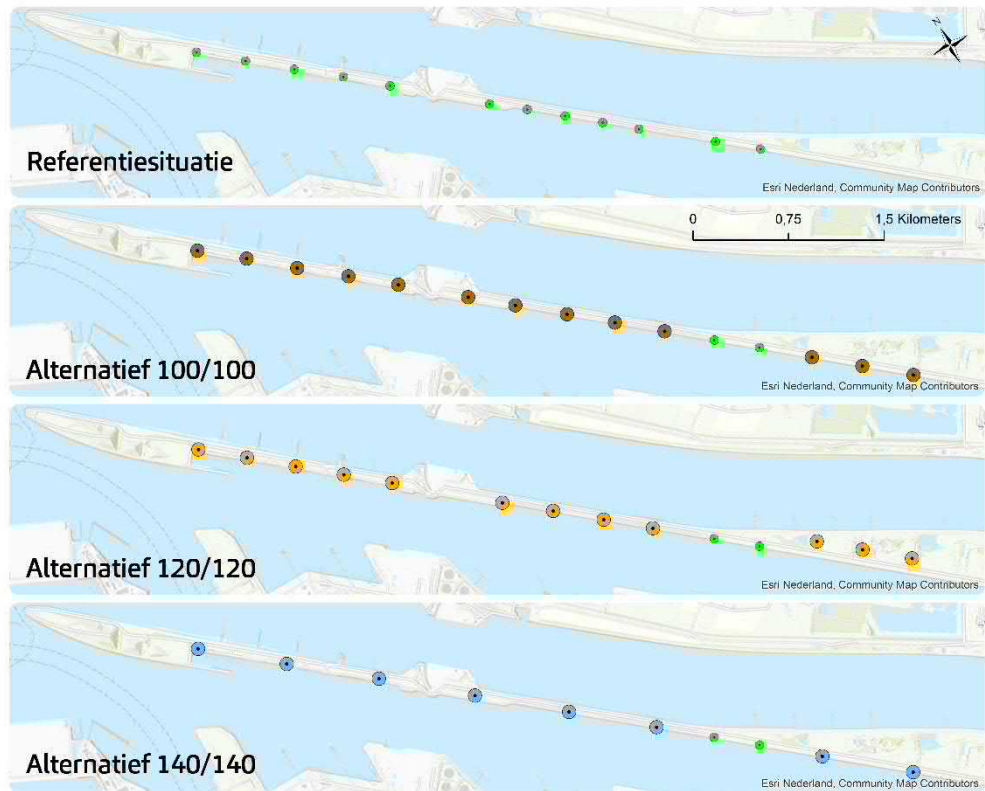
Figuur 1 Ligging van het plangebied en windturbine locaties volgens de VRM



1.2 Alternatieven projectMER

Het (project)MER beschouwt een referentiesituatie en drie alternatieven, die verschillen in het aantal windturbines, afmetingen en windturbinelocaties. In onderstaande figuren zijn de inrichtingen ten opzichte van de referentiesituatie weergegeven en de gehanteerde windturbintypes staan in onderstaande tabel.

Figuur 2 Inrichtingsalternatieven 100/100, 120/120, 140/140 en referentiesituatie



Ten behoeve van het externe veiligheidsonderzoek zijn verschillende windturbines gebruikt. Bij de referentiesituatie is aangesloten bij het bestaande windturbintypes (NEG Micon NM64-1500 op een ashoogte van 67 meter (10 windturbines, deze worden ontmanteld) en Vestas V90 op een ashoogte van 80 meter (2 windturbines, blijven staan en maken ook onderdeel van de onderzochte alternatieven).

Voor de Alternatieven 1, 2 en 3 zijn voor de te plaatsen windturbines referentieturbines bepaald om de effecten te bepalen. In voorliggend onderzoek wordt de faal casuïstiek uit het Handboek Risicozonering Windturbines toegepast en geen fabrikant specifieke eigenschappen. Hiermee wordt de worst-case gegeven door de maximaal mogelijke afmetingen en maximale werpafstand, ongeacht de fabrikant.

In Tabel 1 staan de afmetingen van deze windturbines.

Tabel 1

Samenvatting van de alternatieven

Alternatief	Type	Aantal	Rotor	Ashoogte
			m	m
Referentiesituatie	NEG Micon NM64	10	64	67
	Vestas V90	2	90	80
MER 100/100	ReferentieWTB 1	13	100	100
	Vestas V90	2	90	80
MER 120/120	ReferentieWTB 2	12	120	120
	Vestas V90	2	90	80
MER 140/140	ReferentieWTB 3	8	140	140
	Vestas V90	2	90	80

Bijlage A toont de inrichtingsalternatieven in meer detail.

1.3 Beoordelingscriteria MER

In het milieueffectrapportage waar dit onderzoek een bijlage van is wordt het milieueffect veiligheid beoordeeld aan de hand van de volgende criteria:

- Gevaarlijke stoffen (installaties, ligplaatsen, buisleidingen en vervoer);
- Kwetsbare objecten;
- (Bepikt) Kwetsbare objecten;
- Risico's m.b.t. infrastructuur (dijken, wegen hoogspanningsleidingen)
- Risico's m.b.t. hoogspanning

In deze kwantitatieve risicoanalyse worden alle beoordelingscriteria voor het projectMER onderzocht.

1.4 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 worden de externe veiligheidsrisico's van de windturbines beschreven. Verder zal in dit hoofdstuk worden ingegaan op de risico's in de omgeving en de relevante objecten in het risicogebied. Hoofdstuk 3 bevat het toetsingskader voor de beoordeling van de (toename) van de externe veiligheidsrisico's. Hierbij wordt alleen ingegaan op de relevante aspecten in het plangebied. In Hoofdstuk 4 worden de risico's van de windturbines op de relevante objecten geanalyseerd. Indien nodig zullen er ook berekeningen worden opgenomen om tot conclusies te komen. Hoofdstuk 5 beschrijft de effecten van het voorkeursalternatief. Hoofdstuk 6 bevat de conclusies waarin de berekende waarden worden getoetst aan het in Hoofdstuk 3 beschreven beoordelingskader.

Hoofdstuk 2 Risico-inventarisatie

Risico's van een windturbine voor de omgeving bestaan uit 3 typen falen:

1. het afbreken van (een gedeelte van) een windturbineblad,
2. het omvallen van een windturbine door mastbreuk,
3. en het naar beneden vallen van de gondel en/of rotor.

Het afbreken van een windturbineblad vormt een risico binnen de straal van de maximale werpafstand. Hierbij worden twee scenario's onderscheiden; werpafstand bij nominaal toerental en de werpafstand bij overtoeren. Het omvallen van een windturbine vormt een risico binnen een straal van de maximale valafstand van de windturbine (tiphoogte). Het naar beneden vallen van de gondel en/of rotor vormt een risico binnen een afstand van de wieklengte.

Op basis van de afmetingen van de MER-alternatieven is een shortlist opgesteld met gangbare windturbintypes (bijlage D). Voor deze gangbare windturbintypes zijn op basis van generieke faalfrequenties (Bijlage A, Handboek Risicoberekeningen Windturbines (HRW) 2014), het kogelbaanmodel (zie Bijlage 1. Bron: Bijlage C, HRW 2014) en parameters van de specifieke windturbintypes de werpafstanden en risicocontouren berekend (Bijlage C). De grootste werpafstand uit de shortlist wordt overgenomen ten behoeve van de referentiewindturbine. Hieruit volgen de volgende afstanden:

Tabel 2

Risicocontouren en maximale werpafstanden van onderzochte windturbintype

Alt.	Wtb type	Ashoogte (m)	Risicocontouren (m)		Max. werpafstand (m)	
			10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	Bij nominaal toerental	Bij overtoeren
Ref. Sit. ¹	NEG Micon NM64	78	32	96	96	244
	Vestas V90	80	45	135	135	376
100/100	ReferentieWTB 1	100	50	168	168	468
	Vestas V90	80	45	135	135	376
120/210	ReferentieWTB 2	120	60	179	179	481
	Vestas V90	80	45	135	135	376
140/140	ReferentieWTB 3	140	70	183	183	486
	Vestas V90	80	45	135	135	376

De windturbines kunnen een risicoverhogend effect hebben op nabijgelegen gebouwen, installaties en infrastructuur. Om voor het plangoed Landtong Rozenbrug te bepalen welke onderwerpen relevant zijn wordt eerst de maximale werpafstand bij overtoeren van Alternatief 140/140 in kaart gebracht en daarbinnen de onderwerpen gedefinieerd die relevant zijn (Figuur 3).

¹ Ref. Sit. staat voor referentiesituatie

Figuur 3 Werpafstand bij overtoeren van Alternatief 140/140 met voor Externe Veiligheid relevante onderwerpen



Uit bovenstaande figuur blijkt dat de volgende onderwerpen relevant² zijn:

- ❖ **(Beperkt) kwetsbare objecten:** Er bevinden zich verschillende ligplaatsen, een uitkijktoren en panden binnen de maximale werpafstand bij overtoeren. Dit zijn allen beperkt kwetsbare objecten.
- ❖ **Risicovolle installaties:** Er bevinden zich negen ligplaatsen waar schepen met K1-brandstof kunnen verblijven nabij de windturbines.
- ❖ **Buisleidingen:** Er bevinden zich verschillende buisleidingen binnen de werpafstand bij overtoeren. Wanneer er voor deze buisleidingen niet wordt voldaan aan de adviesafstand zal de trefkans bepaald worden.
- ❖ **Hoogspanningsinfrastructuur:** Nabij de windturbines lopen ondergrondse hoogspanningskabels van TenneT.
- ❖ **Waterkering:** Er ligt een primaire waterkering nabij de windturbines.
- ❖ **Infrastructuur:** Er liggen geen rijkswegen nabij de windturbines. Wel zijn er openbare wegen en vaarwegen nabij de windturbines.

NB. Voor windturbines geldt dat het groepsrisico, vanuit het activiteitenbesluit, geen beoordelingskader is voor windturbines. Hierdoor hoeft er niet worden ingegaan op het groepsrisico in onderhavig document. Indien een windturbine een risico verhogend effect heeft op een risicovolle installatie, is het mogelijk dat de groepsrisico van de installatie om hoog gaat. Indien dit gebeurt moet er wel getoetst worden aan het groepsrisico.

² Relevant houdt in dat deze onderwerpen zich bevinden binnen de invloedssfeer van de windturbines.

Hoofdstuk 3 Beoordelingskader

3.1 (Beperkt) kwetsbare objecten

De normstelling omtrent windturbines en objecten waar personen verblijven volgt uit het Activiteitenbesluit:

1. Het plaatsgebonden risico voor een **buiten de inrichting gelegen kwetsbaar object**, veroorzaakt door een windturbine of een combinatie van windturbines, is niet hoger dan **10^{-6} per jaar**.
2. Het plaatsgebonden risico voor een **buiten de inrichting gelegen beperkt kwetsbaar object**, veroorzaakt door een windturbine of een combinatie van windturbines, is niet hoger dan **10^{-5} per jaar**.

Zie Bijlage E voor de definities kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten.

Op de 10^{-6} contour heeft een persoon die onafgebroken en onbeschermd op die plaats zou verblijven, een kans op overlijden van één keer in de miljoen jaar als rechtstreeks gevolg van een falende windturbine. Op de 10^{-5} contour is deze kans één keer in de honderdduizend jaar.

3.2 Risicovolle installaties

Indien de windturbines niet substantieel bijdragen aan een verhoging van de risico's van de inrichting zullen de voor de inrichting geldende risicoafstanden niet significant wijzigen. Dat betekent dat toetsing aan de afstanden tot (beperkt) kwetsbare objecten ook na plaatsing van de windturbines niet tot belemmeringen leidt. Om dit te toetsen kan in eerste instantie naar de toename van de catastrofale faalfrequentie van risicovolle installaties behorende tot de inrichting worden gekeken. Indien deze toename een bepaalde richtwaarde niet overschrijdt dan is plaatsing van de windturbine uit oogpunt van risicobeoordeling toegestaan. Als uitgangspunt voor deze richtwaarde wordt volgens het Handboek Risicozonering Windturbines³ 10% gehanteerd.

Indien de toename deze richtwaarde overschrijdt, is plaatsing niet direct uitgesloten, maar wordt door een uitgebreidere analyse bepaald of er na plaatsing nog steeds voldaan wordt aan de normen uit het BEVI en Bevb:

- *De grenswaarde, bedoeld in artikel 4, eerste lid, voor kwetsbare objecten is 10^{-6} per jaar.*
- *De richtwaarde, bedoeld in artikel 4, tweede lid, voor beperkt kwetsbare objecten is 10^{-5} per jaar.*

³ Handboek Risicozonering Windturbines, 2014.

Artikel 4 Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen

1. Het bevoegd gezag neemt bij de beslissing op een aanvraag om een omgevingsvergunning voor een activiteit als bedoeld in artikel 2.1, eerste lid, onder e, onder 1°, van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht de grenswaarde, genoemd in artikel 6, eerste lid, in acht.
2. Het bevoegd gezag houdt bij de beslissing op een aanvraag als bedoeld in het eerste lid rekening met de richtwaarde, genoemd in artikel 6, tweede lid.

Artikel 6 Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen

1. De grenswaarde, bedoeld in artikel 4, eerste lid, voor al dan niet geprojecteerde kwetsbare objecten is 10^{-6} per jaar.
2. De richtwaarde, bedoeld in artikel 4, tweede lid, voor al dan niet geprojecteerde beperkt kwetsbare objecten is 10^{-5} per jaar.

3.3 Buisleidingen

Voor gasleidingen hanteert Gasunie N.V. een adviesafstand waarbuiten geen substantiële negatieve invloed van een windturbine is te verwachten. Deze afstand is de hoogste waarde van de maximale werpafstand bij nominaal toerental of masthoogte + $1/3^{\text{de}}$ rotordiameter. (bron: Het beleid van Gasunie Transport Services inzake het veilig plaatsen van windturbines bij haar gasinfrastructuur – 31-07-2015).

Bij in acht nemen van bovenstaande afstanden zal voor ondergrondse leidingen de plaatsing van de windturbines niet leiden tot een (significante) verhoging van de faalkans van de gasinfrastructuur, waardoor ook het risico voor de omgeving door de aanwezigheid van de gasinfrastructuur niet (significant) zal toenemen en de transport- en leveringszekerheid van het aardgas niet (significant) worden aangetast.

Als er aan bovenstaande afstanden niet kan worden voldaan dan is plaatsing van de windturbines voor Gasunie⁴ slechts acceptabel als:

- Er géén 10^{-6} per jaar contour ontstaat die bij Besluit externe veiligheid buisleidingen(Bevb)-transportleidingen tot buiten de belemmeringstrook reikt en bij Bevi-inrichten tot buiten het hekwerk reikt als die 10^{-6} per jaar contour vóór plaatsing van de windturbines ook niet buiten de belemmeringstrook resp. het hekwerk reikte. Dat betekent dat voor situaties waar het PR niveau binnen de belemmeringstrook resp. het hekwerk lager is dan 10^{-6} per jaar, het PR wel mag toenemen tot maximaal 10^{-6} per jaar⁵;
- De PR 10^{-6} per jaar contour niet groter wordt als die vóór de plaatsing van de windturbines al wel buiten de belemmeringstrook resp. het hekwerk reikte;

⁴ Bron: Het beleid van Gasunie Transport Services inzake het veilig plaatsen van windturbines bij haar gasinfrastructuur – 31-07-2015.

⁵ PR: persoonsgebonden risico.

- De frequentie dat een inrichting die onder het Activiteitenbesluit Milieubeheer valt door een onderdeel van de windturbines wordt getroffen lager is dan:
 - o 5×10^{-6} per jaar voor meet- en regelstations en exportstations;
 - o $2,5 \times 10^{-4}$ per jaar voor gasontvangstations.

3.4 Hoogspanningsinfrastructuur

Er bestaat geen wettelijk kader voor de invloed van windturbines op hoogspanningsleidingen. TenneT heeft in het Handboek Risicozonering (versie 3.1, 2014) een adviesafstand opgenomen voor het transportnetwerk van 110kV tot en met 380kV. Deze adviesafstand is gelijk aan de hoogste waarde van de maximale werpafstand bij nominaal toerental en tiphoogte.

Dit betreft echter geen wettelijke grenswaarde. Wanneer er niet wordt voldaan aan de afstandseis, vraagt TenneT om met hen in overleg te treden. TenneT zal op basis van het concrete geval bepalen welk risico voor het betreffende asset op dat moment aanvaard kan worden. Als eerste richtlijn kan gebruikt worden dat windturbine(s) de kans op falen van de verbinding met 10% mag verhogen. Deze additionele faalkans wordt gerelateerd aan de al aanwezige faalkans van de verbinding tussen de aangrenzende verdeel- of transformatorstations. Aangezien er geen standaard faalfrequentie van een hoogspanningsverbinding bestaat, dient in alle gevallen overleg en afstemming met TenneT plaats te vinden.

3.5 Waterkering

In het plangebied bevindt zich een waterkering met een veiligheidsnorm van $1/10.000$ jaar⁶. In eerste instantie wordt er gekeken of er overdraai plaatsvindt boven de beschermingszones. Indien er geen overdraai plaatsvindt, is er geen aanvullend onderzoek nodig.

Wanneer er wel overdraai plaatsvindt zal er, voor het voorkeursalternatief, conform het Handboek Risicozonering Windturbines (Versie 3.1, 2014) een trefkansberekening worden uitgevoerd en deze worden getoetst aan de ontwerpwaarden van de dijkkring.

Als toetsingscriterium wordt gehanteerd:

De additionele faalfrequentie van de geplande windturbines dient kleiner te zijn dan 10% van de autonome faalfrequentie van de primaire waterkering.

⁶ Waterwet, Bijlage II 'Normen voor dijktraject' als bedoeld in artikel 2.2. eerste lid.

3.6 Infrastructuur

Rijkswegen

Voor Rijkswegen zijn generieke afstanden berekend waarbuiten er geen ontoelaatbare risico's voor passanten plaatsvinden. Het document *"Beleidsregel voor het plaatsen van windturbines op, in of over Rijkswaterstaatwerken"* staan de minimale afstanden tot Rijkswegen gegeven:

"Langs rijkswegen wordt plaatsing van windturbines toegestaan bij een afstand van ten minste 30m uit de rand van de verharding of bij een rotordiameter groter dan 60m, ten minste de halve diameter".

Vaarwegen

Voor vaarwegen geldt dat windturbines zijn toegestaan bij een afstand van ten minste 50 meter van de vaarweg.⁷ De beleidsregel van Rijkswaterstaat in voorbereiding gaat uit van halve rotordiameter + 30 meter. Voor het plangebied bepaalt het Havenbedrijf het beleid voor scheepsradar en hoeft niet voldaan te worden aan het beleid van Rijkswaterstaat. Mogelijk wordt het beleid van Rijkswaterstaat overgenomen.

Voor de overige openbare wegen bestaan geen genormeerde afstanden, waardoor kleinere afstanden mogelijk zijn. In de beleidsregel *"Windturbines langs auto-, spoor-, en vaarwegen – Beoordeling van veiligheidsrisico's"* staan de richtlijnen gegeven (zie kaders):

"Individuele passantenrisico (IPR)

Voor het risico voor de passant is een risicomaat gekozen die aansluit bij de individuele beleving van de passant, namelijk de overlijdenskans per passant per jaar. Hierbij wordt de passant gevolgd gedurende zijn bezigheden in de nabijheid van het windturbinepark.

De initiatiefnemer die een of meerdere windturbines wil plaatsen dient aan te tonen dat het maximale toelaatbare Individueel Passanten Risico IPR niet wordt overschreden op de infrastructuur in de nabijheid van de turbine. De grens is vastgesteld van honderdzig kilometer per uur. Een generiek IPR van 10^{-6} wordt aangehouden voor alle infrastructuur waarop de wettelijk toelaatbare snelheden de honderdzig kilometer per uur niet overschrijden, en een generiek IPR van 10^{-7} op infrastructuur waarop wettelijk toelaatbare snelheden boven de honderdzig kilometer per uur bestaan.

Maatschappelijk risico (MR)

Er zijn verschillende maten te kiezen voor het maatschappelijk risico. Rijkswaterstaat en ProRail hanteren het criterium dat er jaarlijks niet meer dan $2 \cdot 10^{-3}$ passanten mogen overlijden. In het externe-veiligheidsbeleid voor stationaire installaties of vervoersactiviteiten wordt uitgegaan van groepsrisicocurven of FN-curven. Groepsrisicocurves hebben alleen betekenis voor 'kleine-kans-groot-gevolg'-ongevallen met slachtofferaantallen groter dan 10 per ongeval. Uit studies ref. [2, 4, 5, 6] blijkt dat bij windturbineparken in de nabijheid van rijkswegen altijd ruimschoots aan de groepsrisiconorm wordt voldaan."

Hoofdstuk 4 Risicoanalyse

4.1 (Beperkt) kwetsbare objecten

Binnen de 10^{-6} contouren van de windturbines is nagegaan of (geprojecteerde) kwetsbare of beperkt kwetsbare objecten aanwezig zijn. Hiervoor is gebruik gemaakt van het BAG, de luchtfoto, risicokaart.nl en informatie verstrekt door de opdrachtgever.

In onderstaande figuren zijn de risicocontouren van de verschillende alternatieven en de referentiesituatie te vinden. Deze zijn tevens in groter formaat weergegeven in Bijlage B.

4.1.1 Referentiesituatie

Figuur 4 Risicocontouren rond de windturbines (Referentiesituatie)



Op basis van de berekende risicocontouren en objecten kent het plangebied 8 objecten binnen de 10^{-6} -contour en geen objecten binnen de 10^{-5} -contour.

De objecten binnen de 10^{-6} -contour betreffen ligplaatsen. Deze ligplaatsen zijn formeel niet aangemerkt als een kwetsbaar object in de zin van artikel 1 lid 1 sub I van het Bevi. Echter, zekerheidshalve worden de ligplaatsen wel geschaard onder artikel lid 1 sub b onder h Bevi, omdat het aantal personen gemiddeld doorgaans aanwezig kan zijn vergelijkbaar is met bijvoorbeeld bedrijfsgebouwen. Doordat de ligplaatsen zijn aangemerkt als een beperkt kwetsbaar object wordt er voldaan aan het Activiteitenbesluit, zie paragraaf 3.1.

4.1.2 Alternatief 100/100

Figuur 5 Risicocontouren rond de windturbines (Alternatief 100/100)

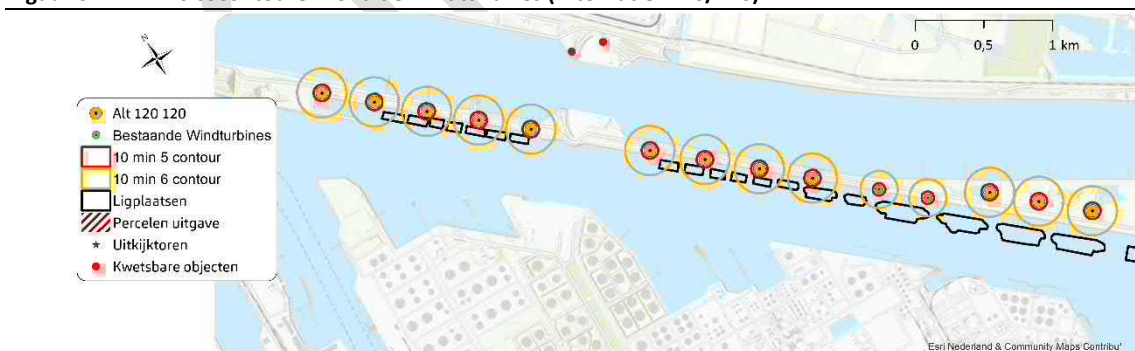


Op basis van de berekende risicocontouren en objecten kent het plangebied 19 objecten binnen de 10^{-6} -contour en geen objecten binnen de 10^{-5} -contour.

De objecten binnen de 10^{-6} -contour betreffen ligplaatsen. Deze ligplaatsen kunnen niet aangemerkt worden als een kwetsbaar object in de zin van artikel 1 lid 1 sub I van het Bevi. Zekerheidshalve worden de ligplaatsen geschaard onder artikel lid 1 sub b onder h Bevi, omdat het aantal personen gemiddeld doorgaans aanwezig kan zijn vergelijkbaar is met bijvoorbeeld bedrijfsgebouwen. Doordat de ligplaatsen zijn aangemerkt als een beperkt kwetsbaar object wordt er voldaan aan het Activiteitenbesluit, zie paragraaf 3.1.

4.1.3 Alternatief 120/120

Figuur 6 Risicocontouren rond de windturbines (Alternatief 120/120)



Op basis van de berekende risicocontouren en objecten kent het plangebied 15 objecten binnen de 10^{-6} -contour en 1 object binnen de 10^{-5} -contour.

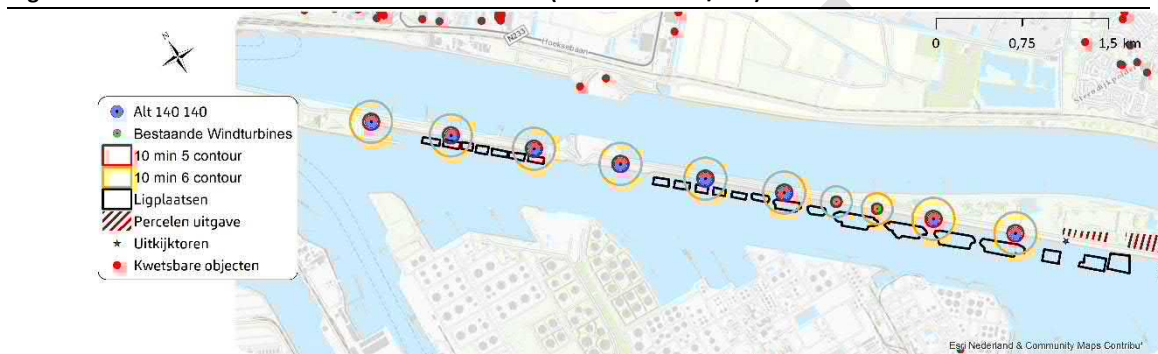
De objecten binnen de 10^{-6} -contour betreffen ligplaatsen. Deze ligplaatsen kunnen niet aangemerkt worden als een kwetsbaar object in de zin van artikel 1 lid 1 sub I van het Bevi. Zekerheidshalve worden de ligplaatsen geschaard onder artikel lid 1 sub b onder h Bevi, omdat het aantal personen gemiddeld doorgaans aanwezig kan zijn vergelijkbaar is met bijvoorbeeld bedrijfsgebouwen. Doordat de ligplaatsen zijn

aangemerkt als een beperkt kwetsbaar object wordt er voldaan aan het Activiteitenbesluit, zie paragraaf 3.1.

Het object binnen de 10^{-5} -contour betreft ook een ligplaats. Doordat deze is aangemerkt als een beperkt kwetsbaar object wordt er voor dit object niet voldaan aan het Activiteitenbesluit. Een verschuiving van de windturbine met 10 meter kan ervoor zorgen dat het object buiten de 10^{-5} -contour valt.

4.1.4 Alternatief 140/140

Figuur 7 Risicocontouren rond de windturbines (Alternatief 140/140)



Op basis van de berekende risicocontouren en objecten kent het plangebied 12 objecten binnen de 10^{-6} -contour en 2 objecten binnen de 10^{-5} -contour.

De objecten binnen de 10^{-6} -contour betreffen ligplaatsen. Deze ligplaatsen kunnen niet aangemerkt worden als een kwetsbaar object in de zin van artikel 1 lid 1 sub I van het Bevi. Zekerheidshalve worden de ligplaatsen geschaard onder artikel lid 1 sub b onder h Bevi, omdat het aantal personen gemiddeld doorgaans aanwezig kan zijn vergelijkbaar is met bijvoorbeeld bedrijfsgebouwen. Doordat de ligplaatsen zijn aangemerkt als een beperkt kwetsbaar object wordt er voldaan aan het Activiteitenbesluit, zie paragraaf 3.1.

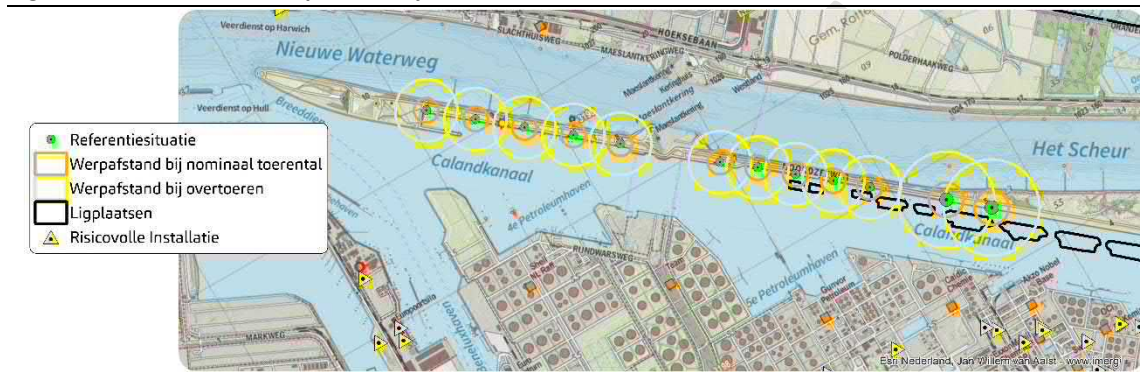
De objecten binnen de 10^{-5} -contouren betreffen ook ligplaatsen. Doordat deze is aangemerkt als een beperkt kwetsbaar object worden er voor deze objecten niet voldaan aan het Activiteitenbesluit. Dit kan worden opgelost door de windturbines in noordelijke richting te verschuiven.

4.2 Risicovolle installaties

De berekende maximale werpstanden (bij overtoeren) zijn ingetekend op de kaart en voor de locatie is nagegaan of binnen deze maximale werpafstanden risicovolle installaties aanwezig zijn⁸.

4.2.1 Referentiesituatie

Figuur 8 Maximale werpafstand bij overtoeren van de windturbines en risicovolle installaties.



Op basis van de ingetekende werpafstanden, aangeleverde informatie door de opdrachtgever en risicokaart.nl zijn de risicovolle installaties bepaald welke zich binnen de maximale werpafstanden bevinden.

Tabel 3 Risicovolle installaties binnen maximale werpafstand van geplande turbines van de referentie situatie

Windturbine ⁹	Installatie	Afstand tot installatie (m)
Windturbine 8	Steiger 10	56
Windturbine 9	Steiger 10	226
Windturbine 8	Steiger 11	88
Windturbine 9	Steiger 11	136
Windturbine 9	Ligplaats 78	177
Windturbine 10	Ligplaats 78	50
Windturbine 10	Ligplaats 79	105
Windturbine 11	Ligplaats 79	311
Windturbine 11	Ligplaats 79b	114
Windturbine 11	Ligplaats 80	86
Windturbine 12	Ligplaats 80	82
Windturbine 12	Ligplaats 81	160

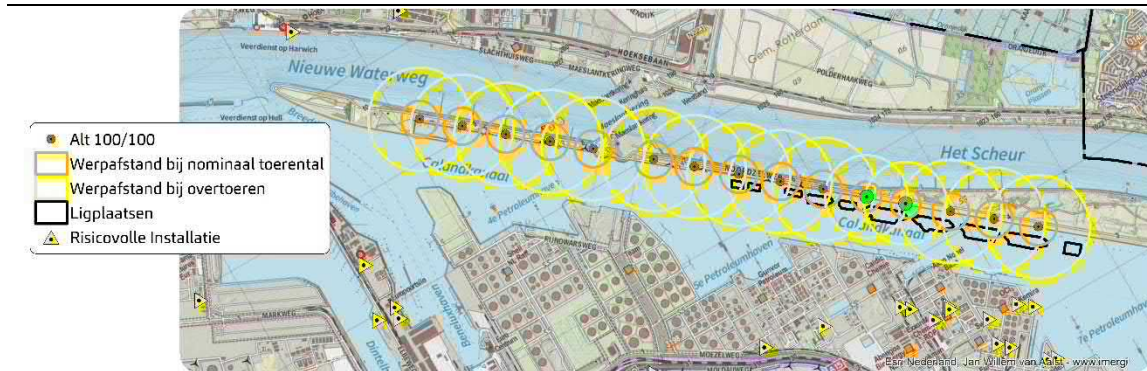
⁸ Er zijn 9 ligplaatsen waar schepen met gevaarlijke stoffen kunnen aanmeren. Deze locaties worden meegenomen als risicovolle installaties.

⁹ Windturbines zijn genummerd van west naar oost.

Doordat sommige van de afstanden (rood in tabel) kleiner zijn dan de tiphoogte heeft naast het scenario wiekbreuk ook het scenario mastbreuk een risico verhogend effect op de installaties.

4.2.2 Alternatief 100/100

Figuur 9 Maximale werpafstand bij overtoeren van de windturbines en risicovolle installaties



Op basis van de ingetekende werpafstanden, aangeleverde informatie door de opdrachtgever en risicokaart.nl zijn de risicovolle installaties bepaald welke zich binnen de maximale werpafstanden bevinden.

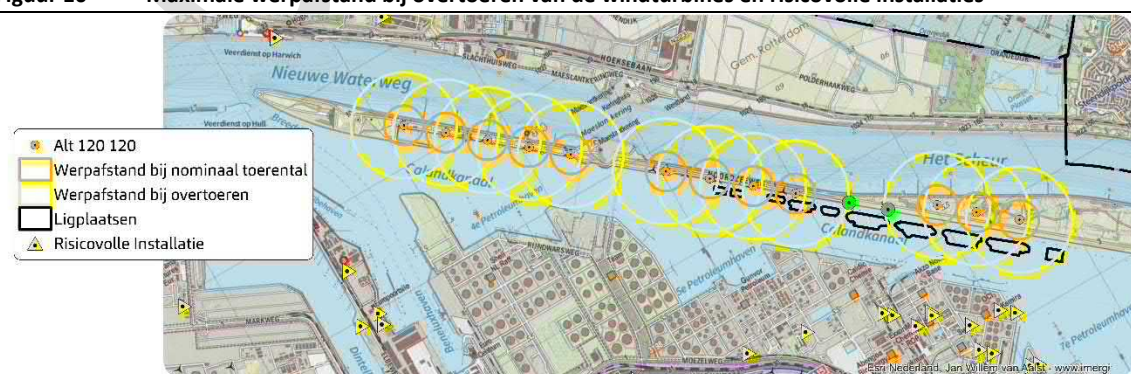
Tabel 4 Risicovolle installaties binnen maximale werpafstand van geplande turbines van alternatief 100/100

Windturbine	Installatie	Afstand tot installatie (m)
Windturbine 7	Steiger 10	368
Windturbine 8	Steiger 10	51
Windturbine 9	Steiger 10	330
Windturbine 8	Steiger 11	126
Windturbine 9	Steiger 11	178
Windturbine 8	Ligplaats 78	449
Windturbine 9	Ligplaats 78	85
Windturbine 10	Ligplaats 78	200
Windturbine 9	Ligplaats 79	288
Windturbine 10	Ligplaats 79	62
Windturbine 11	Ligplaats 79	311
Windturbine 10	Ligplaats 79b	191
Windturbine 11	Ligplaats 79b	114
Windturbine 11	Ligplaats 80	86
Windturbine 12	Ligplaats 80	82
Windturbine 13	Ligplaats 80	413
Windturbine 12	Ligplaats 81	160
Windturbine 13	Ligplaats 81	120
Windturbine 14	Ligplaats 81	366
Windturbine 13	Ligplaats 82	158
Windturbine 14	Ligplaats 82	97
Windturbine 15	Ligplaats 82	353
Windturbine 14	Ligplaats 83	161
Windturbine 15	Ligplaats 83	85
Windturbine 15	Ligplaats 84	298

Doordat sommige van de afstanden (rood in tabel) kleiner zijn dan de tiphoogte heeft naast het scenario wiekbreek ook het scenario mastbreek een risico verhogend effect op de installaties.

4.2.3 Alternatief 120/120

Figuur 10 Maximale werpafstand bij overtoeren van de windturbines en risicovolle installaties



Op basis van de ingetekende werpafstanden, aangeleverde informatie door de opdrachtgever en risicokaart.nl zijn de risicovolle installaties bepaald welke zich binnen de maximale werpafstanden bevinden.

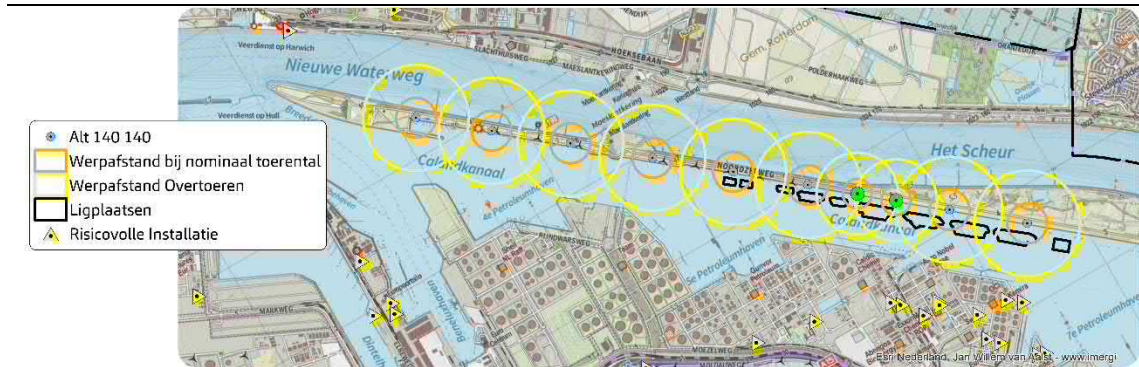
Tabel 5 Risicovolle installaties binnen maximale werpafstand van geplande turbines van alternatief 120/120

Windturbine	Installatie	Afstand tot installatie (m)
Windturbine 6	Steiger 10	473
Windturbine 7	Steiger 10	86
Windturbine 8	Steiger 10	256
Windturbine 7	Steiger 11	227
Windturbine 8	Steiger 11	105
Windturbine 9	Steiger 11	475
Windturbine 8	Ligplaats 78	152
Windturbine 9	Ligplaats 78	116
Windturbine 8	Ligplaats 79	362
Windturbine 9	Ligplaats 79	62
Windturbine 10	Ligplaats 79	311
Windturbine 9	Ligplaats 79b	265
Windturbine 10	Ligplaats 79b	114
Windturbine 10	Ligplaats 80	86
Windturbine 11	Ligplaats 80	82
Windturbine 12	Ligplaats 80	462
Windturbine 11	Ligplaats 81	160
Windturbine 12	Ligplaats 81	229
Windturbine 13	Ligplaats 81	406
Windturbine 12	Ligplaats 82	244
Windturbine 13	Ligplaats 82	201
Windturbine 14	Ligplaats 82	390
Windturbine 13	Ligplaats 83	263
Windturbine 14	Ligplaats 83	205
Windturbine 14	Ligplaats 584	382

Doordat sommige van de afstanden (rood in tabel) kleiner zijn dan de tiphoogte heeft naast het scenario wiekbreuk ook het scenario mastbreuk een risico verhogend effect op de installaties.

4.2.4 Alternatief 140/140

Figuur 11 Maximale werpafstand bij overtoeren van de windturbines en risicovolle installaties



Op basis van de ingetekende werpafstanden, aangeleverde informatie door de opdrachtgever en risicokaart.nl zijn de risicovolle installaties bepaald welke zich binnen de maximale werpafstanden bevinden.

Tabel 6 Risicovolle installaties binnen maximale werpafstand van geplande turbines van alternatief 140/140

Windturbine	Installatie	Afstand tot installatie (m)
Windturbine 5	Steiger 10	65
Windturbine 5	Steiger 11	106
Windturbine 5	Ligplaats 78	427
Windturbine 6	Ligplaats 78	140
Windturbine 6	Ligplaats 79	70
Windturbine 7	Ligplaats 79	311
Windturbine 6	Ligplaats 79b	237
Windturbine 7	Ligplaats 79b	114
Windturbine 7	Ligplaats 80	86
Windturbine 8	Ligplaats 80	82
Windturbine 8	Ligplaats 81	160
Windturbine 9	Ligplaats 81	120
Windturbine 9	Ligplaats 82	126
Windturbine 10	Ligplaats 82	360
Windturbine 9	Ligplaats 83	462
Windturbine 10	Ligplaats 83	100
Windturbine 10	Ligplaats 84	285

Doordat sommige van de afstanden (rood in tabel) kleiner zijn dan de tiphoogte heeft naast het scenario wiekbreek ook het scenario mastbreek een risico verhogend effect op de installaties.

4.2.5 Trefkansberekeningen

Rekenmethode wiekbreuk (*Handboek Risicozonering Windturbines*)

Om de trefkans van een object met hoogte h , breedte b , en diepte d te berekenen wordt uitgegaan van een geprojecteerd grondoppervlak:

De kans dat het zwaartepunt van de wiek in het geprojecteerde oppervlak terecht komt is:

$$P_{od} = P_{zwpt} \cdot A_{pt}$$

Waarin:

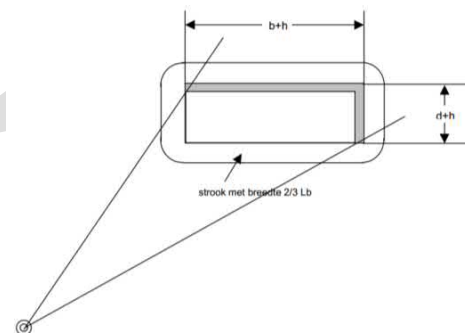
P_{zwpt} = trefkans van het zwaartepunt van het blad (*berekend volgens HRW 2014*).

$$A_{pt} = (b+h) \cdot (d+h)$$

Het object kan direct door het zwaartepunt worden getroffen, maar het is ook mogelijk dat het zwaartepunt van het blad binnen een afstand van $2/3 L_b$ (lengte afgebroken blad) inslaat. In dit geval kan het object nog door het blad worden geraakt aangezien het zwaartepunt zich op ongeveer $1/3$ van het blad bevindt. Deze kans loopt van 0,0 naar 1,0 van de buitenrand van de $2/3 L_b$ strook tot het object.

De kans dat het zwaartepunt in de strook met breedte $2/3 L_b$ rondom de tank terecht komt is:

$$P_{oi} = P_{zwpt} \left((2b + 2d) \cdot \frac{1}{3} \cdot L_b + \frac{\pi}{3} \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot L_b \right)^2 \right)$$



Om de totale trefkans te berekenen dat een installatie wordt getroffen door een blad worden de twee bovenstaande parameters bij elkaar opgeteld:

$$P_o = P_{od} + P_{oi}$$

Rekenmethode mastbreuk

De trefkans van een object door mastbreuk van een windturbine is afhankelijk van verschillende parameters. Ten eerste van de generieke faalkans van de mast. Indien de mast niet verstevigd is, is dit standaard $1.3 \cdot 10^{-4}$. Ten tweede is de faalkans afhankelijk van de hoek waarbij de hoek wordt vastgesteld door de grenzen waarbij het rotoroppervlak het object net niet raakt.

De kans dat de windturbine richting het object (K_o) valt wanneer de mastbreuk zich voordoet is dan:

$$K_o = \left(\frac{\text{Hoek}}{360} \right)$$

De kans dat het scenario zich voordoet en dat een object geraakt wordt kan dan berekend worden via de onderstaande formule:

$$Kg = Ko * faalkans\ mast$$

Totale faalkans

De totale trefkans van de windturbine op een object is de som van de bovenstaande scenario's. De totale trefkans (Ttk) op een object kan dan berekend worden via de volgende formule:

$$Ttk = Po + Kg$$

4.2.6 Resultaten trefkans risicovolle installaties

Via de bovenstaande methoden zijn de trefkans berekend voor de risicovolle installaties van de referentiesituatie en de drie alternatieven waarbij de trefkans van de installatie de som is van de scenario's van falende windturbines. De resultaten worden weergegeven in onderstaande tabellen.

Tabel 7 Trefkans risicovolle installaties referentiesituatie

Installatie	Totale trefkans
Steiger 10	$1,53 \cdot 10^{-04}$
Steiger 11	$1,42 \cdot 10^{-04}$
Ligplaats 78	$2,01 \cdot 10^{-04}$
Ligplaats 79	$2,19 \cdot 10^{-05}$
Ligplaats 79b	$9,73 \cdot 10^{-5}$
Ligplaats 80	$2,48 \cdot 10^{-04}$
Ligplaats 81	$8,20 \cdot 10^{-08}$

Tabel 8 Trefkans risicovolle installaties alternatief 100/100

Installatie	Totale trefkans
Steiger 10	$1,53 \cdot 10^{-04}$
Steiger 11	$6,15 \cdot 10^{-05}$
Ligplaats 78	$9,30 \cdot 10^{-05}$
Ligplaats 79	$1,52 \cdot 10^{-04}$
Ligplaats 79b	$9,73 \cdot 10^{-5}$
Ligplaats 80	$2,48 \cdot 10^{-4}$
Ligplaats 81	$1,11 \cdot 10^{-4}$
Ligplaats 82	$1,80 \cdot 10^{-4}$
Ligplaats 83	$1,29 \cdot 10^{-4}$
Ligplaats 84	$4,77 \cdot 10^{-8}$

Tabel 9 Trefkansen risicovolle installaties alternatief 120/120

Installatie	Totale trefkans
Steiger 10	$9,28 \cdot 10^{-5}$
Steiger 11	$8,59 \cdot 10^{-5}$
Ligplaats 78	$1,54 \cdot 10^{-4}$
Ligplaats 79	$1,54 \cdot 10^{-4}$
Ligplaats 79b	$9,73 \cdot 10^{-5}$
Ligplaats 80	$2,48 \cdot 10^{-4}$
Ligplaats 81	$1,81 \cdot 10^{-7}$
Ligplaats 82	$1,64 \cdot 10^{-7}$
Ligplaats 83	$1,17 \cdot 10^{-7}$
Ligplaats 84	$2,33 \cdot 10^{-8}$

Tabel 10 Trefkansen risicovolle installaties alternatief 140/140

Installatie	Totale trefkans
Steiger 10	$1,73 \cdot 10^{-4}$
Steiger 11	$8,50 \cdot 10^{-5}$
Ligplaats 78	$6,63 \cdot 10^{-5}$
Ligplaats 79	$1,86 \cdot 10^{-4}$
Ligplaats 79b	$9,73 \cdot 10^{-5}$
Ligplaats 80	$2,48 \cdot 10^{-4}$
Ligplaats 81	$1,14 \cdot 10^{-4}$
Ligplaats 82	$9,87 \cdot 10^{-5}$
Ligplaats 83	$1,24 \cdot 10^{-4}$
Ligplaats 84	$3,02 \cdot 10^{-8}$

4.2.7 Faalkansverhoging

Ligplaats (waarbij wordt aangenomen dat er altijd een schip op de ligplaats is)

De berekende trefkansen worden vergeleken met de intrinsieke faalkans van de risicovolle installaties (in dit geval schepen). De Handleiding Risico Berekeningen Bevi (versie 3.2) zegt het volgende:

Voor schepen zijn er geen scenario's voor intrinsiek falen. Aangenomen wordt dat verlading plaatsvindt tijdens het grootste deel van de tijd, dat een schip aanwezig is, en de verladingsscenario's dominant zijn ten opzichte van intrinsiek falen.

De enige scenario's naast de verlading, die van belang zijn, zijn externe beschadiging ten gevolge van scheepsbotsingen. Deze worden zeer sterk bepaald door de locatie situatie.

In het geval van de ligplaats bereken wij de aanvaringskans gebruik makend van scheepvaart bewegingen nabij de ligplaats¹⁰. Het aantal scheepvaartbewegingen¹¹ zijn:

- Binnenvaart: 21.050 bewegingen per jaar.
- Scheepvaart: 22.667 bewegingen per jaar.
- Overige scheepvaart: 11.590 bewegingen per jaar.

Samen leidt dit tot een totaal van 55.307 bewegingen per jaar. Op basis van het aantal bewegingen is de faalkans berekend voor gastankers, semi gas tankers, dubbelwandige vloeistoftanker en enkelwandige vloeistoftanker. Deze zijn als volgt:

- | | |
|----------------------------------|----------------------|
| • Gastanker: | $3,88 \cdot 10^{-6}$ |
| • Semi-gastanker: | $3,88 \cdot 10^{-6}$ |
| • Dubbelwandige vloeistoftanker: | $4,86 \cdot 10^{-5}$ |
| • Enkelwandige vloeistoftanker: | $3,24 \cdot 10^{-3}$ |

Onderstaande tabel bevat de verhoging van de faalkans van de verschillende alternatieven ten opzichte van de faalkans van de verschillende alternatieven.

¹⁰ Op basis van informatie aangeleverd door de opdrachtgever.

¹¹ Het basisnet geeft minder scheepsbewegingen per jaar. Echter, door meer bewegingen per jaar te beschouwen ontstaat er een worst-case scenario, waardoor we van bovenstaande aangeleverde informatie uitgaan.

Tabel 11 Faalkansverhoging van de verschillende schepen per alternatief

	Ref.Sit.	100/100	120/120	140/140
Steiger 10				
Gastanker	3947,79%	3933,56%	2391,71%	4450,54%
Semi-gastanker	3947,79%	3933,56%	2391,71%	4450,54%
Dubbelwandige vloeistoftanker	315,17%	314,04%	190,94%	355,31%
Enkelwandige vloeistoftanker	4,73%	4,71%	2,86%	5,33%
Steiger 11				
Gastanker	3665,67%	1585,76%	2213,40%	2190,16%
Semi-gastanker	3665,67%	1585,76%	2213,40%	2190,16%
Dubbelwandige vloeistoftanker	292,65%	126,60%	176,71%	174,85%
Enkelwandige vloeistoftanker	4,39%	1,90%	2,65%	2,62%
Ligplaats 78				
Gastanker	5191,41%	2396,01%	3969,89%	1708,79%
Semi-gastanker	5191,41%	2396,01%	3969,89%	1708,79%
Dubbelwandige vloeistoftanker	414,46%	191,29%	316,94%	136,42%
Enkelwandige vloeistoftanker	6,22%	2,87%	4,75%	2,05%
Ligplaats 79				
Gastanker	563,97%	3916,72%	3974,7%	4791,19%
Semi-gastanker	563,97%	3916,72%	3974,7%	4791,19%
Dubbelwandige vloeistoftanker	45,02%	312,69%	317,3%	136,42%
Enkelwandige vloeistoftanker	0,68%	4,69%	4,8%	2,05%
Ligplaats 79b				
Gastanker	2507,08%	2508,65%	2508,24%	2508,60%
Semi-gastanker	2507,08%	2508,65%	2508,24%	2508,60%
Dubbelwandige vloeistoftanker	200,15%	200,28%	200,25%	200,28%
Enkelwandige vloeistoftanker	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%
Ligplaats 80				
Gastanker	6378,73%	6380,61%	6379,73%	6979,73%
Semi-gastanker	6378,73%	6380,61%	6379,73%	6979,73%
Dubbelwandige vloeistoftanker	509,33%	509,40%	509,33%	509,33%
Enkelwandige vloeistoftanker	7,64%	7,64%	7,64%	7,64%
Ligplaats 81				
Gastanker	2,113%	2859,30%	4,68%	2931,57%
Semi-gastanker	2,113%	2859,30%	4,68%	2931,57%
Dubbelwandige vloeistoftanker	0,169%	228,27%	0,37%	234,04%
Enkelwandige vloeistoftanker	0,003%	3,42%	0,01%	3,51%
Ligplaats 82				
Gastanker	0%	4651,27%	4,23%	2542,69%
Semi-gastanker	0%	4651,27%	4,23%	2524,69%
Dubbelwandige vloeistoftanker	0%	371,34%	0,34%	203,00%
Enkelwandige vloeistoftanker	0%	5,57%	0,01%	3,04%
Ligplaats 83				
Gastanker	0%	3335,94%	3,01%	3183,35%
Semi-gastanker	0%	3335,94%	3,01%	3183,35%
Dubbelwandige vloeistoftanker	0%	266,33%	0,24%	254,14%
Enkelwandige vloeistoftanker	0%	3,99%	0,004%	3,81%
Ligplaats 84				
Gastanker	0%	1,23%	0,60%	0,78%
Semi-gastanker	0%	1,23%	0,60%	0,78%
Dubbelwandige vloeistoftanker	0%	0,10%	0,05%	0,06%
Enkelwandige vloeistoftanker	0%	0,001%	0,001%	0,001%

Op basis van bovenstaande tabel is het mogelijk om te concluderen dat voor de zowel de referentiesituatie als alle drie de alternatieven geldt dat bij steigers 10 en 11 en de ligplaatsen 78 tot en met 81 het afhankelijk is van welke schepen er afmeren of het risico met meer of minder dan 10% toeneemt.

Voor alle drie de alternatieven geldt dat voor ligplaats 3 en 4 het ook afhankelijk is van welke schepen er afmeren of het risico met meer of minder dan 10% toeneemt. Bij ligplaats 5 blijft voor zowel alle alternatieven als de referentiesituatie de risico-toename onder de 10%.

Boord – Boord overslag

Doordat de ligplaatsen ook zijn bestemd voor boord-boord overslag moet ook de faalkans toename tijdens de overslaan inzichtelijk worden gemaakt.

De intrinsieke faalkans van de aanwezige schepen tijdens de overslag is op zijn veiligst $3,3 \cdot 10^{-7}$ per uur (breuk van de laad-/losarm + lek van de laad-/losarm) volgens Handboek Risicoberekeningen BEVI 3.2.

Doordat de faalkans per uur is gegeven, moeten de trefkansen in paragraaf 4.2.6. worden omgerekend per uur. Dit gebeurt door de faalkans per jaar te delen door het aantal uur in een jaar. Wanneer dit gedaan is, en de trefkansen worden vergeleken met de intrinsieke faalkansen leidt dit tot de volgende faalkansverhogingen:

Tabel 12 Faalkansverhoging tijdens boord-boord overslag per alternatief

	Ref.Sit.	A100/100	A120/120	A140/140
<i>Steiger 10</i>	5,30%	5,28%	3,21%	5,97%
<i>Steiger 11</i>	4,92%	2,13%	2,97%	2,94%
<i>Ligplaats 78</i>	6,97%	3,22%	5,33%	2,29%
<i>Ligplaats 79</i>	0,76%	5,26%	5,33%	6,43%
<i>Ligplaats 79b</i>	3,36%	3,37%	3,37%	3,37%
<i>Ligplaats 80</i>	8,56%	8,56%	8,56%	8,56%
<i>Ligplaats 81</i>	0,003%	3,84%	0,01%	3,94%
<i>Ligplaats 82</i>	0%	6,24%	0,01%	3,41%
<i>Ligplaats 83</i>	0%	4,48%	0,004%	4,27%
<i>Ligplaats 84</i>	0%	0,002%	0,001%	0,001%

Doordat de risicotename onder de 10% blijft bij boord-boordopslag hoeft er geen nieuwe kwantitatieve risicoanalyse worden uitgevoerd bij boord-boord overslag.

4.3 Buisleidingen

Vanwege de aanwezigheid van buisleidingen in het plangebied is er geanalyseerd of de alternatieven voldoen aan de adviesafstand van Gasunie. Indien er niet wordt voldaan aan de adviesafstand van Gasunie worden de risico's gekwantificeerd waarbij de trefkansberekeningen worden uitgevoerd volgens het Handboek Risicozonering Windturbines 2014 (HRW Herziene versie 3.1, september 2014, bijlage C Hoofdstuk 8).

4.3.1 Referentiesituatie

Figuur 12 buisleidingen en referentiesituatie



Uit bovenstaande figuur blijkt dat er bij de volgende windturbines er niet wordt voldaan aan de adviesafstand bij de genoemde buisleiding:

Windturbines 1 t/m 5	-	TAQA Onshore Trunc line
Windturbine 6	-	NAM Leiding
Windturbine 6 t/m 12	-	Team Terminal K1 leiding
Windturbine 6 t/m 12	-	Shell Nederland Raffinaderij K1 leiding

4.3.2 Alternatief 100/100

Figuur 13 buisleidingen en alternatief 100/100



Uit bovenstaande figuur blijkt dat er bij de volgende windturbines er niet wordt voldaan aan de adviesafstand bij de genoemde buisleiding:

Windturbines 1 t/m 6	-	TAQA Onshore Trunc line
Windturbine 6 en 7	-	NAM Leiding
Windturbines 5 t/m 15	-	Team Terminal K1 leiding
Windturbines 5 t/m 15	-	Shell Nederland Raffinaderij K1 leiding

4.3.3 Alternatief 120/120

Figuur 14 buisleidingen en alternatief 120/120

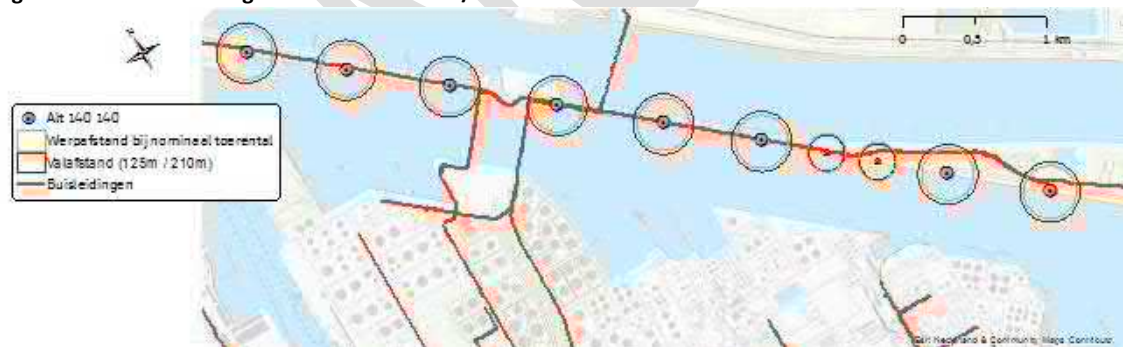


Uit bovenstaande figuur blijkt dat er bij de volgende windturbines er niet wordt voldaan aan de adviesafstand bij de genoemde buisleiding:

Windturbines 1 t/m 5	-	TAQA Onshore Trunc line
Windturbine 6	-	NAM Leiding
Windturbines 5 t/m 14	-	Team Terminal K1 leiding
Windturbines 5 t/m 14	-	Shell Nederland Raffinaderij K1 leiding

4.3.4 Alternatief 140/140

Figuur 15 buisleidingen en alternatief 140/140



Uit bovenstaande figuur blijkt dat er bij de volgende windturbines er niet wordt voldaan aan de adviesafstand bij de genoemde buisleiding:

Windturbines 1 t/m 3	-	TAQA Onshore Trunc line
Windturbine 4	-	NAM Leiding
Windturbines 4 t/m 10	-	Team Terminal K1 leiding
Windturbines 4 t/m 10	-	Shell Nederland Raffinaderij K1 leiding

4.3.5 Trefkansberekening

Inleiding

In onderstaande paragrafen wordt de trefkans van de windturbines op de buisleidingen berekend voor de verschillende MER-alternatieven. Hiervoor worden voor de windturbine met de grootste lengte van de buisleiding binnen de risicocontour berekend wat de trefkans is en voor de dichtstbijzijnde windturbine waarbij het scenario gondelafworp *niet* kan plaatsvinden.

De berekende trefkans wordt vermenigvuldigd met het aantal windturbines (waarbij rekening wordt gehouden met de ligging (en daardoor de risicoscenario's) van de windturbines ten opzichte van de buisleidingen). Hierdoor ontstaat er een worst-case aanpak.

Bladbreuk

Er zijn twee manieren waarop ondergrondse leidingen kunnen falen door impact van een zwaar voorwerp op de grond:

1. *Het voorwerp vormt een krater en raakt de leiding daarbij rechtstreeks.*
2. *De leiding faalt doordat de grond bij een dergelijke grote impact weggeduwd wordt, waardoor leidingen worden blootgesteld aan verschuivingen en door de ontstane spanningen kunnen falen.*

De maximale afstand waarbij de leiding nog faalt (de kritische afstand) volgt uit de hoeveelheid toelaatbare stress. Deze wordt berekend met (HRW 2014):

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

Waarbij:

R: de kritische afstand [m]

E: elasticiteit [Pa] ($2,1 * 10^{11}$)

$\sigma_{toelaatbaar}$: toelaatbare extra stress voordat metaal gaat vloeien [Pa]:
 $9,36 * 10^6$

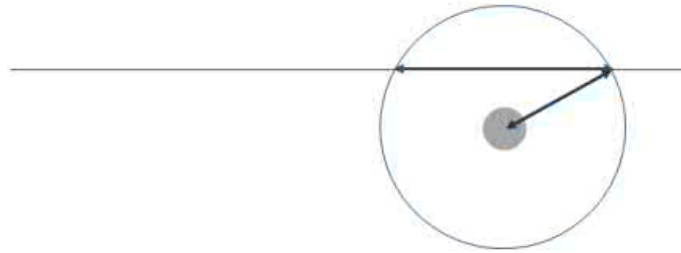
t: wanddikte
 $7,14 \text{ mm}$

$E_{kinetisch}$: de energie van de bron (effectieve kinetische energie) [J] of voor de lijnbron de energiedichtheid per eenheidslengte [J/m]
 $1,01 * 10^7$

k_4 , k_5 en k_6 : empirische coëfficiënten (Handboek Risicozonering Windturbines)

Hieruit resulteert $R = 1,48$. Op basis van de diepte kan de maximale kritische breedte berekend worden.

Figuur 16 Verticale dwarsdoorsnede loodrecht op de leiding (grijs)



De kans dat deze strook getroffen wordt is kansdichtheidsverdeling * kritisch oppervlak. Het kritisch oppervlak is de totale oppervlakte van de strook binnen de maximale werpafstand van de windturbine. De kansdichtheidsverdeling is de kans dat het blad de afstand tot de strook weggeslingerd wordt.

Referentiesituatie:

Trefkans Windturbine op 17 meter

Scenario wiek-breuk	Kansdichtheids-verdeling (/jr.)	Kritisch oppervlak (m ²)	Trefkans (tracé per jaar)	Trefkans (per kilometer per jaar)
nominaal	$5,51 \cdot 10^{-8}$	580,98	$9,16 \cdot 10^{-06}$	$2,44 \cdot 10^{-6}$
overtieren	$9,59 \cdot 10^{-12}$	1070,57	$7,57 \cdot 10^{-09}$	$3,72 \cdot 10^{-9}$

Trefkans Windturbine op 65 meter

Scenario wiek-breuk	Kansdichtheids-verdeling (/jr.)	Kritisch oppervlak (m ²)	Trefkans (tracé per jaar)	Trefkans (per kilometer per jaar)
nominaal	$1,22 \cdot 10^{-8}$	535,28	$6,53 \cdot 10^{-06}$	$1,61 \cdot 10^{-6}$
overtieren	$9,59 \cdot 10^{-12}$	1087,97	$7,69 \cdot 10^{-09}$	$3,85 \cdot 10^{-9}$

Alternatief 100/100

Trefkans Windturbine op 3 meter

Scenario wiek-breuk	Kansdichtheids-verdeling (/jr.)	Kritisch oppervlak (m ²)	Trefkans (tracé per jaar)	Trefkans (per kilometer per jaar)
nominaal	$1,22 \cdot 10^{-8}$	1015,22	$1,24 \cdot 10^{-05}$	$4,95 \cdot 10^{-6}$
overtieren	$7,07 \cdot 10^{-12}$	3055,82	$2,16 \cdot 10^{-08}$	$2,60 \cdot 10^{-8}$

Trefkans Windturbine op 75 meter

Scenario wiek-breuk	Kansdichtheids-verdeling (/jr.)	Kritisch oppervlak (m ²)	Trefkans (tracé per jaar)	Trefkans (per kilometer per jaar)
nominaal	$8,55 \cdot 10^{-9}$	761,42	$6,51 \cdot 10^{-06}$	$1,95 \cdot 10^{-6}$
overtieren	$7,07 \cdot 10^{-12}$	1530,45	$1,08 \cdot 10^{-08}$	$6,52 \cdot 10^{-9}$

Alternatief 120/120

Trefkans Windturbine op 11 meter

Scenario wiek-breuk	Kansdichtheids-verdeling (/jr.)	Kritisch oppervlak (m ²)	Trefkans (tracé per jaar)	Trefkans (per kilometer per jaar)
nominaal	$6,25 \cdot 10^{-8}$	580,98	$6,22 \cdot 10^{-05}$	$2,17 \cdot 10^{-5}$
overtieren	$6,09 \cdot 10^{-12}$	1070,57	$1,36 \cdot 10^{-08}$	$1,06 \cdot 10^{-8}$

Trefkans Windturbine op 65 meter

Scenario wiek-breuk	Kansdichtheids-verdeling (/jr.)	Kritisch oppervlak (m ²)	Trefkans (tracé per jaar)	Trefkans (per kilometer per jaar)
nominaal	$1,22 \cdot 10^{-8}$	535,28	$6,53 \cdot 10^{-06}$	$1,61 \cdot 10^{-6}$
overtieren	$9,59 \cdot 10^{-12}$	1087,97	$7,69 \cdot 10^{-09}$	$3,85 \cdot 10^{-9}$

Alternatief 140/140

Trefkans Windturbine op 3 meter

Scenario wiek-breuk	Kansdichtheids-verdeling (/jr.)	Kritisch oppervlak (m ²)	Trefkans (tracé per jaar)	Trefkans (per kilometer per jaar)
nominaal	$2,49 \cdot 10^{-7}$	1119,29	$2,79 \cdot 10^{-04}$	$1,00 \cdot 10^{-4}$
overtieren	$5,70 \cdot 10^{-12}$	2860,41	$1,63 \cdot 10^{-08}$	$1,49 \cdot 10^{-8}$

Trefkans Windturbine op 75 meter

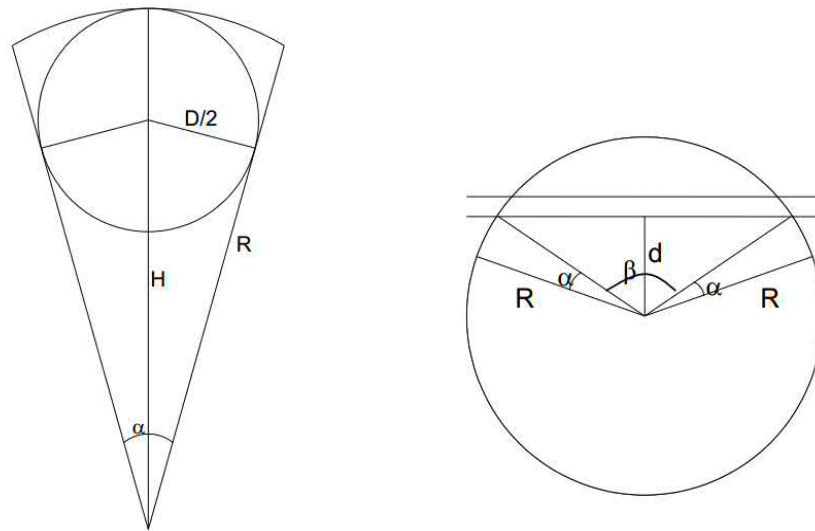
Scenario wiek-breuk	Kansdichtheids-verdeling (/jr.)	Kritisch oppervlak (m ²)	Trefkans (tracé per jaar)	Trefkans (per kilometer per jaar)
nominaal	$7,85 \cdot 10^{-9}$	1041,56	$8,18 \cdot 10^{-06}$	$2,74 \cdot 10^{-6}$
overtieren	$5,70 \cdot 10^{-12}$	1896,57	$1,08 \cdot 10^{-08}$	$6,59 \cdot 10^{-9}$

Mastbreuk

Voor mastbreuk geldt R = 40,34 meter (van het alternatief met de grootste as-hoogte). De kritische strook wordt dan 80,7 meter.

De kans¹² dat de leidingstrook wordt getroffen door een onderdeel van een omvallende windturbine wordt gelijk verondersteld aan de kans dat een gedeelte van onderstaand cirkelsegment (linker figuur) in aanraking komt met leidingstrook, hetgeen is geïllustreerd in het rechter figuur.

¹² De kritische strook gaat om het massamiddelpunt. In het geval van een windturbine ligt de massamiddelpunt bij de gondel. Hierdoor wordt de valhoek bepaald door de hoek waarin de gondel (inclusief bladen) de kritische strook raakt.



Windturbine gemodelleerd als cirkelsegment.

Turbine in aanraking met leidingstrook.

Referentiesituatie

De trefkans is per turbinelocatie als volgt:

Trefkans Windturbine op 17 meter

Hoek ($\beta + \alpha$) graden	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans (tracé per jaar)	Trefkans (per kilome- ter per jaar)
160	$1.3 \cdot 10^{-4}$	$5,78 \cdot 10^{-05}$	$1,42 \cdot 10^{-05}$

Trefkans Windturbine op 65 meter

Hoek ($\beta + \alpha$) graden	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans (tracé per jaar)	Trefkans (per kilome- ter per jaar)
136	$1.3 \cdot 10^{-4}$	$4,19 \cdot 10^{-05}$	$1,09 \cdot 10^{-05}$

Alternatief 100/100

De trefkans is per turbinelocatie als volgt:

Trefkans Windturbine op 3 meter

Hoek ($\beta + \alpha$) graden	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans (tracé per jaar)	Trefkans (per kilome- ter per jaar)
136	$1.3 \cdot 10^{-4}$	$4,91 \cdot 10^{-05}$	$1,47 \cdot 10^{-05}$

Trefkans Windturbine op 75 meter

Hoek ($\beta + \alpha$) graden	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans (tracé per jaar)	Trefkans (per kilome- ter per jaar)
150	$1.3 \cdot 10^{-4}$	$5,42 \cdot 10^{-05}$	$1,39 \cdot 10^{-05}$

Alternatief 120/120

De trefkans is per turbinelocatie als volgt:

Trefkans Windturbine op 11 meter

Hoek ($\beta + \alpha$) graden	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans (tracé per jaar)	Trefkans (per kilome- ter per jaar)
125	$1.3 \cdot 10^{-4}$	$4,51 \cdot 10^{-05}$	$1,82 \cdot 10^{-05}$

Trefkans Windturbine op 65 meter

Hoek ($\beta + \alpha$) graden	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans (tracé per jaar)	Trefkans (per kilome- ter per jaar)
136	$1.3 \cdot 10^{-4}$	$4,19 \cdot 10^{-05}$	$1,09 \cdot 10^{-05}$

Alternatief 140/140

De trefkans is per turbinelocatie als volgt:

Trefkans Windturbine op 3 meter

Hoek ($\beta + \alpha$) graden	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans (tracé per jaar)	Trefkans (per kilome- ter per jaar)
167	$1.3 \cdot 10^{-4}$	$6,03 \cdot 10^{-05}$	$2,93 \cdot 10^{-05}$

Trefkans Windturbine op 75 meter

Hoek ($\beta + \alpha$) graden	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans (tracé per jaar)	Trefkans (per kilome- ter per jaar)
150	$1.3 \cdot 10^{-4}$	$5,42 \cdot 10^{-05}$	$2,12 \cdot 10^{-05}$

Gondelafworp

Voor het berekenen van faalkans ten gevolgen van het afvallen van een gondel met rotor of alleen een rotor kan dezelfde aanpak worden gevolgd als mastbreuk. De masthoogte wordt voor deze berekening nul verondersteld. Het risicogebied blijft dan beperkt tot een gebied rondom de toren dat gelijk is aan de rotordiameter. Dit scenario komt voor alle drie alternatieven en de referentiesituatie

Referentiesituatie

De trefkans is per turbinelocatie als volgt:

Trefkans Windturbine op 17 meter

Kansdichtheid	Gondelafworp frequentie (per jaar)	Trefkans (tracé per jaar)	Trefkans (per kilome- ter per jaar)
0,53	$4.0 \cdot 10^{-5}$	$1,66 \cdot 10^{-06}$	$1,33 \cdot 10^{-07}$

Alternatief 100/100

De trefkans is per turbinelocatie als volgt:

Trefkans Windturbine op 3 meter

Kansdichtheid	Gondelafworp frequentie (per jaar)	Trefkans (tracé per jaar)	Trefkans (per kilometer per jaar)
1,4	$4,0 \cdot 10^{-5}$	$2,02 \cdot 10^{-06}$	$1,81 \cdot 10^{-07}$

Alternatief 120/120

De trefkans is per turbinelocatie als volgt:

Trefkans Windturbine op 11 meter

Kansdichtheid	Gondelafworp frequentie (per jaar)	Trefkans (tracé per jaar)	Trefkans (per kilometer per jaar)
1,1	$4,0 \cdot 10^{-5}$	$1,34 \cdot 10^{-06}$	$1,48 \cdot 10^{-07}$

Alternatief 140/140

De trefkans is per turbinelocatie als volgt:

Trefkans Windturbine op 17 meter

Kansdichtheid	Gondelafworp frequentie (per jaar)	Trefkans (tracé per jaar)	Trefkans (per kilometer per jaar)
1,4	$4,0 \cdot 10^{-5}$	$1,49 \cdot 10^{-06}$	$1,93 \cdot 10^{-07}$

Totale trefkans

Gebaseerd op de bovenstaande berekeningen is het mogelijk om de totale trefkans te berekenen. Dit is een sommatie van de trefkans door mastbreuk, wiekbreuk en gondelafworp vermenigvuldigd met het aantal windturbines. Dit zal per buisleiding en alternatief berekend worden.

Referentiesituatie
TAQA Onshore Trunc line

Aantal WTB	Trefkans wiekbreuk per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans mastbreuk per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar)	Totale trefkans (per kilometer per jaar)
5	$2,44 \cdot 10^{-06}$	$1,42 \cdot 10^{-5}$	$1,33 \cdot 10^{-7}$	$8,39 \cdot 10^{-05}$

NAM Leiding

Aantal WTB	Trefkans wiekbreuk per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans mastbreuk per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar)	Totale trefkans (per kilometer per jaar)
1	$2,44 \cdot 10^{-06}$	$1,42 \cdot 10^{-5}$	$1,33 \cdot 10^{-7}$	$1,68 \cdot 10^{-05}$

Team Terminal K1 leiding

Aantal WTB	Trefkans wiekbreek per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans mastbreek per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar)	Totale trefkans (per kilometer per jaar)
6	$2,44 \cdot 10^{-06}$	$1,42 \cdot 10^{-5}$	$1,33 \cdot 10^{-7}$	$1,01 \cdot 10^{-04}$
1	$1,61 \cdot 10^{-06}$	$1,09 \cdot 10^{-5}$		$1,25 \cdot 10^{-05}$

Shell Nederland Raffinaderij K1 leiding

Aantal WTB	Trefkans wiekbreek per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans mastbreek per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar)	Totale trefkans (per kilometer per jaar)
6	$2,44 \cdot 10^{-06}$	$1,42 \cdot 10^{-5}$	$1,33 \cdot 10^{-7}$	$1,01 \cdot 10^{-04}$
1	$1,61 \cdot 10^{-06}$	$1,09 \cdot 10^{-5}$		$1,25 \cdot 10^{-05}$

Alternatief 100/100

TAQA Onshore Trunc line

Aantal WTB	Trefkans wiekbreek per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans mastbreek per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar)	Totale trefkans (per kilometer per jaar)
5	$4,98 \cdot 10^{-06}$	$1,47 \cdot 10^{-05}$	$1,81 \cdot 10^{-07}$	$9,85 \cdot 10^{-05}$
1	$1,95 \cdot 10^{-06}$	$1,39 \cdot 10^{-05}$		$1,59 \cdot 10^{-05}$

NAM Leiding

Aantal WTB	Trefkans wiekbreek per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans mastbreek per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar)	Totale trefkans (per kilometer per jaar)
2	$4,98 \cdot 10^{-06}$	$1,47 \cdot 10^{-05}$	$1,81 \cdot 10^{-07}$	$3,94 \cdot 10^{-05}$

Team Terminal K1 leiding

Aantal WTB	Trefkans wiekbreek per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans mastbreek per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar)	Totale trefkans (per kilometer per jaar)
6	$4,98 \cdot 10^{-06}$	$1,47 \cdot 10^{-05}$	$1,81 \cdot 10^{-07}$	$1,18 \cdot 10^{-04}$
5	$1,95 \cdot 10^{-06}$	$1,39 \cdot 10^{-05}$		$7,39 \cdot 10^{-05}$

Shell Nederland Raffinaderij K1 leiding

Aantal WTB	Trefkans wiekbreek per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans mastbreek per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar)	Totale trefkans (per kilometer per jaar)
6	$4,98 \cdot 10^{-06}$	$1,47 \cdot 10^{-05}$	$1,81 \cdot 10^{-07}$	$1,18 \cdot 10^{-04}$
5	$1,95 \cdot 10^{-06}$	$1,39 \cdot 10^{-05}$		$7,39 \cdot 10^{-05}$

Alternatief 120/120

TAQA Onshore Trunc line

Aantal WTB	Trefkans wiekbreek per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans mastbreek per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar)	Totale trefkans (per kilometer per jaar)
5	$2,17 \cdot 10^{-05}$	$1,82 \cdot 10^{-05}$	$1,48 \cdot 10^{-07}$	$2,00 \cdot 10^{-04}$

NAM Leiding

Aantal WTB	Trefkans wiekbreek per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans mastbreek per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar)	Totale trefkans (per kilometer per jaar)
1	$2,17 \cdot 10^{-05}$	$1,82 \cdot 10^{-05}$	$1,48 \cdot 10^{-07}$	$4,01 \cdot 10^{-05}$

Team Terminal K1 leiding

Aantal WTB	Trefkans wiekbreek per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans mastbreek per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar)	Totale trefkans (per kilometer per jaar)
8	$2,17 \cdot 10^{-05}$	$1,82 \cdot 10^{-05}$	$1,48 \cdot 10^{-07}$	$3,20 \cdot 10^{-04}$
2	$1,61 \cdot 10^{-06}$	$1,09 \cdot 10^{-05}$		$2,50 \cdot 10^{-05}$

Shell Nederland Raffinaderij K1 leiding..

Aantal WTB	Trefkans wiekbreek per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans mastbreek per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar)	Totale trefkans (per kilometer per jaar)
8	$2,17 \cdot 10^{-05}$	$1,82 \cdot 10^{-05}$	$1,48 \cdot 10^{-07}$	$3,20 \cdot 10^{-04}$
2	$1,61 \cdot 10^{-06}$	$1,09 \cdot 10^{-05}$		$2,50 \cdot 10^{-05}$

Alternatief 140/140

TAQA Onshore Trunc line

Aantal WTB	Trefkans wiekbreek per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans mastbreek per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar)	Totale trefkans (per kilometer per jaar)
3	$1,00 \cdot 10^{-04}$	$2,93 \cdot 10^{-05}$	$1,93 \cdot 10^{-07}$	$3,00 \cdot 10^{-04}$

NAM Leiding

Aantal WTB	Trefkans wiekbreek per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans mastbreek per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar)	Totale trefkans (per kilometer per jaar)
1	$1,00 \cdot 10^{-04}$	$2,93 \cdot 10^{-05}$	$1,93 \cdot 10^{-07}$	$1,00 \cdot 10^{-04}$

Team Terminal K1 leiding

Aantal WTB	Trefkans wiekbreek per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans mastbreek per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar)	Totale trefkans (per kilometer per jaar)
4	$1,00 \cdot 10^{-04}$	$2,93 \cdot 10^{-05}$	$1,93 \cdot 10^{-07}$	$4,00 \cdot 10^{-04}$
3	$2,75 \cdot 10^{-06}$	$2,12 \cdot 10^{-05}$		$7,18 \cdot 10^{-05}$

Shell Nederland Raffinaderij K1 leiding..

Aantal WTB	Trefkans wiekbreek per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans mastbreek per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar)	Totale trefkans (per kilometer per jaar)
3	$1,00 \cdot 10^{-04}$	$2,93 \cdot 10^{-05}$	$1,93 \cdot 10^{-07}$	$3,00 \cdot 10^{-04}$
4	$2,75 \cdot 10^{-06}$	$2,12 \cdot 10^{-05}$		$9,58 \cdot 10^{-05}$

4.3.6 Faalkansverhoging

De intrinsieke faalkans van een buisleiding met aardolieproducten is als volgt (Handleiding risicoberekeningen Bevb):

Tabel 1 Scenario voor buisleidingen met aardolieproducten.

Scenario	Faalfrequentie (km ⁻¹ jaar ⁻¹)
Breuk van de leiding	1,5 × 10 ⁻⁴

Hieruit blijken de volgende risicoverhogingen:

	TAQA	NAM	Team	Shell
Ref. Sit.	55,93%	11,20%	75,67%	75,67%
A. 100/100	76,27%	26,27%	127,93%	127,93%
A. 120/120	133,33%	26,73%	230,00%	230,00%
A. 140/140	200,00%	66,67%	314,53%	263,87%

Op basis van bovenstaande tabel is het mogelijk om te concluderen dat voor alle MER-alternatieven en de referentiesituatie geldt dat de opstelling een faalkansverhoging heeft op de vier buisleidingen. De faalkansverhoging overschrijdt bij alle alternatieven en alle buisleidingen de richtwaarde van 10%. Hiervoor dient voor het voorkeursalternatief (VKA) een QRA te worden opgesteld voor de buisleidingen. Wanneer hieruit blijkt dat de risico's (inclusief trefkans windturbine) naar de omgeving acceptabel zijn dan is er geen belemmering voor plaatsing van de windturbines.

NB. Bij de alternatieven 100/100 en 140/140 staat één windturbine op 3 meter van de buisleiding. Echter, dit is technisch niet mogelijk vanwege de afmetingen van de fundatie. Bij het VKA moet gezorgd worden dat de minimale afstand van de windturbine tot de buisleiding 10 tot 15 meter is.

4.4 Hoogspanningsinfrastructuur

Voor het plangebied is nagegaan of er zich hoogspanningsinfrastructuur in de buurt van de windturbines bevindt. Indien dit het geval is wordt er gekeken of er wordt voldaan aan de afstandseis van TenneT (maximale werpafstand bij nominaal toerental of tiphoogte).

4.4.1 Referentiesituatie

Figuur 17 Werpafstand bij nominaal toerental en valafstand van de windturbines en hoogspanningsinfrastructuur



Voor de referentiesituatie geldt dat er geen hoogspanningsinfrastructuur is gelegen binnen de maximale werpafstand bij nominaal toerental of de valafstand. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

4.4.2 Alternatief 100/100

Figuur 18 Werpafstand bij nominaal toerental en valafstand van de windturbines en hoogspanningsinfrastructuur



Voor Alternatief 100/100 geldt dat er geen hoogspanningsinfrastructuur is gelegen binnen de maximale werpafstand bij nominaal toerental of de valafstand. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

4.4.3 Alternatief 120/120

Figuur 19 Werpafstand bij nominaal toerental en valafstand van de windturbines en hoogspanningsinfrastructuur



Voor Alternatief 120/120 geldt dat er zich hoogspanningsinfrastructuur bevindt binnen de werpafstand bij nominaal toerental en valafstand van windturbine 5. Indien dit alternatief gerealiseerd wordt moet er met TenneT in overleg worden getreden om te kijken of de faalkanstoename door de windturbines van de hoogspanningsinfrastructuur acceptabel is.

4.4.4 Alternatief 140/140

Figuur 20 Werpafstand bij nominaal toerental en valafstand van de windturbines en hoogspanningsinfrastructuur



Voor Alternatief 140/140 geldt dat er zich hoogspanningsinfrastructuur bevindt binnen de werpafstand bij nominaal toerental en valafstand van windturbine 3. Indien dit alternatief gerealiseerd wordt moet er met TenneT in overleg worden getreden om te kijken of de faalkanstoename door de windturbines van de hoogspanningsinfrastructuur acceptabel is.

4.5 Waterkering

Vanwege de aanwezigheid van waterkeringen in het plangebied is er geanalyseerd of/en hoeveel windturbines zijn voorzien op de kernzone en hoeveel windturbines er zijn voorzien binnen een beschermingszone van de waterkering. Tevens is er voor de 3 alternatieven en de referentiesituatie inzichtelijk gemaakt of er windturbines binnen de gecombineerde buffer 'beschermingszone + werpafstand bij nominaal toerental' zijn gepositioneerd. Deze laatste categorie geeft, net als de andere twee categorieën, een globale indicatie van de trefkans van een waterkering als gevolg van faalscenario's. Dit wordt echter niet als beoordelingscriterium beschouwd, enkel ter indicatie. Een risicoanalyse waarin de daadwerkelijke trefkans op de waterkering als gevolg van de falende windturbines wordt berekend, zal worden uitgevoerd voor het VKA. Het waterschap zal deze eventuele trefkans op de primaire waterkering beoordelen in kader van de watervergunningaanvraag.

4.5.1 Referentiesituatie

Figuur 21 Kernzone en beschermingszone van de waterkering en de referentiesituatie



Uit bovenstaande figuur blijkt het volgende:

Tabel 13 Aantal windturbines op waterkeringen binnen kernzone en beschermingszone

Alternatief	Binnen kernzone	Binnen beschermingszone	Binnen gecombineerde buffer waterkering
Ref. Sit.	5	3	1

4.5.2 Alternatief 100/100

Figuur 22 Kernzone en beschermingszone van de waterkering en alternatief 100/100



Uit bovenstaande figuur blijkt het volgende:

Tabel 14 Aantal windturbines op waterkeringen binnen kernzone en beschermingszone

Alternatief	Binnen kernzone	Binnen beschermingszone	Binnen gecombineerde buffer waterkering
100/100	5	6	1

4.5.3 Alternatief 120/120

Figuur 23 Kernzone en beschermingszone van de waterkering en alternatief 120/120



Uit bovenstaande figuur blijkt het volgende:

Tabel 15 Aantal windturbines op waterkeringen binnen kernzone en beschermingszone

Alternatief	Binnen kernzone	Binnen beschermingszone	Binnen gecombineerde buffer waterkering
120/120	4	6	1

4.5.4 Alternatief 140/140

Figuur 24 Kernzone en beschermingszone van de waterkering en alternatief 140/140



Uit bovenstaande figuur blijkt het volgende:

Tabel 16 Aantal windturbines op waterkeringen binnen kernzone en beschermingszone

Alternatief	Binnen kernzone	Binnen beschermingszone	Binnen gecombineerde buffer waterkering
120/120	3	5	0

4.6 Infrastructuur

4.6.1 Wegen

Voor de alternatieven is nagegaan of een windturbine over een (openbare) weg draait. Indien er geen overdraai plaatsvindt wordt er voldaan aan de in paragraaf 3.6 genoemde beleidsregel. Wanneer er niet wordt voldaan aan de beleidsregel moet er voor het VKA een trefkansberekening worden uitgevoerd.

Uit onderstaande figuren blijkt dat er bij alle alternatieven inclusief de referentiesituatie overdraai plaatsvindt over een openbare weg, er wordt in geen van de alternatieven voldaan aan de beleidsregel.

Figuur 25 Wielengte en wegen in het plangebied - Referentiesituatie



Figuur 26 Wieklengthe en wegen in het plangebied – Alternatief 100/100



Figuur 27 Wieklengthe en wegen in het plangebied – Alternatief 120/120



Figuur 28 Wieklengthe en wegen in het plangebied – Alternatief 140/140

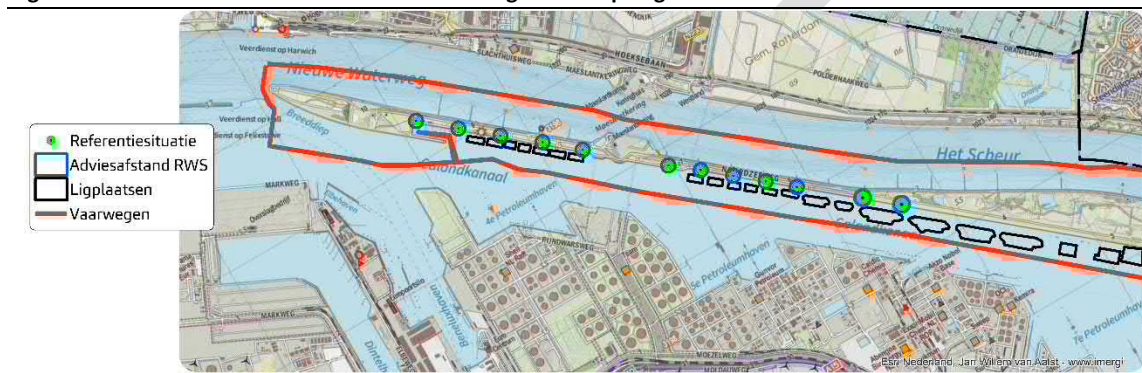


4.6.2 Vaarwegen

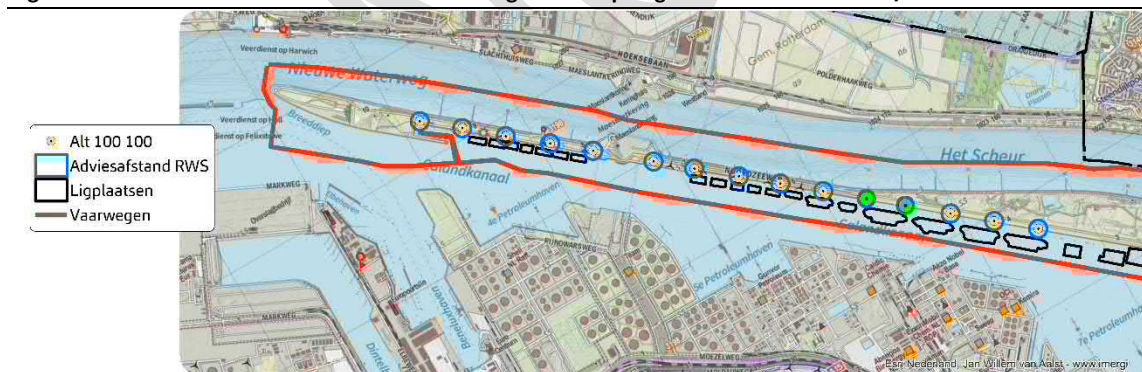
Voor de alternatieven en referentiesituatie wordt er gekeken of er wordt voldaan aan de nieuwe adviesafstand van Rijkswaterstaat.

Uit onderstaande figuren¹³ blijkt dat voor geen van de alternatieven (inclusief de referentiesituatie) wordt voldaan aan de nieuwe adviesafstand. Indien het Havenbedrijf de adviesafstand van Rijkswaterstaat overneemt, zal dus zowel in de bestaande als in de toekomstige situatie niet kunnen worden voldaan aan het beleid. Hierdoor moet voor het VKA het IPR en MR berekend worden.

Figuur 29 Adviesafstand van RWS en vaarwegen in het plangebied - referentiesituatie

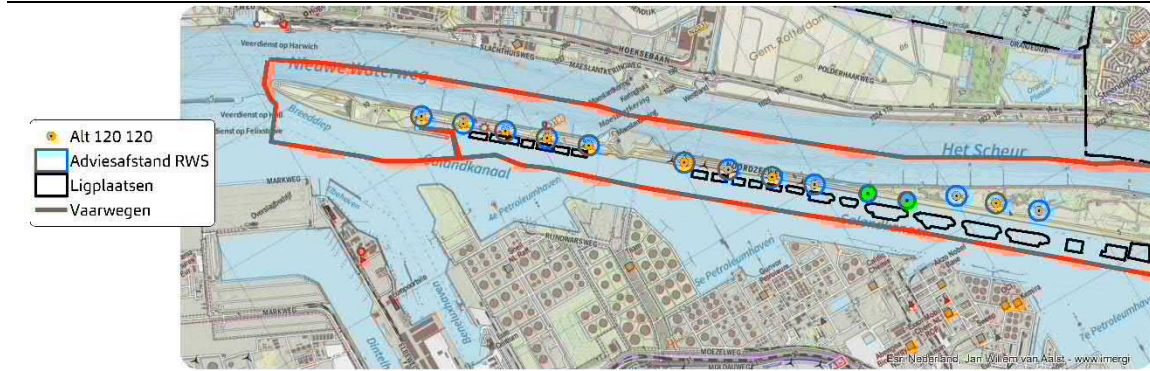


Figuur 30 Adviesafstand van RWS en vaarwegen in het plangebied – Alternatief 100/100

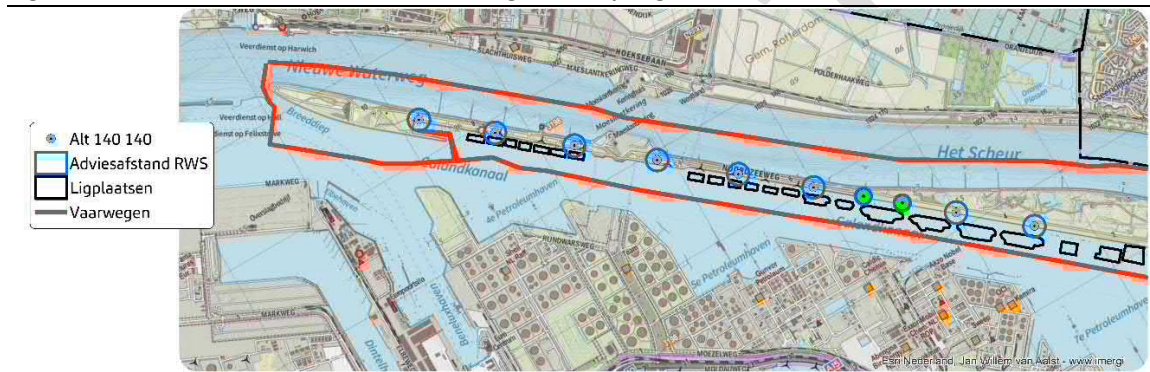


¹³ De vaarweg begint bij de ligplaatsen, vanwege het feit dat wanneer de ligplaatsen niet bezet zijn de ruimte gebruikt kan worden als vaarweg.

Figuur 31 Adviesafstand van RWS en vaarwegen in het plangebied – Alternatief 120/120



Figuur 32 Adviesafstand van RWS en vaarwegen in het plangebied – Alternatief 140/140

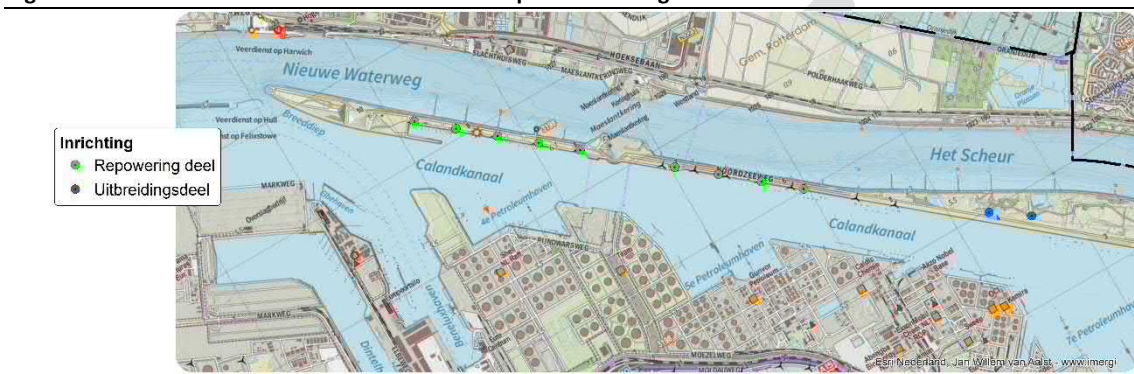


Hoofdstuk 5 Voorkeursalternatief

5.1 Beschrijving voorkeursalternatief

Mede op basis van de resultaten van het MER is een voorkeursalternatief gedefinieerd. Het voorkeursalternatief (VKA) bestaat uit twee aparte inrichtingen: 'Repowering Deel' en de 'Uitbreidingsdeel'. Van dit voorkeursalternatief liggen de windturbinelocaties vast, maar is er een bandbreedte in de ashoogte (110-130m) en rotordiameter (110-130m). In dit hoofdstuk is de bovengrens van de bandbreedte doorgerekend, doordat de bovengrens de hoogste risicoverhogend effect heeft op nabijgelegen gebouwen, installaties en infrastructuur.

Figuur 33 Voorkeursalternatief met de twee aparte inrichtingen



5.2 Te onderzoeken windturbinetype

Het voorkeursalternatief is een bandbreedte in ashoogte en rotordiameter. Deze is als volgt:

- ❖ Ashoogte: Minimaal 110 meter, maximaal 130 meter
- ❖ Rotordiameter: Minimaal 110 meter, maximaal 130 meter
- ❖ Tiphoogte: Minimaal 165 meter, maximaal 195 meter

Om de externe veiligheidsrisico's van deze bandbreedte goed in beeld te brengen worden de effecten doorgerekend voor de grootst mogelijke windturbine afmetingen. Dit, aangezien de meeste externe risico's een direct gevolg zijn van de afmetingen. Hiertoe is de volgende type gekozen met de juiste afmetingen.

Tabel 17 Gegevens onder- en bovengrens v.w.b. Externe Veiligheid (bij maximale tiphoogte van 172m)

Windturbinetype	Ashoogte (m)	RD (m)	Risicocontouren (m)		Max. werpafstand (m)	
			10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	nominaal toerental	overtouren
Siemens SWT-130	130	130	65	181	181	478

In de risicoanalyse wordt de Siemens SWT-130 aangeduid als 'bovengrens'.

NB. De maximale werpafstand schaalt niet 1-op-1 met de afmetingen van een windturbine. Het kan daarom zo zijn dat een uiteindelijk te realiseren type een grotere werpafstand heeft dan de hierboven genoemde variant. Omdat de meeste aspecten betreffende externe veiligheid echter wel schalen met de afmetingen is ervoor gekozen om de bandbreedte te definiëren aan de hand van afmetingen. Voor aspecten waar de maximale werpafstand een belangrijke rol speelt is hier verder aandacht aan besteed.

5.3 Rekenmethode

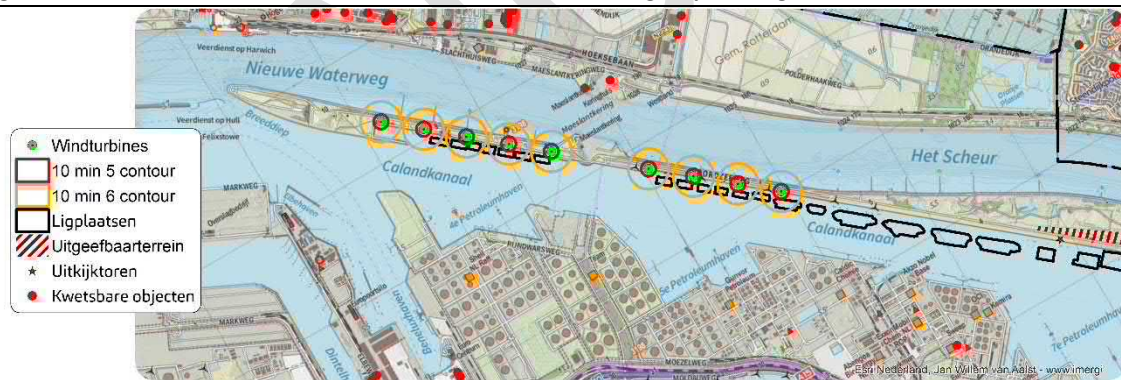
Voor de berekeningen is aangesloten bij de rekenmethode voor de MER-alternatieven.

5.4 Risicoanalyse

5.4.1 (beperkt) Kwetsbare objecten

Inrichting 'Repowering deel'

Figuur 34 Risicocontouren rond de windturbines van inrichting 'Repowering deel'



Op basis van de berekende risicocontouren en objecten kent het plangebied 14 objecten binnen de 10^{-6} -contour en geen objecten binnen de 10^{-5} -contour¹⁴.

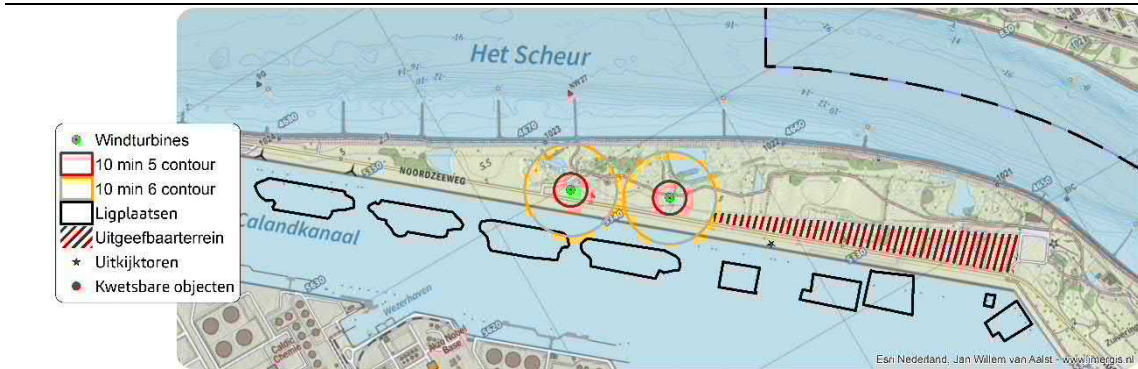
De objecten binnen de 10^{-6} -contour betreffen ligplaatsen. Deze ligplaatsen kunnen niet aangemerkt worden als een kwetsbaar object in de zin van artikel 1 lid 1 sub I van het Bevi. Zekerheidshalve worden de ligplaatsen geschaard onder artikel lid 1 sub b onder h Bevi, omdat het aantal personen gemiddeld doorgaans aanwezig kan zijn vergelijkbaar is met bijvoorbeeld bedrijfsgebouwen. Doordat de ligplaatsen zijn

¹⁴ De 10 min 5 contour bevindt zich niet over de aanmeerlijn, waardoor de ligplaatsen zich buiten de 10 min 5 contour bevinden. De ingetekende ligplaatsen zijn indicatief.

aangemerkt als een beperkt kwetsbaar object wordt er voldaan aan het Activiteitenbesluit, zie paragraaf 3.1.

Inrichting 'Uitbreidingsdeel'

Figuur 35 Risicocontouren rond de windturbines van inrichting 'Uitbreidingsdeel'



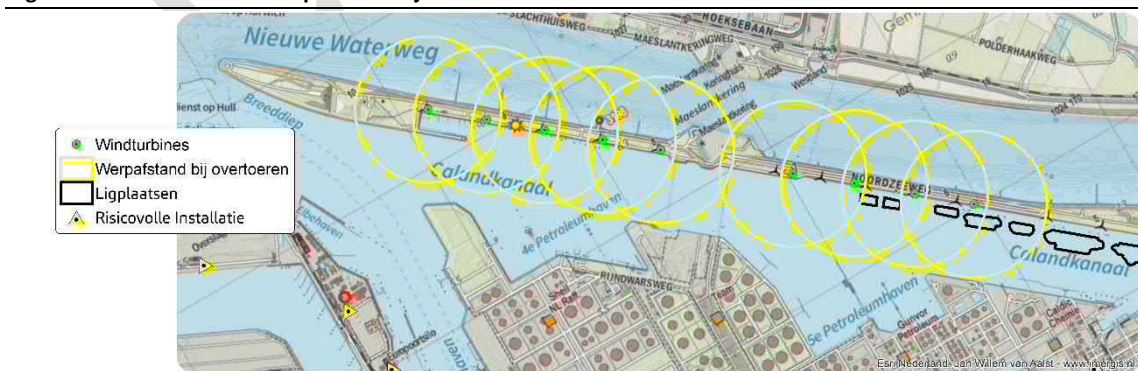
Op basis van de berekende risicocontouren en objecten kent het plangebied 1 object binnen de 10^{-6} -contour en geen objecten binnen de 10^{-5} -contour.

Het object binnen de 10^{-6} -contour betreft een ligplaatsen. Deze ligplaats kan niet aangemerkt worden als een kwetsbaar object in de zin van artikel 1 lid 1 sub I van het Bevi. Zekerheidshalve wordt de ligplaats geschaard onder artikel lid 1 sub b onder h Bevi, omdat het aantal personen gemiddeld doorgaans aanwezig kan zijn vergelijkbaar is met bijvoorbeeld bedrijfsgebouwen. Doordat de ligplaats is aangemerkt als een beperkt kwetsbaar object wordt er voldaan aan het Activiteitenbesluit, zie paragraaf 3.1.

5.4.2 Risicovolle installaties

5.4.2.1 Inrichting 'Repowering-deel'

Figuur 36 Maximale werpafstand bij overtoeren van de windturbines en risicovolle installaties



Op basis van de ingetekende werpafstanden, aangeleverde informatie door de opdrachtgever en risicokaart.nl zijn de risicovolle installaties bepaald welke zich binnen de maximale werpafstanden bevinden.

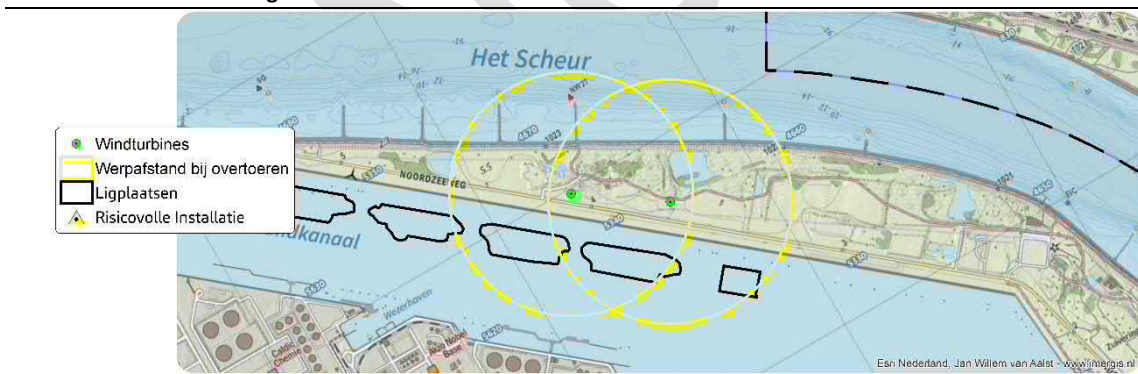
Tabel 18 Risicovolle installaties binnen maximale werpafstand van geplande turbines van inrichting 'Repowering Deel'

Windturbine ¹⁵	Installatie	Afstand tot installatie (m)
Windturbine 6	Steiger 10	464
Windturbine 7	Steiger 10	81
Windturbine 8	Steiger 10	246
Windturbine 7	Steiger 11	217
Windturbine 8	Steiger 11	102
Windturbine 8	Ligplaats 78	159
Windturbine 9	Ligplaats 78	110
Windturbine 8	Ligplaats 79	358
Windturbine 9	Ligplaats 79	68
Windturbine 9	Ligplaats 79b	262

Doordat sommige van de afstanden (rood in tabel) kleiner zijn dan de tiphoogte heeft naast het scenario wiekbreek ook het scenario mastbreek een risico verhogend effect op de installaties.

5.4.2.2 Inrichting 'Uitbreidingsdeel'

Figuur 37 Maximale werpafstand bij overtoeren van de windturbines en risicovolle installaties van inrichting 'Uitbreidingsdeel'



Op basis van de ingetekende werpafstanden, aangeleverde informatie door de opdrachtgever en risicokaart.nl zijn de risicovolle installaties bepaald welke zich binnen de maximale werpafstanden bevinden.

¹⁵ Windturbines zijn genummerd van west naar oost.

Tabel 19 Risicovolle installaties binnen maximale werpafstand van geplande turbines van de inrichting 'Uitbreidingsdeel'

Windturbine ¹⁶	Installatie	Afstand tot installatie (m)
Windturbine 10	Ligplaats 81	439
Windturbine 10	Ligplaats 82	161
Windturbine 11	Ligplaats 82	436
Windturbine 10	Ligplaats 83	203
Windturbine 11	Ligplaats 83	207
Windturbine 11	Ligplaats 84	320

5.4.2.3 Trefkansberekening

Voor de trefkansberekening wordt dezelfde methode gehanteerd als in paragraaf 4.2.5.

5.4.2.4 Resultaten trefkansberekening

Via de beschreven methode in paragraaf 4.2.5 zijn de trefkansen berekend voor de risicovolle installaties van beide inrichtingen waarbij de trefkans van de installatie de som is van de scenario's van falende windturbines. De resultaten worden weer-geven in onderstaande tabellen.

Tabel 20 Trefkansen risicovolle installaties inrichting 'Repowering-deel'

Installatie	Totale trefkans
Steiger 10	$1,22 \cdot 10^{-04}$
Steiger 11	$9,92 \cdot 10^{-05}$
Ligplaats 78	$1,69 \cdot 10^{-04}$
Ligplaats 79	$1,58 \cdot 10^{-04}$
Ligplaats 79b	$3,07 \cdot 10^{-08}$

Tabel 21 Trefkansen risicovolle installaties inrichting 'Uitbreidingsdeel'

Installatie	Totale trefkans
Ligplaats 81	$4,03 \cdot 10^{-08}$
Ligplaats 82	$6,25 \cdot 10^{-05}$
Ligplaats 83	$7,27 \cdot 10^{-08}$
Ligplaats 84	$4,04 \cdot 10^{-08}$

5.4.2.5 Faalkansverhoging

Ligplaats (waarbij wordt aangenomen dat er altijd een schip op de ligplaats is)
 De berekende trefkansen worden vergeleken met de intrinsieke faalkans van de risicovolle installaties (in dit geval schepen). De Handleiding Risico Berekeningen Bevi (versie 3.2) zegt het volgende:

¹⁶ Windturbines zijn genummerd van west naar oost.

Voor schepen zijn er geen scenario's voor intrinsiek falen. Aangenomen wordt dat verlading plaatsvindt tijdens het grootste deel van de tijd, dat een schip aanwezig is, en de verladingsscenario's dominant zijn ten opzichte van intrinsiek falen.

De enige scenario's naast de verlading, die van belang zijn, zijn externe beschadiging ten gevolge van scheepsbotsingen. Deze worden zeer sterk bepaald door de locatie situatie.

In het geval van de ligplaats bereken wij de aanvaringskans gebruik makend van scheepvaart bewegingen nabij de ligplaats¹⁷. Het aantal scheepvaartbewegingen¹⁸ zijn:

- Binnenvaart: 21.050 bewegingen per jaar.
- Scheepvaart: 22.667 bewegingen per jaar.
- Overige scheepvaart: 11.590 bewegingen per jaar.

Samen leidt dit tot een totaal van 55.307 bewegingen per jaar. Op basis van het aantal bewegingen is de faalkans berekend voor gastankers, semi gas tankers, dubbelwandige vloeistoftanker en enkelwandige vloeistoftanker. Deze zijn als volgt:

- | | |
|--|----------------------|
| • Gastanker: | $3,88 \cdot 10^{-6}$ |
| • Semi-gastanker: | $3,88 \cdot 10^{-6}$ |
| • Dubbelwandige vloeistoftanker: | $4,86 \cdot 10^{-5}$ |
| • Enkelwandige vloeistoftanker ¹⁹ : | $3,24 \cdot 10^{-3}$ |

Onderstaande tabel bevat de verhoging van de faalkans van de verschillende schepen ten opzichte van de faalkans van de verschillende inrichtingen.

¹⁷ Op basis van informatie aangeleverd door de opdrachtgever.

¹⁸ Het basisnet geeft minder scheepsbewegingen per jaar. Echter, door meer bewegingen per jaar te beschouwen ontstaat er een worst-case scenario, waardoor we van bovenstaande aangeleverde informatie uitgaan.

¹⁹ Enkelwandige vloeistoftankers zijn vanaf 2020 niet meer toegestaan op de binnenvaart. Doordat deze niet maatgevend zijn, worden deze verder toch weergegeven.

Tabel 22 Faalkansverhoging van de verschillende schepen per inrichting

Faalkansverhoging	
<u>Inrichting 'Repowering – deel'</u>	
<i>Steiger 10</i>	
Gastanker	3153,80%
Semi-gastanker	3153,80%
Dubbelwandige vloeistoftanker	251,79%
Enkelwandige vloeistoftanker	3,78%
<i>Steiger 11</i>	
Gastanker	2557,79%
Semi-gastanker	2557,78%
Dubbelwandige vloeistoftanker	204,20%
Enkelwandige vloeistoftanker	3,06%
<i>Ligplaats 78</i>	
Gastanker	4366,06%
Semi-gastanker	4366,06%
Dubbelwandige vloeistoftanker	348,57%
Enkelwandige vloeistoftanker	5,23%
<i>Ligplaats 79</i>	
Gastanker	4078,82%
Semi-gastanker	4078,82%
Dubbelwandige vloeistoftanker	325,63%
Enkelwandige vloeistoftanker	4,88%
<i>Ligplaats 79b</i>	
Gastanker	0,79%
Semi-gastanker	0,79%
Dubbelwandige vloeistoftanker	0,06%
Enkelwandige vloeistoftanker	0,001%
<u>Inrichting uitbreidingsdeel</u>	
<i>Ligplaats 81</i>	
Gastanker	1,04%
Semi-gastanker	1,04%
Dubbelwandige vloeistoftanker	0,08%
Enkelwandige vloeistoftanker	0,001%
<i>Ligplaats 82</i>	
Gastanker	2218,18%
Semi-gastanker	2218,18%
Dubbelwandige vloeistoftanker	177,09%
Enkelwandige vloeistoftanker	2,66%
<i>Ligplaats 83</i>	
Gastanker	3,65%
Semi-gastanker	3,65%
Dubbelwandige vloeistoftanker	0,29%
Enkelwandige vloeistoftanker	0,004%
<i>Ligplaats 84</i>	
Gastanker	1,04%
Semi-gastanker	1,04%
Dubbelwandige vloeistoftanker	0,08%
Enkelwandige vloeistoftanker	0,001%

Op basis van bovenstaande tabel is het mogelijk om te concluderen dat voor de inrichting 'Repowering – deel' geldt dat bij steigers 10 en 11 en de ligplaatsen 78 en 79 het afhankelijk is van welke schepen er afmeren of het risico met meer of minder dan 10% toeneemt. Voor ligplaats 79b blijft de risicotoename onder de 10%

Voor de inrichting 'Uitbreidingsdeel' geldt dat dat bij de ligplaatsen 81, 83 en 84 het afhankelijk is van welke schepen er afmeren of het risico met meer of minder dan 10% toeneemt. Voor ligplaats 82 blijft de risicotoename onder de 10%.

Boord – Boord overslag

Doordat de ligplaatsen ook zijn bestemd voor boord-boord overslag moet ook de faalkans toename tijdens de overslaan inzichtelijk worden gemaakt.

De intrinsieke faalkans van de aanwezige schepen tijdens de overslag is op zijn veiligst $3,3 \cdot 10^{-7}$ per uur (breuk van de laad-/losarm + lek van de laad-/losarm) volgens Handboek Risicoberekeningen BEVI 3.2.

Doordat de faalkans per uur is gegeven, moeten de trefkansen in paragraaf 4.2.6. worden omgerekend per uur. Dit gebeurt door de faalkans per jaar te delen door het aantal uur in een jaar. Wanneer dit gedaan is, en de trefkansen worden vergeleken met de intrinsieke faalkansen leidt dit tot de volgende faalkansverhogingen:

Tabel 23 Faalkansverhoging tijdens boord-boord overslag per alternatief

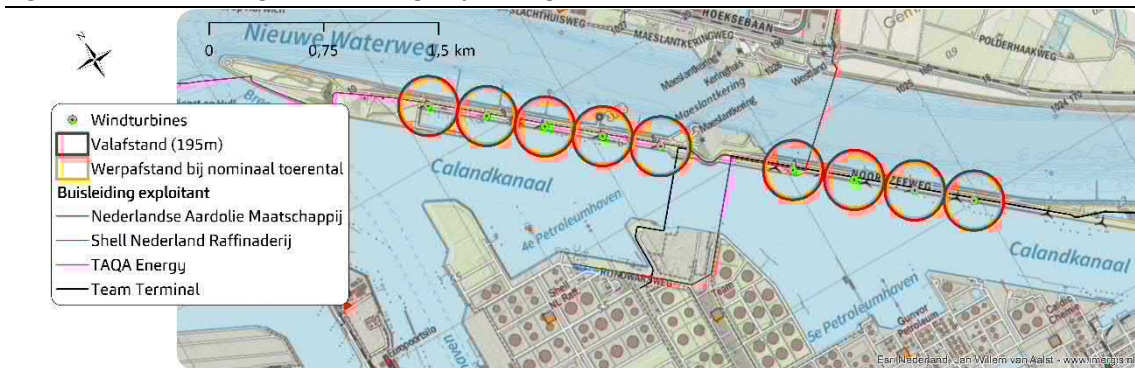
Faalkansverhoging	
<u>Inrichting 'Repowering – Deel'</u>	
<i>Steiger 10</i>	4,23%
<i>Steiger 11</i>	3,43%
<i>Ligplaats 78</i>	5,86%
<i>Ligplaats 79</i>	5,47%
<i>Ligplaats 79b</i>	0,00%
<u>Inrichting 'Uitbreidingsdeel'</u>	
<i>Ligplaats 81</i>	0,00%
<i>Ligplaats 82</i>	0,00%
<i>Ligplaats 83</i>	2,98%
<i>Ligplaats 84</i>	0,00

Doordat de risicotoename bij beide inrichtingen onder de 10% blijft bij boord-boord overslag hoeft er geen nieuwe kwantitatieve risicoanalyse worden uitgevoerd bij boord-boord overslag.

5.4.3 Buisleidingen

5.4.3.1 Inrichting 'Repowering-deel'

Figuur 38 Buisleidingen en inrichting 'Repowering-Deel'

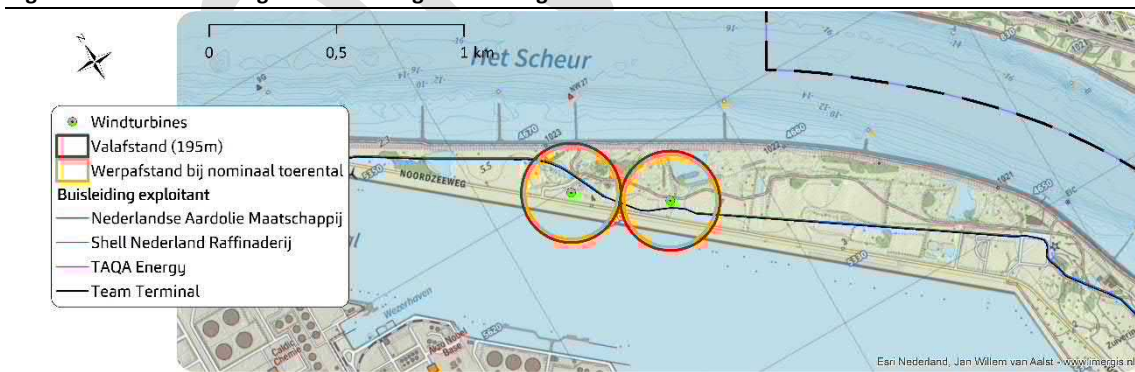


Uit bovenstaande figuur blijkt dat er bij de volgende windturbines er niet wordt voldaan aan de adviesafstand bij de genoemde buisleiding:

Windturbines 1 t/m 5	-	TAQA Onshore Trunc line
Windturbine 6	-	NAM Leiding ²⁰ (4x)
Windturbine 6 t/m 9	-	Team Terminal K1 leiding
Windturbine 6 t/m 9	-	Shell Nederland Raffinaderij K1 leiding

5.4.3.2 Inrichting 'Uitbreidingsdeel'

Figuur 39 Buisleidingen en inrichting 'Uitbreidingsdeel'



Uit bovenstaande figuur blijkt dat er bij de volgende windturbines er niet wordt voldaan aan de adviesafstand bij de genoemde buisleiding:

²⁰ Er bevinden zich vier leidingen van de NAM in het onderzoeksgebied. Deze bevinden zich allemaal bij elkaar in de buurt waardoor we in deze studie uitgaan van één leiding, en deze (berekende) waarden als representatief beschouwen voor de drie andere leidingen,

- Windturbine 10 en 11 - Team Terminal K1 leiding
 Windturbine 10 en 11 - Shell Nederland Raffinaderij K1 leiding

5.4.3.3 Trefkansberekening

Voor de trefkansberekening wordt dezelfde methode gehanteerd zoals beschreven in paragraaf 4.3.5.

5.4.3.4 Resultaten trefkansberekening

In onderstaande paragrafen wordt de trefkans van de windturbines op de buisleidingen berekend voor beide inrichtingen. Hiervoor wordt voor de windturbine met de grootste lengte van de buisleidingen binnen de risicocontour berekend wat de trefkans is. Deze windturbine wordt als maatgevend beschouwd voor *alle* windturbines. Hierdoor ontstaat er een worst-case benadering.

Trefkans Wiekbreuk Windturbine op 17 meter

Scenario wiekbreuk	Kansdichtheidsverdeling (/jr.)	Kritisch oppervlak (m ²)	Trefkans (tracé per jaar)	Trefkans (per kilometer per jaar)
nominaal	$3,80 \cdot 10^{-08}$	1072,78	$4,07 \cdot 10^{-05}$	$1,46 \cdot 10^{-05}$

Trefkans Mastbreuk Windturbine op 17 meter

Hoek ($\beta + \alpha$) graden	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans (tracé per jaar)	Trefkans (per kilometer per jaar)
192	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$6,93 \cdot 10^{-05}$	$2,69 \cdot 10^{-05}$

Trefkans gondelafworp Windturbine op 17 meter

Kansdichtheid	Gondelafworp frequentie (per jaar)	Trefkans (tracé per jaar)	Trefkans (per kilometer per jaar)
1,1	$4,0 \cdot 10^{-5}$	$7,41 \cdot 10^{-06}$	$9,04 \cdot 10^{-07}$

Totale trefkans

Gebaseerd op de bovenstaande berekeningen is het mogelijk om de totale trefkans te berekenen. Dit is een sommatie van de trefkans door mastbreuk, wiekbreuk en gondelafworp vermenigvuldigd met het aantal windturbines. Dit zal per buisleiding en inrichting berekend worden.

Inrichting 'Repowering-deel'

TAQA Onshore Trunc line

Aantal WTB	Trefkans wiekbreuk per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans mastbreuk per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar)	Totale trefkans (per kilometer per jaar)
5	$1,46 \cdot 10^{-05}$	$2,69 \cdot 10^{-05}$	$9,04 \cdot 10^{-07}$	$2,12 \cdot 10^{-04}$

Leiding Nederlandse Aardolie Maatschappij

Aantal WTB	Trefkans wiekbreuk per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans mastbreuk per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar)	Totale trefkans (per kilometer per jaar)
1	$1,46 \cdot 10^{-05}$	$2,69 \cdot 10^{-05}$	$9,04 \cdot 10^{-07}$	$4,24 \cdot 10^{-05}$

Team Terminal K1 leiding

Aantal WTB	Trefkans wiekbreuk per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans mastbreuk per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar)	Totale trefkans (per kilometer per jaar)
5	$1,46 \cdot 10^{-05}$	$2,69 \cdot 10^{-05}$	$9,04 \cdot 10^{-07}$	$2,12 \cdot 10^{-04}$

Shell Nederland Raffinaderij K1 leiding

Aantal WTB	Trefkans wiekbreuk per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans mastbreuk per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar)	Totale trefkans (per kilometer per jaar)
5	$1,46 \cdot 10^{-05}$	$2,69 \cdot 10^{-05}$	$9,04 \cdot 10^{-07}$	$2,12 \cdot 10^{-04}$

Inrichting 'Uitbreidingsgebied'

Team Terminal K1 leiding

Aantal WTB	Trefkans wiekbreuk per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans mastbreuk per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar)	Totale trefkans (per kilometer per jaar)
2	$1,46 \cdot 10^{-05}$	$2,69 \cdot 10^{-05}$	$9,04 \cdot 10^{-07}$	$8,48 \cdot 10^{-05}$

Shell Nederland Raffinaderij K1 leiding

Aantal WTB	Trefkans wiekbreuk per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans mastbreuk per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar)	Totale trefkans (per kilometer per jaar)
2	$1,46 \cdot 10^{-05}$	$2,69 \cdot 10^{-05}$	$9,04 \cdot 10^{-07}$	$8,48 \cdot 10^{-05}$

Totale trefkans

Doordat beide inrichtingen invloed hebben op zowel de Team Terminal K1 leiding en de Shell Nederland Raffinaderij K1 leiding wordt in onderstaande paragraaf de totale trefkans weergegeven op beide leidingen.

Team Terminal K1 leiding

Aantal WTB	Trefkans wiekbreuk per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans mastbreuk per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar)	Totale trefkans (per kilometer per jaar)
7	$1,46 \cdot 10^{-05}$	$2,69 \cdot 10^{-05}$	$9,04 \cdot 10^{-07}$	$2,97 \cdot 10^{-04}$

Shell Nederland Raffinaderij K1 leiding

Aantal WTB	Trefkans wiekbreuk per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans mastbreuk per wtb (per kilometer per jaar)	Trefkans gondelafworp per wtb (per kilometer per jaar)	Totale trefkans (per kilometer per jaar)
7	$1,46 \cdot 10^{-05}$	$2,69 \cdot 10^{-05}$	$9,04 \cdot 10^{-07}$	$2,97 \cdot 10^{-04}$

5.4.3.5 Faalkansverhoging

De intrinsieke faalkans van een buisleiding met aardolieproducten is als volgt (Handleiding risicoberekeningen Bevb):

Tabel 1 Scenario voor buisleidingen met aardolieproducten.

Scenario	Faalfrequentie ($\text{km}^{-1} \text{jaar}^{-1}$)
Breuk van de leiding	$1,5 \times 10^{-4}$

Hieruit blijken de volgende risicoverhogingen:

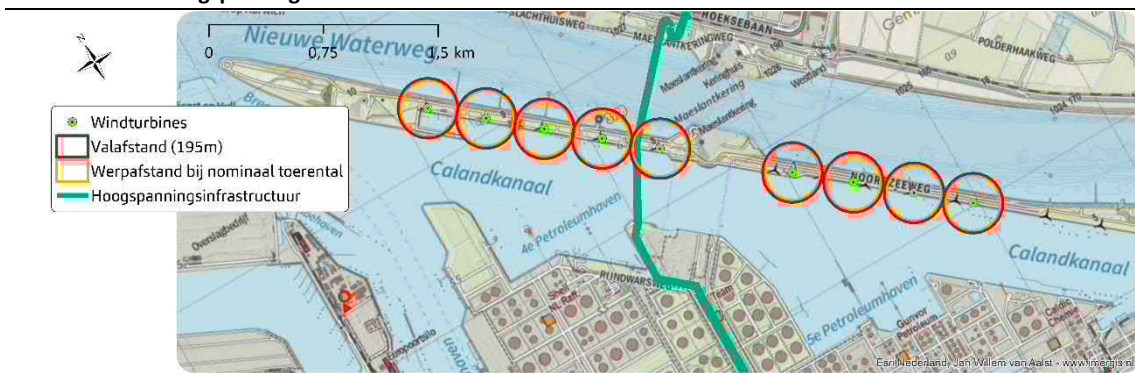
Inrichting	TAQA	NAM	Team	Shell
Repoweringdeel	141%	28%	141%	141%
Uitbreidingsdeel	0%	0%	57%	57%
Gezamenlijk	141%	28%	198%	198%

Op basis van bovenstaande tabel is het mogelijk om te concluderen dat voor beide inrichtingen en de gezamenlijke faalkansverhoging geldt dat de opstelling een faalkansverhoging heeft op de drie buisleidingen. De faalkansverhoging overschrijdt de richtwaarde van 10%. Hierdoor dient een QRA te worden opgesteld voor de buisleidingen. Wanneer hieruit blijkt dat de risico's (inclusief trefkans windturbine) naar de omgeving acceptabel zijn dan is er geen belemmering voor plaatsing van de windturbines.

5.4.4 Hoogspanningsinfrastructuur

5.4.4.1 Inrichting 'Repowering-deel'

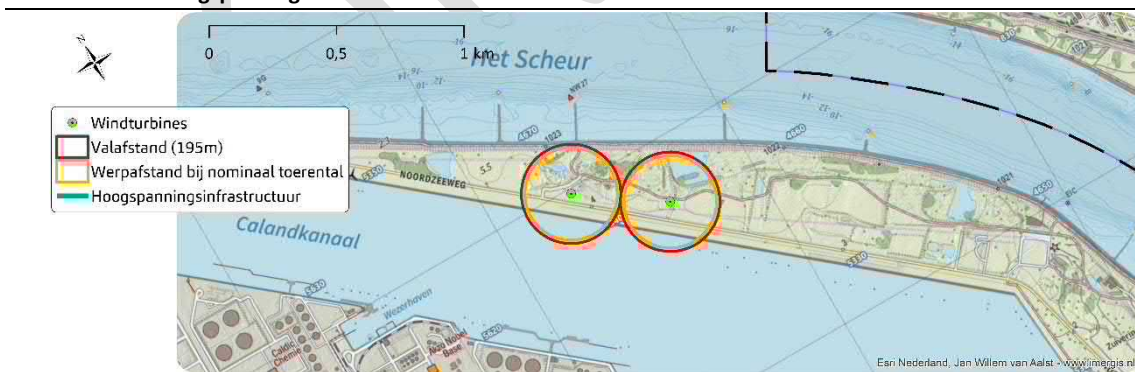
Figuur 40 Werpafstand bij nominaal toerental en valafstand van de windturbines en hoogspanningsinfrastructuur



Voor inrichting 'Repowering-deel' geldt dat er zich hoogspanningsinfrastructuur bevindt binnen de werpafstand bij nominaal toerental en valafstand van windturbine 5. Hierdoor moet er met TenneT in overleg worden getreden om te kijken of de faalkans toename door de windturbines van de hoogspanningsinfrastructuur acceptabel is.

5.4.4.2 Inrichting 'Uitbreidingsdeel'

Figuur 41 Werpafstand bij nominaal toerental en valafstand van de windturbines en hoogspanningsinfrastructuur



Voor Inrichting 'Uitbreidingsdeel' geldt dat er geen hoogspanningsinfrastructuur is gelegen binnen de maximale werpafstand bij nominaal toerental of de valafstand. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

5.4.5 Waterkering

Voor de waterkering is een aparte memo opgesteld. Hierdoor wordt het aspect 'waterkering' niet verder behandeld voor het voorkeursalternatief.

5.4.6 Infrastructuur

5.4.6.1 Wegen

Voor de inrichtingen is nagegaan of een windturbine over een (openbare) weg draait. Indien er geen overdraai plaatsvindt wordt er voldaan aan de in paragraaf 3.6 genoemde beleidsregel. Wanneer er niet wordt voldaan aan de beleidsregel moet er een trefkansberekening worden uitgevoerd.

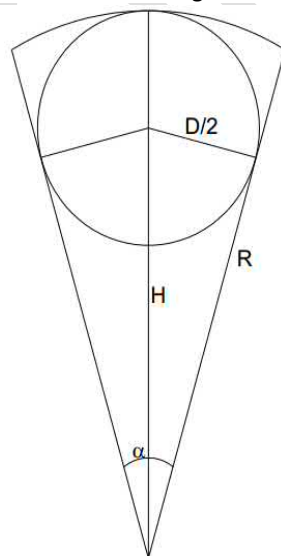
Uit onderstaande figuren blijkt dat er bij beide inrichtingen overdraai plaatsvindt over een openbare weg, er wordt in geen van de inrichtingen voldaan aan de beleidsregel. Hierdoor moet er een trefkansberekening worden uitgevoerd.

Trefkansberekening

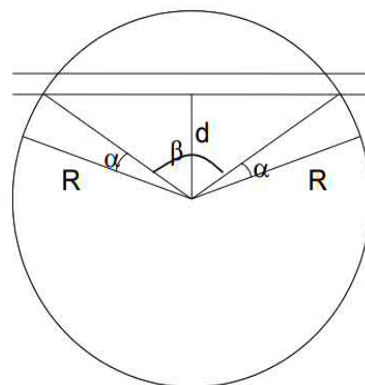
Rekenmethode mastbreuk

De kans dat de weg wordt getroffen door een onderdeel van een omvallende windturbine wordt gelijk verondersteld aan de kans dat een gedeelte van een onderstaand cirkelsegment (Figuur 42) in aanraking komt met de leidingstrook, het geen is geïllustreerd in Figuur 43 (HRW, 2014).

Figuur 42 Windturbine als cirkel segment



Figuur 43 Turbine in aanraking met weg



De trefkans wordt berekend voor de windturbine met de hoogste trefkans (WTB 1). Hierbij wordt de assumptie gedaan dat de trefkans voor deze turbinelocatie repre-

sentatief is voor de andere windturbinelocaties (voor beide inrichtingen) waar overdraai plaatsvindt. Hierdoor ontstaat er een conservatieve benadering.

De trefkans is als volgt:

Turbine nummers	Afstand tot weg (m)	Valhoek graden	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans weg
4 ²¹	7	360	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$

De kans dat een passant wordt getroffen kan worden berekend door de trefkans te vermenigvuldigen met de verblijfsfactor:

$$\tau = \frac{0,3}{v_o} \frac{1}{365 \cdot 24 \cdot 3600}$$

v_o = snelheid van de passant (m/s)

Ten behoeve van deze berekening gaan we uit van de worst case scenario, wat inhoudt dat de passant met de laagste snelheid de langste verblijftijd heeft. Een voetganger gaat gemiddeld 5 km/uur (1,4 meter per seconde)

Windturbine	Trefkans weg	Verblijftijd passant	Trefkans per passage
4	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$6,79 \cdot 10^{-09}$	$8,83 \cdot 10^{-13}$

Rekenmethode wiekbreuk

De kans dat een persoon wordt geraakt als gevolg van een afgebroken wiek wordt als volgt berekend.

$$P = 1,5 \cdot A_c \text{ (Kritiek oppervlakte wiek)} \cdot p_{zwpt} \text{ (Trefkans zwaartepunt wiek)}$$

Windturbine	A_c	P_{zwpt}	P
4	213,81	$9,87 \cdot 10^{-08}$	$3,16 \cdot 10^{-05}$

De kans dat een passant wordt getroffen kan worden berekend door de trefkans te vermenigvuldigen met de verblijfsfactor:

$$\tau = \frac{1}{v_o} \frac{1}{365 \cdot 24 \cdot 3600}$$

Windturbine	Trefkans passant
4	$7,17 \cdot 10^{-13}$

²¹ Er bevinden zich ten oosten, westen, noorden en zuiden van de windturbine een openbare weg binnen de valafstand.

Rekenmethode gondelafworp

Voor het berekenen van personen en objecten ten gevolgen van het afvallen van een gondel met rotor of alleen een rotor kan dezelfde aanpak worden gevolgd als mastbreuk. De masthoogte wordt voor deze berekening nul verondersteld. Het risicogebied blijft dan beperkt tot een gebied rondom de toren dat gelijk is aan de rotordiameter. Daarmee is de trefkans van de weg gelijk aan de kans dat het scenario zich voordoet: $4,0 \cdot 10^{-5}$ per jaar.

Hierdoor is de kans dat een passant getroffen wordt hetzelfde voor alle turbinelocaties en kan berekend worden op de onderstaande manier.

De kans dat een passant wordt getroffen kan worden berekend door de trefkans te vermenigvuldigen met de verblijfsfactor.

$$\tau = \frac{0,3}{v_o} \frac{1}{365 \cdot 24 \cdot 3600}$$

Trefkans passant is: $2,72 \cdot 10^{-13}$ per passage.

Conclusie passantenrisico

De totale trefkans voor een passant is een sommatie van alle trefkansen vermenigvuldigd met het aantal windturbines. Dit leidt tot de volgende trefkansen:

Inrichting	Aantal WTB	Trefkans per WTB	Totale trefkans
Repowerings-deel	9	$9,89 \cdot 10^{-13}$	$8,90 \cdot 10^{-12}$
Uitbreidingsdeel	2	$9,89 \cdot 10^{-13}$	$1,98 \cdot 10^{-12}$
Gezamenlijk	11	$9,89 \cdot 10^{-13}$	$1,09 \cdot 10^{-11}$

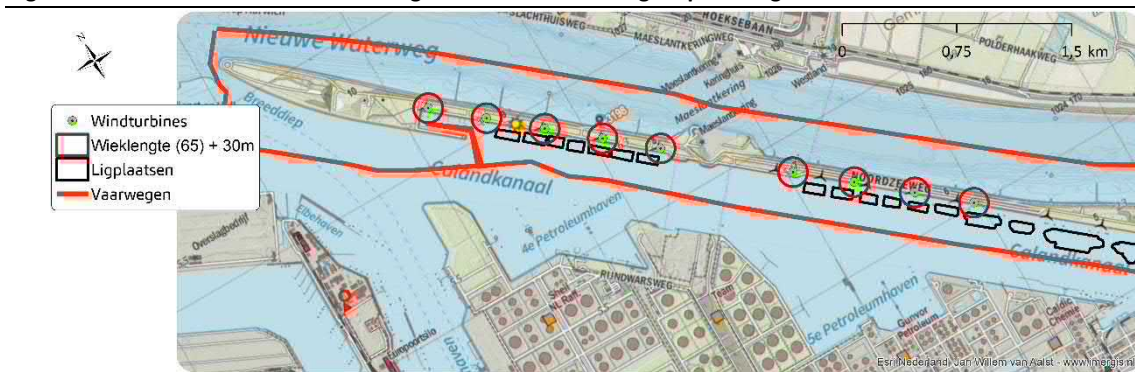
5.4.6.2 Vaarwegen

Voor beide inrichtingen wordt er gekeken of er wordt voldaan aan de nieuwe adviesafstand van Rijkswaterstaat. Indien er wordt voldaan aan de in paragraaf 3.6 genoemde beleidsregel is verder onderzoek niet benodigd.

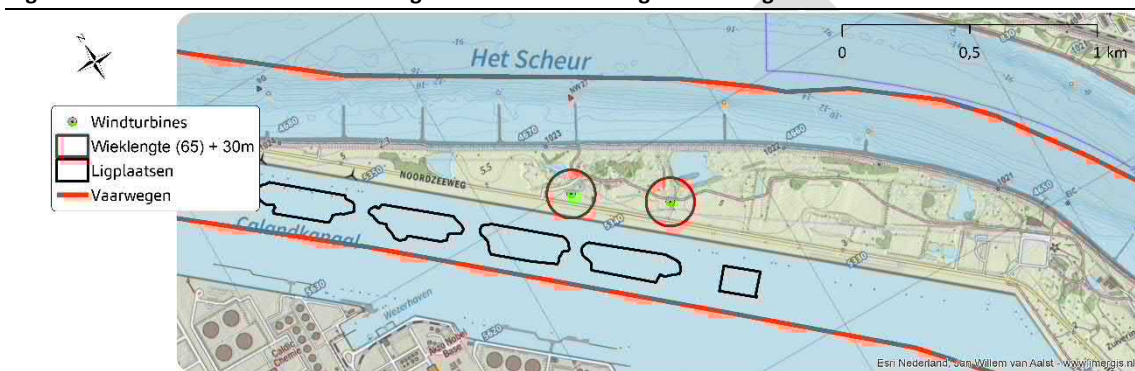
Uit onderstaande figuren²² blijkt dat inrichting 'Repowerings-deel' niet voldoet aan de nieuwe adviesafstand van Rijkswaterstaat. Hierdoor moet er een trefkansberekening worden uitgevoerd. Tevens wordt er voor beide inrichtingen ingegaan op domino-effecten van gevaarlijke stoffen, omdat er op de vaarwegen nabij de windturbines vervoer van gevaarlijke stoffen plaatsvindt, waarbij een deel van een windturbine terecht kan komen op een schip wat kan leiden tot het 'onbedoeld vrijkomen van gevaarlijke stoffen'.

²² De vaarweg begint bij de ligplaatsen, vanwege het feit dat wanneer de ligplaatsen niet bezet zijn de ruimte gebruikt kan worden als vaarweg.

Figuur 44 Windturbines en wieklengte + 30m van inrichting 'Repowerings-deel'



Figuur 45 Windturbines en wieklengte + 30m van inrichting 'Uitbreidingsdeel'



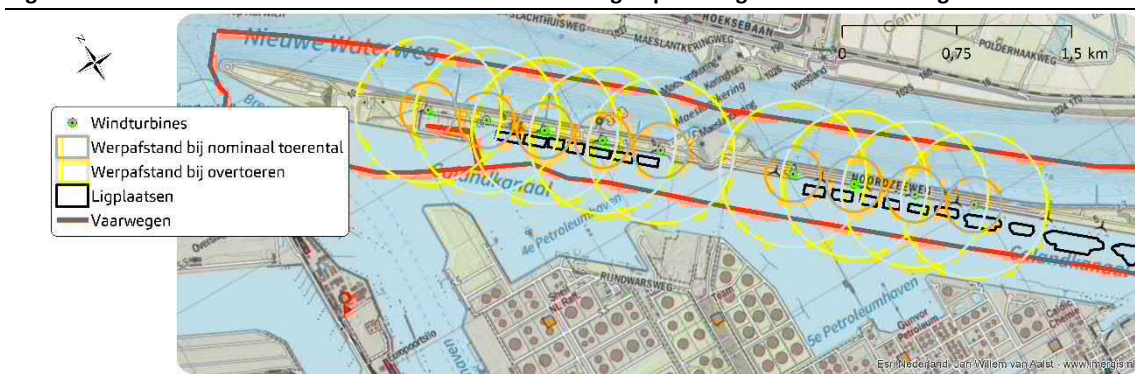
Domino-effect

Omdat er op de vaarwegen nabij de windturbines vervoer van gevaarlijke stoffen plaatsvindt wordt hieronder nog ingegaan op het *domino-effect*, waarbij een deel van een windturbine terecht komt op een schip, wat kan leiden tot het 'onbedoeld vrijkomen van schadelijke stoffen'.

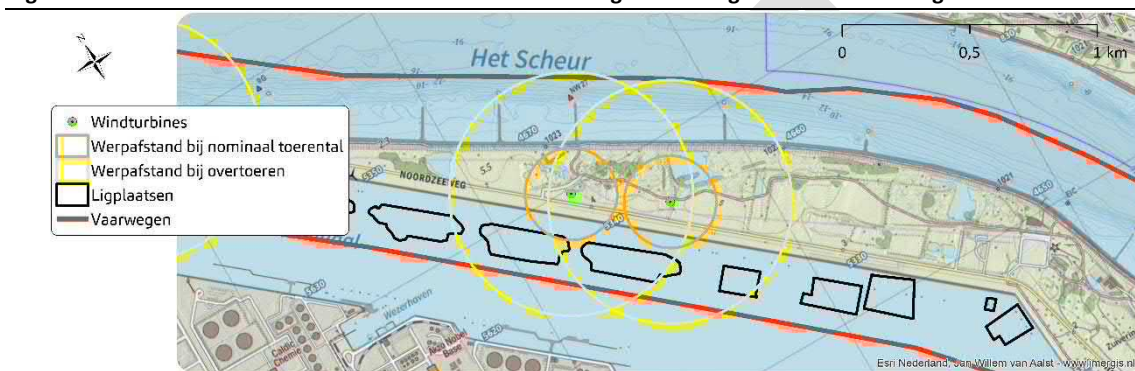
Om hierover in kwantitatieve zin iets te zeggen moet de kans dat dit domino-effect zich voordoet worden vergeleken met de 'initiële faalkans' van het schip. De kans dat een (deel van een) windturbine een schip raakt is opgebouwd uit de trefkans a.g.v. mastbreuk en de trefkans a.g.v. wiekbreuk.

Het Calandkanaal en de Nieuwe Waterweg bevinden zich binnen de invloedssfeer van de windturbines (Figuur 46 en Figuur 47), omdat er op deze vaarwegen transport van gevaarlijke stoffen mogelijk is, is de kans berekend dat een schip wordt geraakt. Doordat beide routes naar zee gaan wordt er aangenomen dat een schip zich op één van de twee vaarwegen bevindt. De trefkans wordt berekend voor het Calandkanaal, omdat dit de vaarweg is met de grootste trefkans (Lengte van de vaarweg binnen invloedssfeer van de windturbines: 5757m). In onderstaande paragrafen wordt de trefkans berekend voor de dichtstbijzijnde windturbine. Deze wordt als representatief beschouwd voor de andere windturbines. Hierdoor ontstaat er een worst-case aanpak. Verder wordt er tevens uitgegaan dat wanneer een schip geraakt wordt door een (deel van de) windturbine dit leidt tot falen van het voorbij varende schip. Hierdoor is de trefkans gelijk aan de faalkans.

Figuur 46 Invloedsfeer van de windturbines – Inrichting Repowering-deel en de vaarwegen



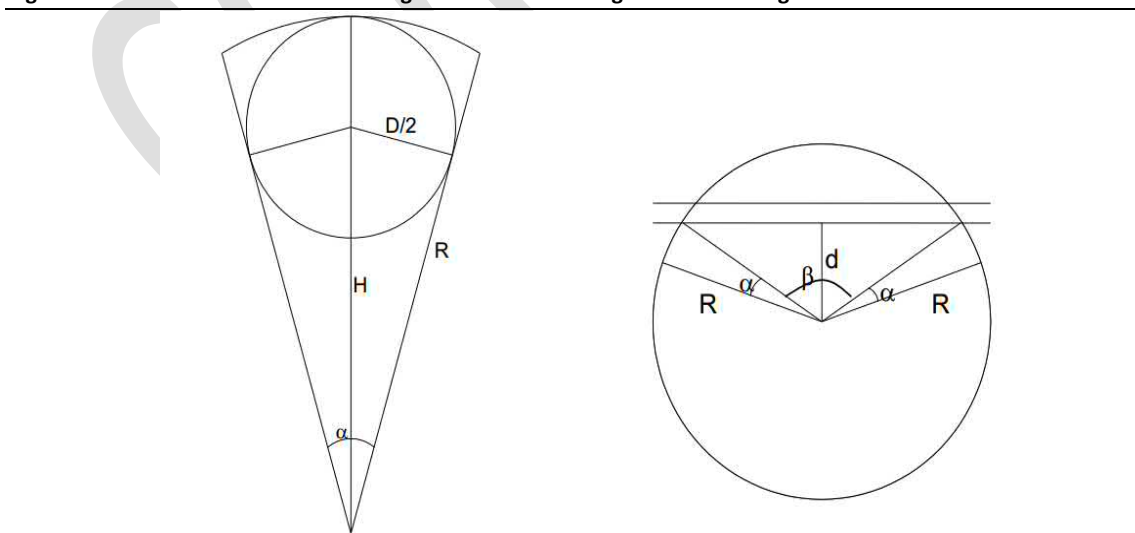
Figuur 47 Invloedsfeer van de windturbines – Inrichting Uitbreidingsdeel en de vaarwegen



Mastbreuk

De kans dat de vaarweg wordt getroffen door een onderdeel van een omvallende windturbine wordt in het Handboek Risicozonering Windturbines (HRW, versie 2014) voorberekend, hetgeen is geïllustreerd in onderstaande figuur (HRW, 2014).

Figuur 48 Windturbine als cirkelsegment en in aanraking met de vaarweg.



Afstand tot vaarweg (m)	Hoek (β)	Kans mastbreuk	Trefkans vaarweg
66	180°	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$5,99 \cdot 10^{-5}$

De kans dat een schip wordt getroffen kan worden berekend door de trefkans te vermenigvuldigen met de verblijfsfactor:

$$\tau = \frac{L_o}{v_o} \frac{1}{365 \cdot 24 \cdot 3600}$$

waar v_o = snelheid van het schip (m/s) en L_o = Lengte van het schip (m)

Ten behoeve van deze berekening gaan wij uit dat het schip een snelheid heeft van 10 km/u en een lengte van 150 meter.

Trefkans vaarweg	Verblijfstijd schip	Trefkans per passage
$5,99 \cdot 10^{-5}$	$1,71 \cdot 10^{-6}$	$1,03 \cdot 10^{-10}$

De kans dat een langsvarend schip door een omvallende windturbine wordt geraakt is dus $1,03 \cdot 10^{-10}$ per jaar.

Wiekbreuk

De kans dat een wiek afbreekt en op de vaarweg terecht komt wordt als volgt berekend:

Trefkans vaarweg

$$= p_{zwpt} \text{nominaal_TT} \times \text{oppervlakte vaarweg nominaal_TT} + p_{zwpt} \text{overtieren} \times \text{oppervlakte vaarweg overtieren}$$

p_{zwpt} = trefkans zwaartepunt wiek nominaal	=	$9,16 \cdot 10^{-9}$
Oppervlakte vaarweg nominaal	=	27901 m^2
p_{zwpt} = trefkans zwaartepunt wiek overtieren	=	$6,88 \cdot 10^{-12}$
Oppervlakte vaarweg overtieren	=	268902 m^2

$$\text{Trefkans vaarweg} = 2,57 \cdot 10^{-9}$$

De kans dat een schip wordt getroffen kan worden berekend door de trefkans te vermenigvuldigen met de verblijfsfactor:

$$\tau = \frac{L_o}{v_o} \frac{1}{365 \cdot 24 \cdot 3600} (1,5 \times B_o + \frac{2}{3} \times L_o)$$

v_o = snelheid van het passerend object (m/s)

L_o = Lengte van het passerend object (m)

b_o = Breedte van het passerend object (m)

Voor de lengte en snelheid worden dezelfde gegevens gebruikt als bij mastbreuk. Voor de breedte wordt uitgegaan van 22 meter.

De kans dat een afgebroken wiek een langsvarend schip raakt is dan: $9,82 \cdot 10^{-9}$ per passage.

Totaal

De totale trefkans van een langsvarend schip is dan:

Trefkans a.g.v. mastbreuk :	$1,03 \cdot 10^{-10}$ per passage per windturbine
Trefkans a.g.v. wiekbreuk:	$9,82 \cdot 10^{-09}$ per passage per windturbine
Aantal windturbines:	11

Totaal: $1,09 \cdot 10^{-07}$ per passage

Gegeven de lengte van de vaarweg binnen het invloedsgebied van de windturbines leidt dit tot een faalkans per voertuigkilometer van $1,89 \cdot 10^{-08}$.

Om een oordeel te kunnen vellen over de risico's van de mogelijke windturbines moet de berekende faalkans per vervoerkilometer worden vergeleken met de initiële faalkans.

De Handleiding Risicoanalyse Transport (HART) van 11 jan 2017 zegt het volgende over vaarwegen waar meer dan 10% zeevaart plaatsvindt:

De risico's van het transport van gevaarlijke stoffen in zeeschepen kunnen op dit moment nog niet met RBM II berekend worden. Zolang de hiervoor benodigde modellen nog niet in RBM II zijn opgenomen, moet er voor de vaarwegen waar het aandeel zeeschepen groter is dan 10% van het totale aantal schepen, een kwalitatieve inschatting van de risico's worden opgesteld om inzichtelijk te maken dat de risico's niet onacceptabel hoog zijn. Daarbij moet worden ingegaan op de volgende aspecten:

- Eerdere externe veiligheid risicoanalyses;
- Expert judgement;
- (wijzigingen in) de totale zee- en binnenvaart intensiteit;
- (wijzigingen in) de massa's en snelheden van de zeevaart;
- (wijzigingen in) de aantallen schepen die voor de externe veiligheid relevante stofcategorieën per zee- of binnenvaart in bulk vervoeren;
- (wijzigingen in) de in de omgeving van de vaarweg aanwezige personen;
- Het effect van de op/aan de vaarweg te wijzigen aspecten/onderdelen op alle hier bovenstaande punten.

Op basis van Risicoanalyse Externe veiligheid Windpark Nieuwe Waterweg worden de volgende basis faalfrequenties toegepast van respectievelijk $8,67 \cdot 10^{-08}$ vtgkm (CEMT klasse 4), $1,32 \cdot 10^{-07}$ vtgkm (CEMT Klasse 5) en $4,14 \cdot 10^{-07}$ vtgkm (CEMT Klasse 6).

De bouw van de windturbines leidt tot een verhoging van de faalkans van een passerend schip van:

CEMT klasse 4:	458,7%
CEMT klasse 5:	14,3%
CEMT klasse 6:	4,6%

Hiermee is voor CEMT klasse 6 de toename van de faalkans kleiner dan 10% en zullen de voor de vaarweg geldende risicoafstanden (conform Besluit externe veiligheid transport) niet significant wijzigen. Voor CEMT klasse 4 en 5 is de toename hoger dan 10%. Hierdoor moet in overleg met het bevoegd gezag bepaald worden of de plaatsing van windturbines niet tot belemmeringen leidt.

IPR en MR

Naast een schip kan de windturbine ook een persoon op het betreffende schip raken. Om te beoordelen of het individueel passantenrisico (IPR) en het maatschappelijk risico (MR) niet hoger zijn dan de wettelijke grenswaarden moet worden berekend wat de trefkans is voor een passant. Hierbij wordt uitgegaan van een persoon op het schip, waardoor alleen de verblijfstijd veranderd, maar de trefkans van de vaarweg blijft hetzelfde als hierboven berekend.

Volgens het HRW dient bij de berekening van het IPR en MR uit te worden gegaan van een onbeschermd persoon die voorbij komt (in dit geval op een schip). In bijlage C van het HRW is uitgewerkt hoe deze berekening uitgevoerd moet worden.

Het maximaal toelaatbare IPR is $1 \cdot 10^{-6}$ (oftewel eens in de miljoen jaar). Voor het MR is de grenswaarde 2 per 1000 jaar.

Mastbreuk

De kans dat een passant wordt getroffen kan worden berekend door de trefkans te vermenigvuldigen met de verblijfsfactor

$$\tau = \frac{0,3}{v_o} \frac{1}{365 \cdot 24 \cdot 3600}$$

v_o = snelheid van het schip (dus ook van de passant) (m/s)

Ten behoeve van deze berekening gaan wij uit dat het schip een snelheid heeft van 10 km/u.

Trefkans vaarweg	Verblijfstijd passant	Trefkans per passage
$5,99 \cdot 10^{-5}$	$3,42 \cdot 10^{-09}$	$2,05 \cdot 10^{-13}$

De kans dat een passant, die aanwezig is op een voorbijvarend schip, geraakt wordt door een omvallende windturbine is $2,05 \cdot 10^{-13}$ per passage.

Wiekbreuk

De trefkans van de vaarweg is hierboven reeds berekend: $2,57 \cdot 10^{-04}$

De kans dat een persoon op een schip wordt getroffen kan worden berekend door de trefkans te vermenigvuldigen met de verblijfsfactor:

$$\tau = \frac{1}{v_o} \frac{1}{365 \cdot 24 \cdot 3600}$$

v_o = snelheid van het schip (dus ook van de passant) (m/s)

Ten behoeve van deze berekening gaan wij uit dat het schip een snelheid heeft van 10 km/u.

Trefkans passant is: $2,93 \cdot 10^{-12}$ per passage

Totaal

De totale trefkans per passage door de turbine is:

Trefkans a.g.v. mastbreuk:	$2,05 \cdot 10^{-13}$ per passage
Trefkans a.g.v. wiekbreuk:	$2,93 \cdot 10^{-12}$ per passage
Aantal windturbines:	11

Totale trefkans van een passant op de vaarweg als gevolg van een falende windturbine is dus $3,45 \cdot 10^{-11}$ per passage.

Aan het IPR wordt voldaan zolang één passant niet meer dan 289.998 keer per jaar de turbine passeert. Dit komt overeen met ca. 79 passages per dag, gedurende een heel jaar, door één en dezelfde persoon. Het is niet realistisch dat het IPR overschreden wordt.

Tevens wordt er aan het MR voldaan zolang er niet meer dan 57.996.230 passanten per jaar de windturbines passeren. Dit zijn meer dan 150.000 passanten per dag. Gelet op de aard van de vaarweg is het niet realistisch dat het MR wordt overschreden.

5.4.6.3 Ijsafwerp

Voor het aspect infrastructuur wordt voor het voorkeursalternatief naast de beleidsregel “Windturbines langs auto-, spoor- en vaarwegen – Beoordeling van veiligheidsrisico’s” ook gekeken naar ijsafwerp. Hiervoor wordt aangesloten bij het Handboek Risicozonering Windturbine:

“Uit ervaring is bekend dat in Nederland ijsafzetting op de bladen meestal ontstaat tijdens stilstand van de windturbine. Observaties van dit fenomeen hebben laten zien dat bij een kleine beweging of doorbuiging van het blad, hetgeen al optreedt bij zeer geringe windsnelheid, het ijs in grote brokken naar beneden valt en dat langwerpige platen ijs in een strook onder het rotorvlak terecht komen. De brokken hebben een oppervlak kleiner dan het blad zelf en een dikte van enkele millimeters tot een centimeter. Door het “dwarrelen” van de brokken ijs kunnen deze, afhankelijk van de hoogte van de windturbine in een strook van enkel tientallen meters breed terecht komen. Bij een turbine met een masthoogte van circa 65 meter is waargenomen dat stukken ijs op 10-15 meter van het rotorvlak terecht kwamen. Indien het gebied onder de rotor vrij toegankelijk is zal het aspect van de afvallend ijs in de risicobeoordeling meegenomen moeten worden. De impact op een object is vergelijkbaar met die van brokken ijs die b.v. van een vrachtwagen afwaaien en een achteropkomende auto treffen; meestal is de achteropkomende auto niet beschadigd. Onbeschermde personen kunnen mogelijk gewond raken. Het aantal keren per jaar dat ijs aangroeit aan een blad is sterk afhankelijk van de lokale omstandigheden. Indien nodig of gewenst kan dit risico worden vermeden door bij ijsafzetting de turbine zodanig te kruien dat de strook onder het rotorvlak niet meer toegankelijk is voor onbeschermde personen. Het aantal keren per jaar dat ijs aangroeit aan een blad is sterk afhankelijk van de lokale omstandigheden. Volgens schattingen van de opstellers van het handboek komt de situatie in Nederland maximaal

twee keer per jaar voor.

Volgens het Besluit Voorzieningen en Installaties Milieubeheer mogen de windturbines niet in bedrijf zijn of worden genomen indien er ijs op de bladen zit. Mocht dit toch gebeuren dan zijn de risico's voor de omgeving minimaal, omdat het om kleine brokstukken gaat die relatief ver weg geslingerd kunnen worden. Het PR hiervan is verwaarloosbaar klein."

NB. In bovenstaande tekst zijn stukken ijs waargenomen op 10-15 meter van het rotorvlak bij een mashoogte van circa 65 meter. Het voorkeursalternatief beschouwd een windturbine met een ashoogte van 130 meter. Wanneer de waargenomen afstanden worden geëxtrapoleerd naar de onderzochte ashoogte zou dat betekenen dat ijs kan vallen binnen een oppervlakte van 30 meter van het rotorvlak.

Ijsdetectie

Windturbines kunnen uitgerust worden met ijsdetectie. Wanneer ijsafzetting plaatsvindt stopt de windturbine en draait deze indien gewenst naar een vooraf ingestelde stand (bijv. parallel aan de weg zodat de afstand tot de weg zo groot mogelijk is). De windturbines worden vervolgens pas weer in bedrijf genomen wanneer visueel is vastgesteld dat er geen ijs meer op de bladen is.

Op basis van bovenstaande teksten kan worden opgemaakt dat wanneer de windturbines over of direct naast een (vaar)weg gelegen zijn de risico's gemitigeerd dienen te worden door naast de ijsdetectie ook een positie in te stellen zodat de windturbines bij ijsdetectie een zo groot mogelijke afstand tot de weg aannemen.

Uit bovenstaande paragrafen blijkt dat de afstand tot de dichtstbijzijnde weg ongeveer 7 meter is terwijl de afstand tot de dichtstbijzijnde vaarweg 66 meter. Hierdoor is het advies om de windturbines parallel aan de weg en de vaarweg te positioneren zodat het risico van ijsafworp geminimaliseerd wordt.

Hoofdstuk 6 Conclusie

6.1 (beperkt) Kwetsbare objecten

Op basis van de berekende risicocontouren en objecten kent het plangebied voor de alternatieven 120/120 en 140/140 meerdere (geprojecteerde) aandachtspunten.

Voor alternatief 120/120 geldt dat er zich één beperkt kwetsbaar object (ligplaats) bevindt binnen de 10^{-5} -risicocontour. Om te voldoen aan het Activiteitenbesluit moet de windturbine worden verplaatst zodat de 10^{-5} -contour niet over het object valt.

Voor alternatief 140/140 geldt dat er zich twee beperkt kwetsbare objecten (ligplaatsen) bevinden binnen de 10^{-5} -risicocontour. Om te voldoen aan het Activiteitenbesluit moet de windturbine worden verplaatst zodat de 10^{-5} -contour niet over de objecten valt.

Bij de referentiesituatie, alternatief 100/100 en het voorkeursalternatief geldt dat er zich geen (beperkt) kwetsbare objecten bevinden binnen de 10^{-5} en 10^{-6} -risicocontour. Voor deze opstelling wordt er voldaan aan de veiligheidseisen uit het Activiteitenbesluit.

6.2 Risicovolle installaties

Indien de windturbines niet substantieel bijdragen aan een hoger risico van de inrichting zullen de voor de inrichting geldende afstanden tot (beperkt) kwetsbare objecten en de Groepsrisico ook na plaatsing van de windturbines van kracht blijven. Om dit te toetsen kan in eerste instantie naar de toename van de catastrofale faalfrequentie van risicovolle installaties behorende tot de inrichting gekeken worden. Indien deze toename een bepaalde richtwaarde overschrijdt dan is plaatsing van de windturbine uit oogpunt van risicobeoordeling toegestaan. Als uitgangspunt voor deze richtwaarde wordt volgens het Handboek Risicozonering Windturbines²³ 10% gehanteerd.

Paragraaf 4.2.6. bevat de vergelijking van de trefkans van de windturbines met de intrinsieke faalkans van de installaties. De resultaten laten zien dat bij voor alle alternatieven, de referentiesituatie en het voorkeursalternatief geldt dat het afhankelijk is van welke schepen er afmeren of het risico met meer of minder dan 10% toeneemt.

Voor boord-boordopslag geldt dat de risicotename onder de 10% blijft. Hierdoor hoeft er geen aanvullende kwantitatieve risicoanalyse worden uitgevoerd.

²³ Handboek Risicozonering Windturbines, 2014

6.3 Buisleidingen

Op basis van de berekeningen in paragraaf 4.3 blijkt dat alle drie de MER-alternatieven, de referentiesituatie en het voorkeursalternatief resulteren in een faalkansverhoging van alle vier de leidingen. De faalkansverhoging van alle vier de leidingen overschrijdt voor alle alternatieven de richtwaarde van 10%.

Voor het Voorkeursalternatief is de faalkansverhoging voor alle leidingen boven de richtwaarde van 10%. Hierdoor dient er een QRA te worden opgesteld voor de buisleidingen waarbij de risicotoename van de windturbines is verwerkt. Wanneer hieruit blijkt dat de risico's naar de omgeving acceptabel zijn dan is er geen belemmering voor de plaatsing van de windturbines.

Er dient een QRA te worden opgesteld voor de buisleidingen. Wanneer hieruit blijkt dat de risico's (inclusief de trefkans windturbine) naar omgeving acceptabel zijn dan is er geen belemmering voor de plaatsing van de windturbines.

6.4 Hoogspanningsinfrastructuur

Voor de referentiesituatie en alternatief 100/100 geldt dat de hoogspanningsinfrastructuur van TenneT zich bevindt buiten de werpafstand bij nominaal toerental of tiphoogte. Hiermee wordt er voldaan aan de adviesafstand van TenneT.

Voor alternatief 120/120, alternatief 140/140 en het voorkeursalternatief wordt er niet voldaan aan de adviesafstand. Voor het Voorkeursalternatief wordt in overleg getreden met TenneT.

6.5 Waterkering

Voor de waterkering is getoetst of er windturbines bevinden binnen de kernzone of beschermingszone van de waterkering. Dit is het geval voor alle windturbines. In een separate memo is voor het Voorkeursalternatief de daadwerkelijk trefkans berekend van de windturbines op de waterkering. Rijkswaterstaat zal deze trefkans op een primaire waterkering beoordelen in het kader van de watervergunningaanvraag.

6.6 Infrastructuur

6.6.1 Wegen

Voor de drie alternatieven, de referentiesituatie en het Voorkeursalternatief geldt dat er overdraai plaatsvindt over een (openbare) weg. Voor het VKA is het individuele passanten risico en het maatschappelijk risico berekend.

De trefkans als gevolg van een falende windturbine is:

	Trefkans passant
Inrichting Repowering deel	$8,90 \cdot 10^{-12}$
Inrichting uitbreidingsdeel	$1,98 \cdot 10^{-12}$
Gezamenlijk	$1,09 \cdot 10^{-11}$

Om te onderzoeken of er aan het IPR en MR wordt voldaan, wordt in onderstaand tabel gekeken hoeveel passages er nodig zijn om het IPR te overschrijven (per jaar en per dag) en hoeveel passanten er per jaar de windturbines moeten passeren om het MR te overschrijven.

Alternatief	Trefkans passant (IPR)	Passages per jaar (IPR)	Passages per dag (IPR)	Aantal passanten (MR)
Inrichting Repowering deel	$8,90 \cdot 10^{-12}$	112.359	307	224.719.101
Inrichting uitbreidingsdeel	$1,98 \cdot 10^{-12}$	505.050	1383	1.010.101.010
Gezamenlijk	$1,09 \cdot 10^{-11}$	91.743	251	183.486.238

Gelet op de aard van de weg is het niet realistisch dat het IPR en MR wordt overschreden.

6.6.2 Vaarwegen

Voor alle alternatieven, de referentiesituatie en het voorkeursalternatief geldt dat er niet wordt voldaan aan de 'nieuwe' adviesafstand van Rijkswaterstaat (wiel-lengte + 30 meter).

Voor het Voorkeursalternatief is de risicotoename berekend. Hieruit blijkt dat voor de CEMT klassen 4 en 5 de risicotoename hoger is dan 10%. Hierdoor moet in overleg met het bevoegd gezag bepaalt worden of de plaatsing van windturbines niet tot belemmeringen leiden.

Tevens is voor het VKA het individuele passanten risico en het maatschappelijk risico berekend.

De trefkans als gevolg van een falende windturbine is:

Trefkans passant	
Inrichting Repowering deel	$2,82 \cdot 10^{-11}$
Inrichting uitbreidingsdeel	$6,27 \cdot 10^{-12}$
Gezamenlijk	$3,45 \cdot 10^{-11}$

Om te onderzoeken of er aan het IPR en MR wordt voldaan, wordt in onderstaand tabel gekeken hoeveel passages er nodig zijn om het IPR te overschrijven (per jaar en per dag) en hoeveel passanten er per jaar de windturbines moeten passeren om het MR te overschrijven.

	Trefkans passant (IPR)	Passages per jaar (IPR)	Passages per dag (IPR)	Aantal passanten (MR)
Inrichting Repowering deel	$2,82 \cdot 10^{-11}$	35.442	97	70.884.281
Inrichting uitbreidingsdeel	$6,27 \cdot 10^{-12}$	159.486	436	318.979.255
Gezamenlijk	$3,45 \cdot 10^{-11}$	28.998	79	57.996.230

Gelet op de aard van de vaarweg is het niet realistisch dat het IPR en MR wordt overschreden.

6.6.3 Ijsafworp

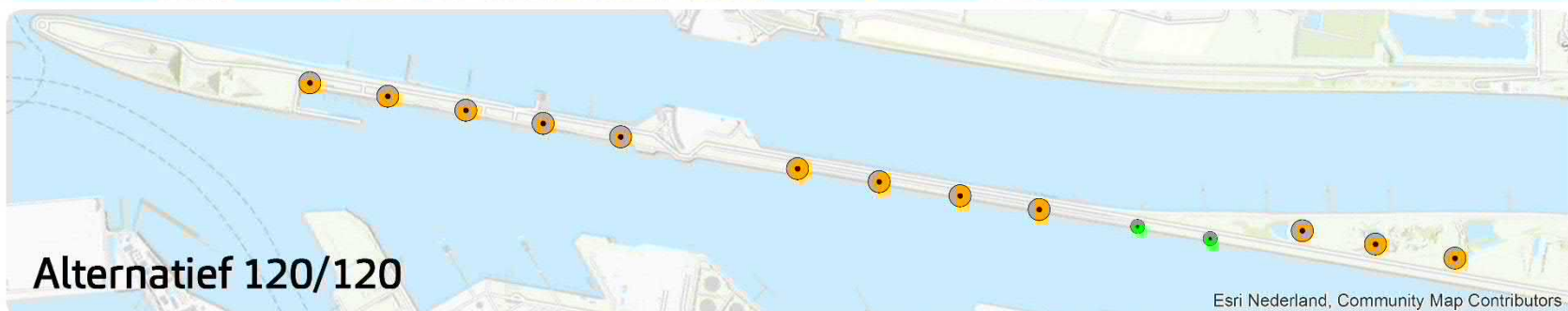
Voor het voorkeursalternatief geldt dat de afstand tot de dichtstbijzijnde weg ongeveer 7 meter is terwijl de afstand tot de dichtstbijzijnde vaarweg 66 meter is. Om de risico's te minimaliseren is het advies om de windturbines parallel aan de weg en de vaarweg te positioneren zodat het risico van ijsafworp geminimaliseerd wordt.

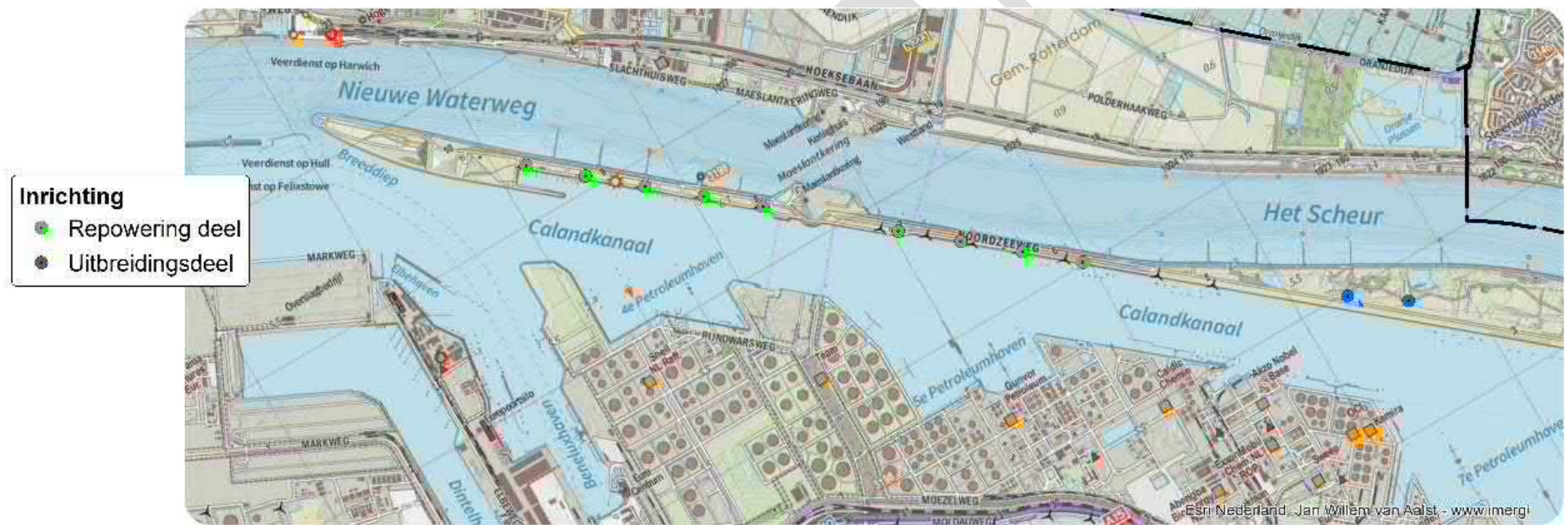
Hoofdstuk 7 Bijlagen

Bijlage A Inrichtingsalternatieven

In onderstaande figuren worden de alternatieven en het voorkeursalternatief weergegeven. Tevens is een tabel opgenomen met de coördinaten.

CONCEPT





Alternatief	X	Y
120	69180,7	442335,4
120	69477,9	442088
120	69773,3	441838,4
120	70068,8	441594,3
120	70364,5	441347,7
120	71036,9	440780
120	71351,03	440523,7
120	71659,9	440266,8
120	71961	440015,3
120	73025,26	439281,1
120	73302,19	439045,3
120	73605,49	438790,6
100	69174,58	442340,4
100	73555,56	438682,8
100	73243,35	438944,2
100	72934,06	439201,6
100	72033,15	439957
100	71730,2	440211,3
100	71436,78	440456,3
100	71120,07	440720,3
100	70832,47	440961,1
100	70405,69	441319,6
100	70099,83	441573,4
100	69783,39	441831,3
100	69477,27	442092,7
140	69175,38	442331,1
140	69717,77	441881,3
140	70286,63	441418,3
140	70873,74	440926,9
140	71450,8	440445,9
140	71985,26	439997,4
140	72997,56	439149,2
140	73553,18	438684
VKA	69180,7	442335,4
VKA	69477,9	442088
VKA	69773,3	441838,4
VKA	70068,8	441594,3
VKA	70364,5	441347,7
VKA	71036,9	440780
VKA	71351,03	440523,7
VKA	71659,9	440266,8
VKA	71961	440015,3
VKA	73323,46	438980
VKA	73644,63	438758,8

Ref. Sit	69158	442346
Ref. Sit	71867	440086
Ref. Sit	69458	442094
Ref. Sit	69757	441845
Ref. Sit	70061	441601
Ref. Sit	70344	441358
Ref. Sit	70949	440843
Ref. Sit	71184	440658
Ref. Sit	71415	440466
Ref. Sit	71646	440273
Blijvende WTb	72616	439471
Blijvende WTb	72339	439701

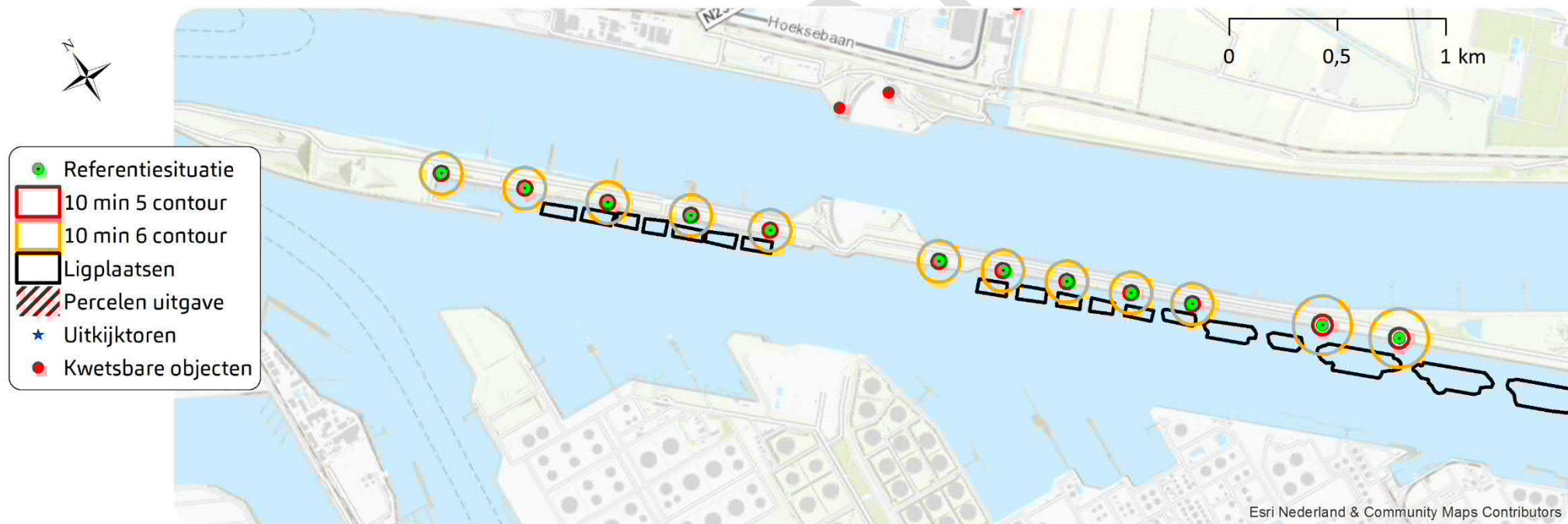
CONCEPT

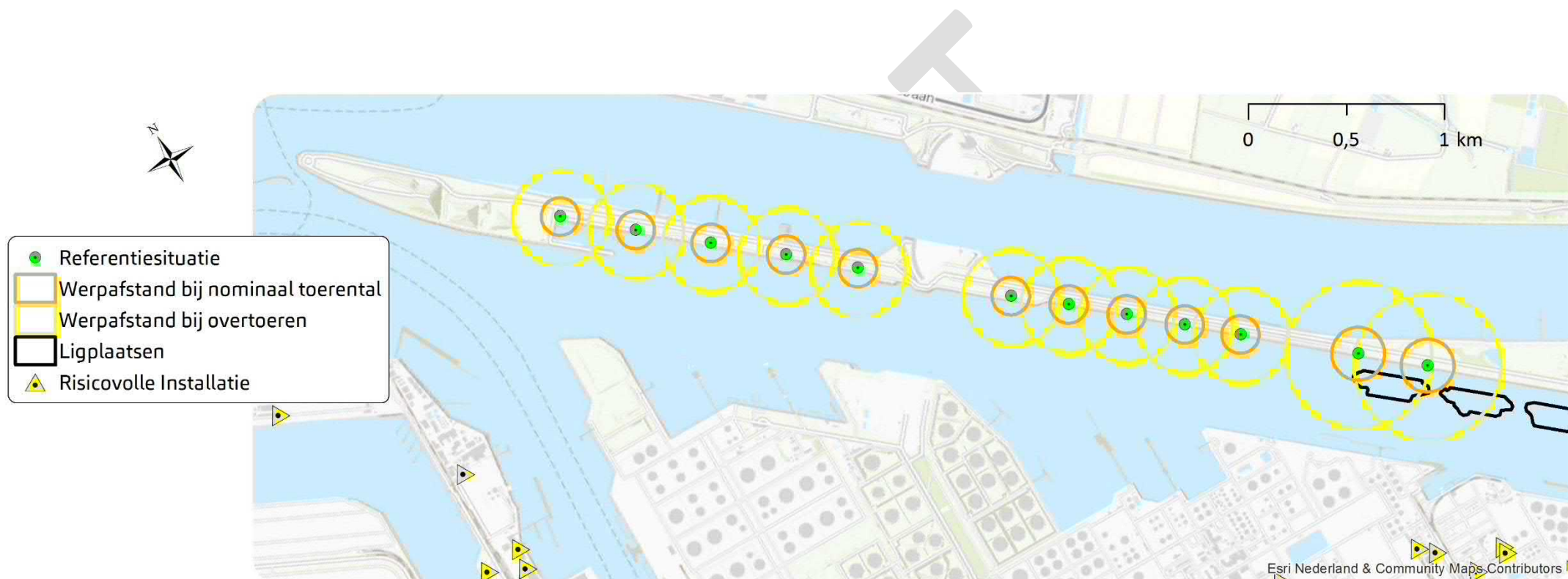


Bijlage B Risicocontouren en werpafstanden

CONCEPT





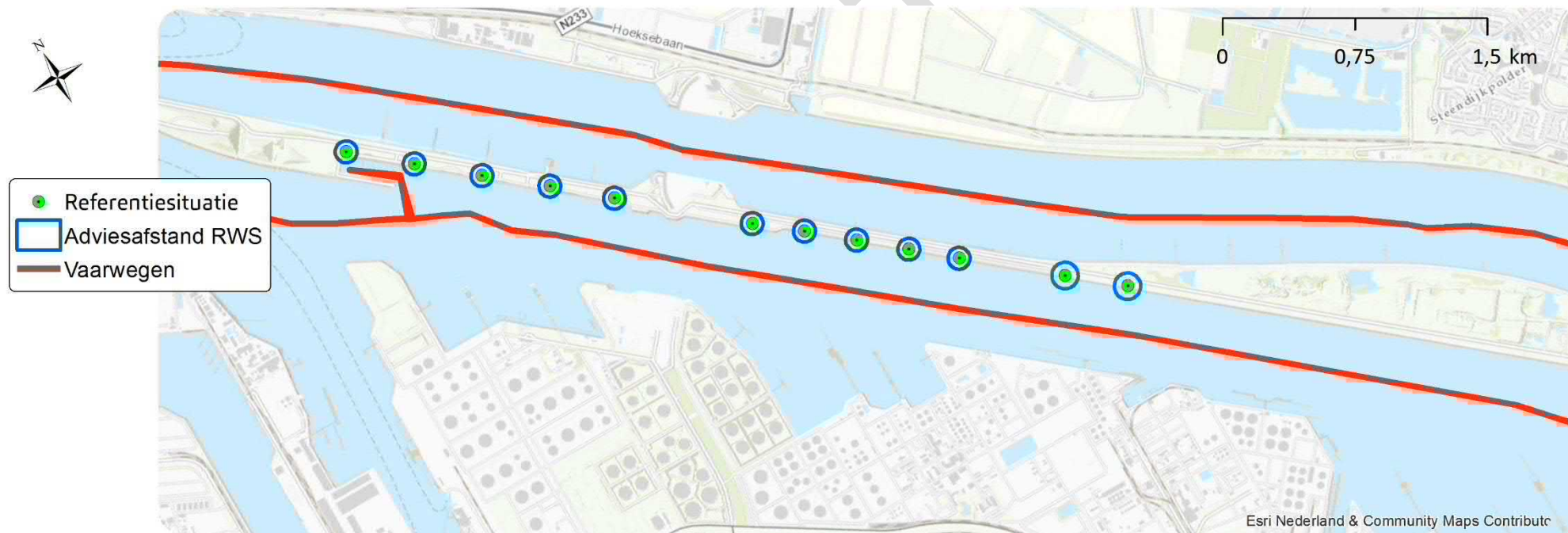


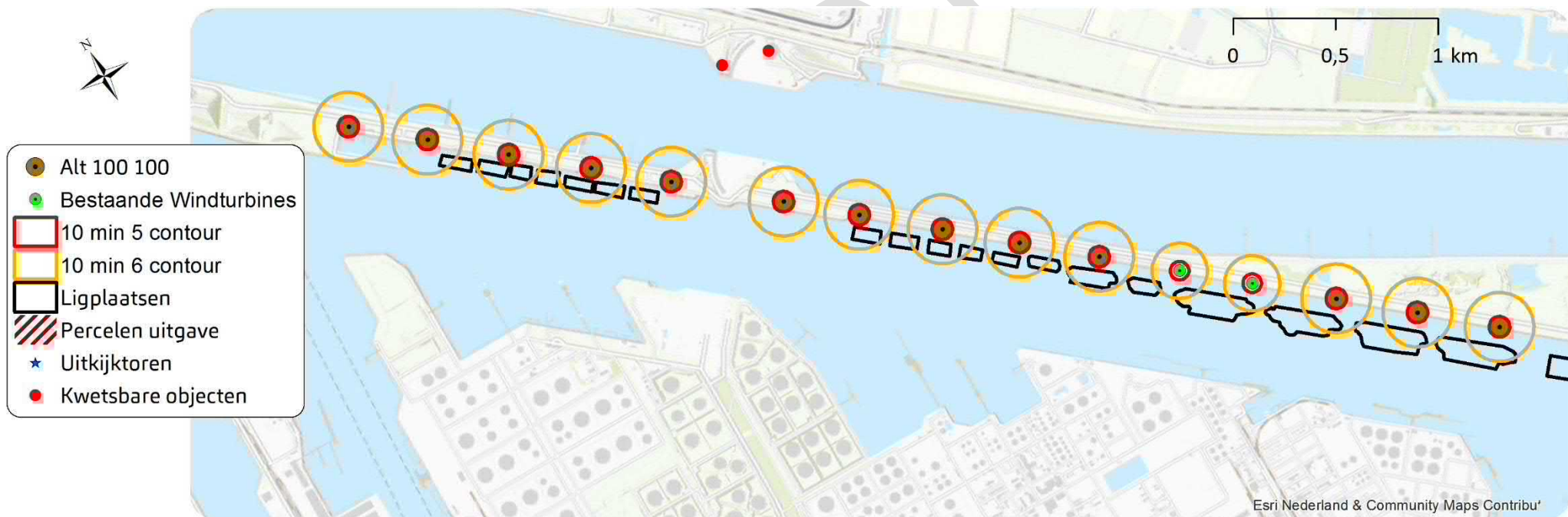
















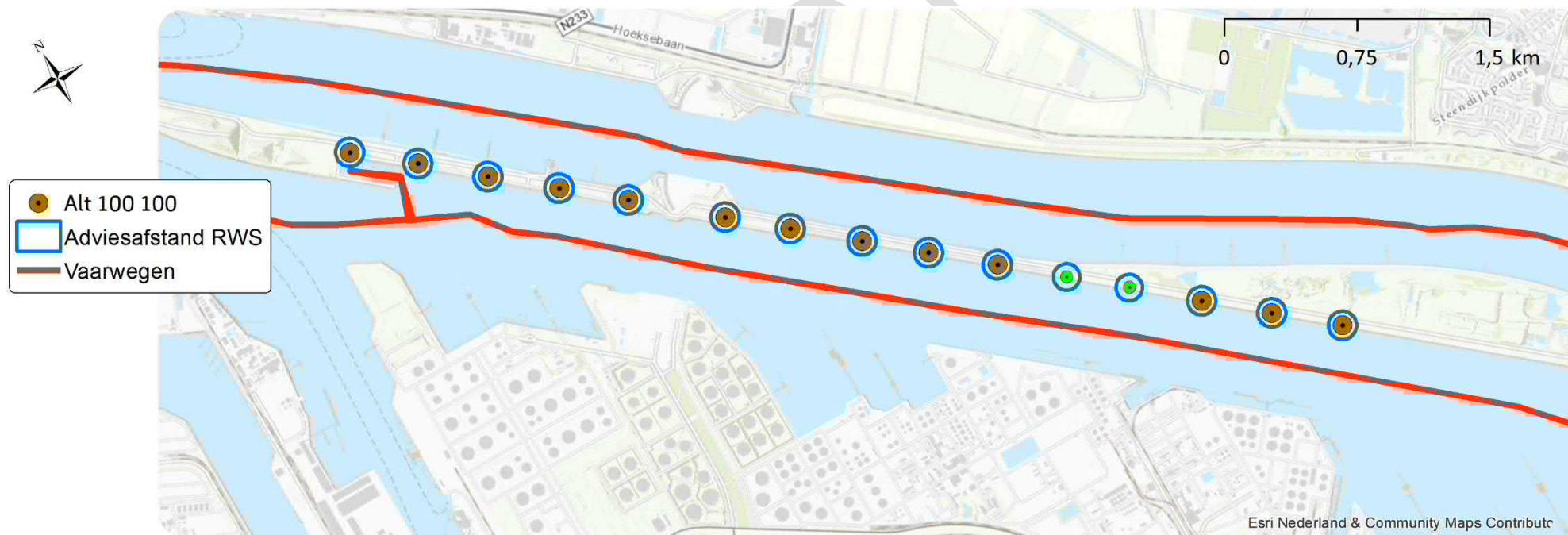


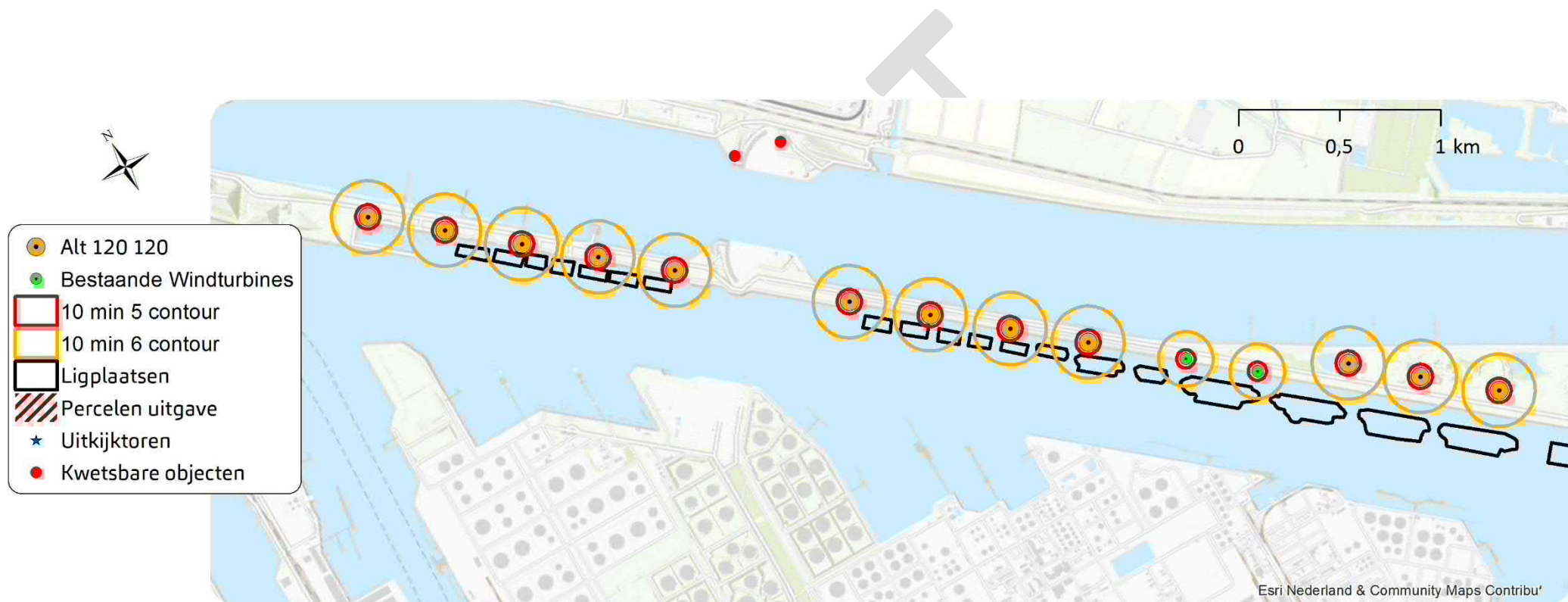




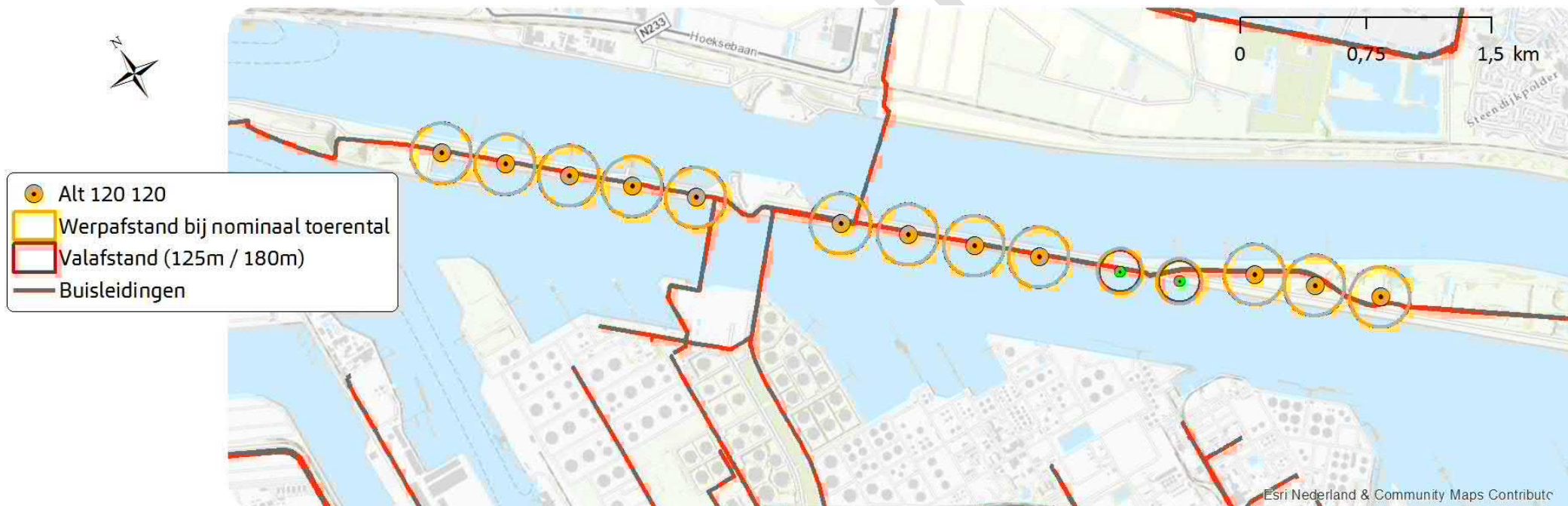
- Alt 100 100
- Wieklengthe
- Wegen









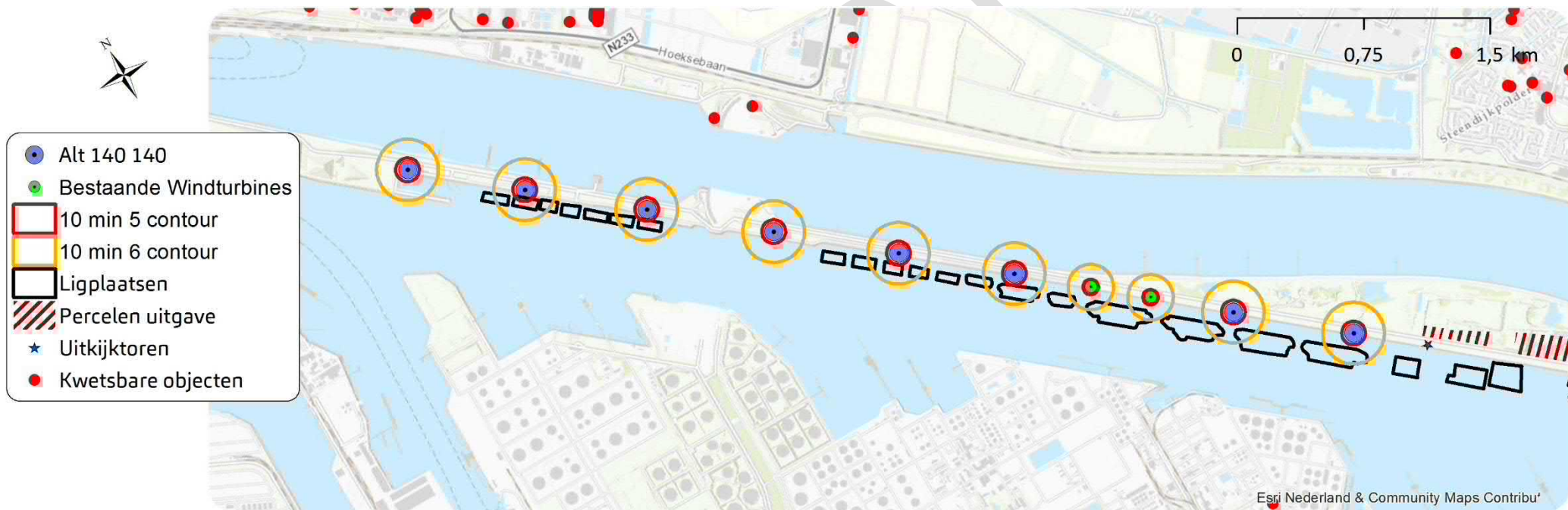


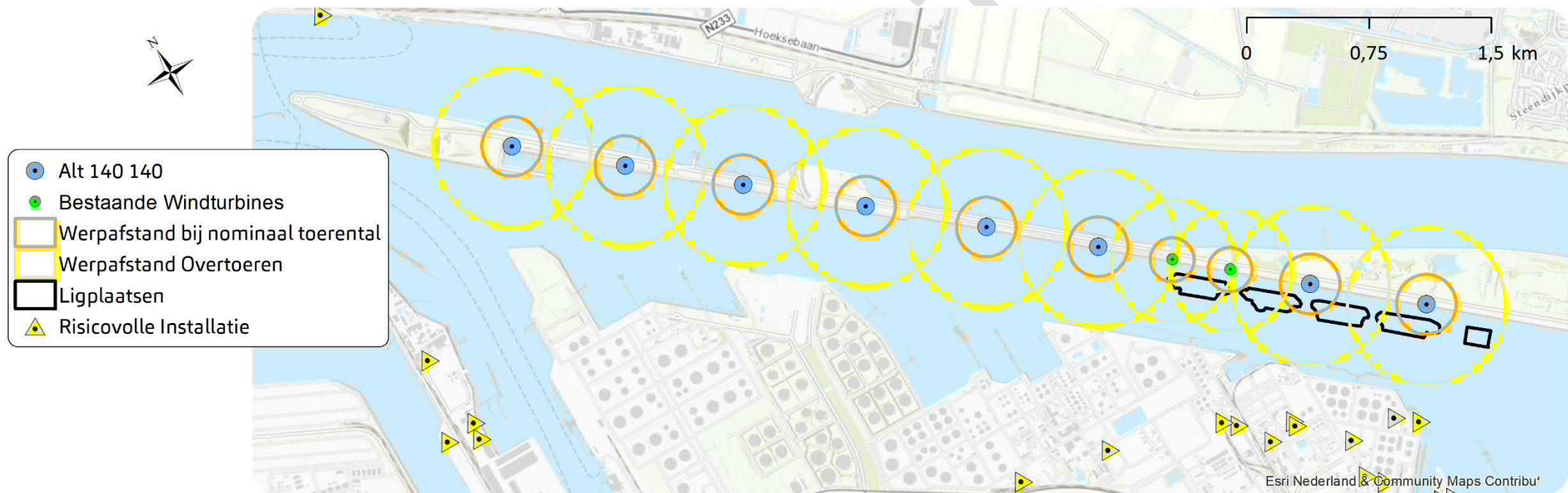


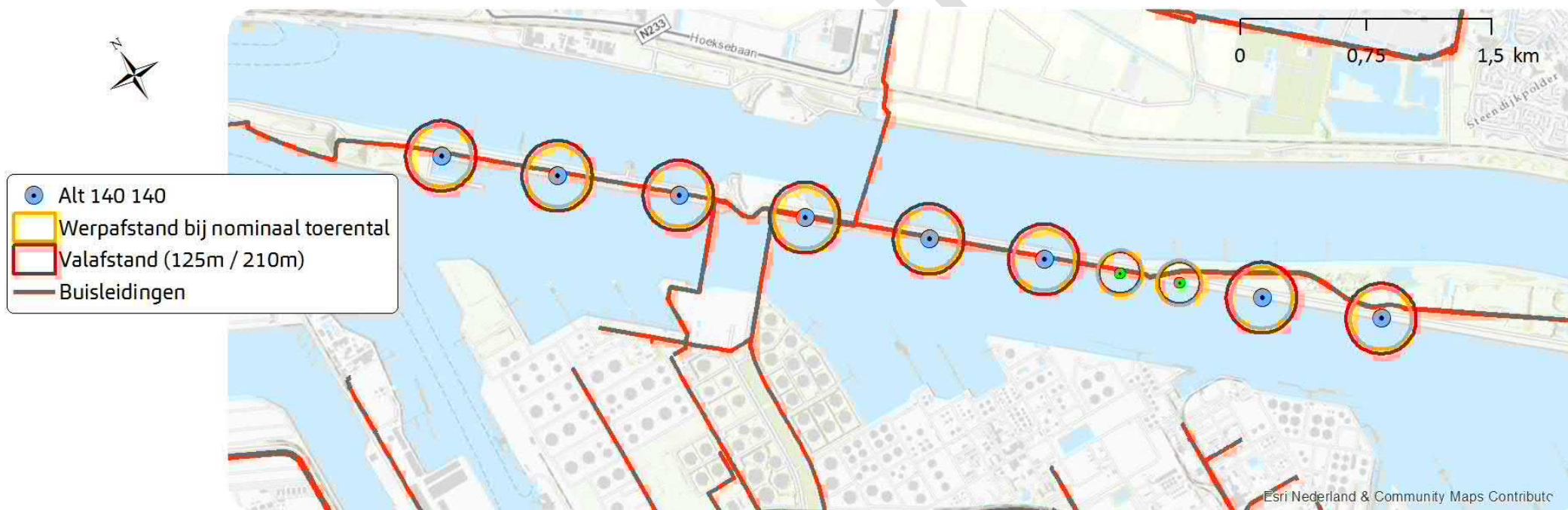


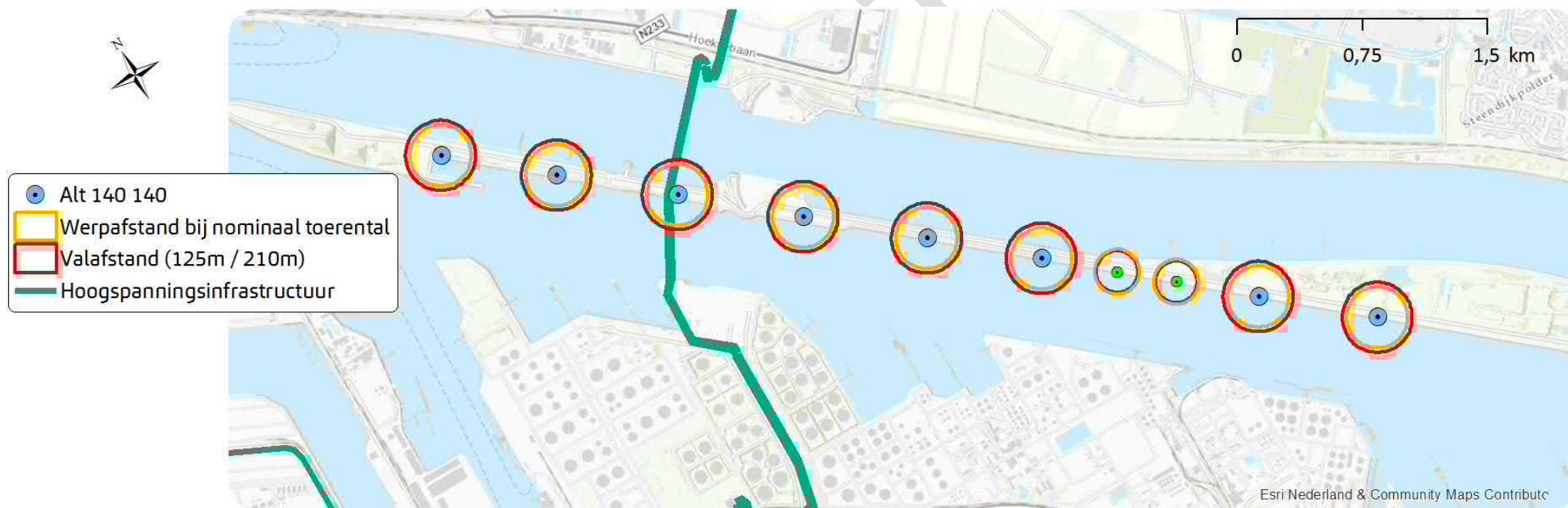


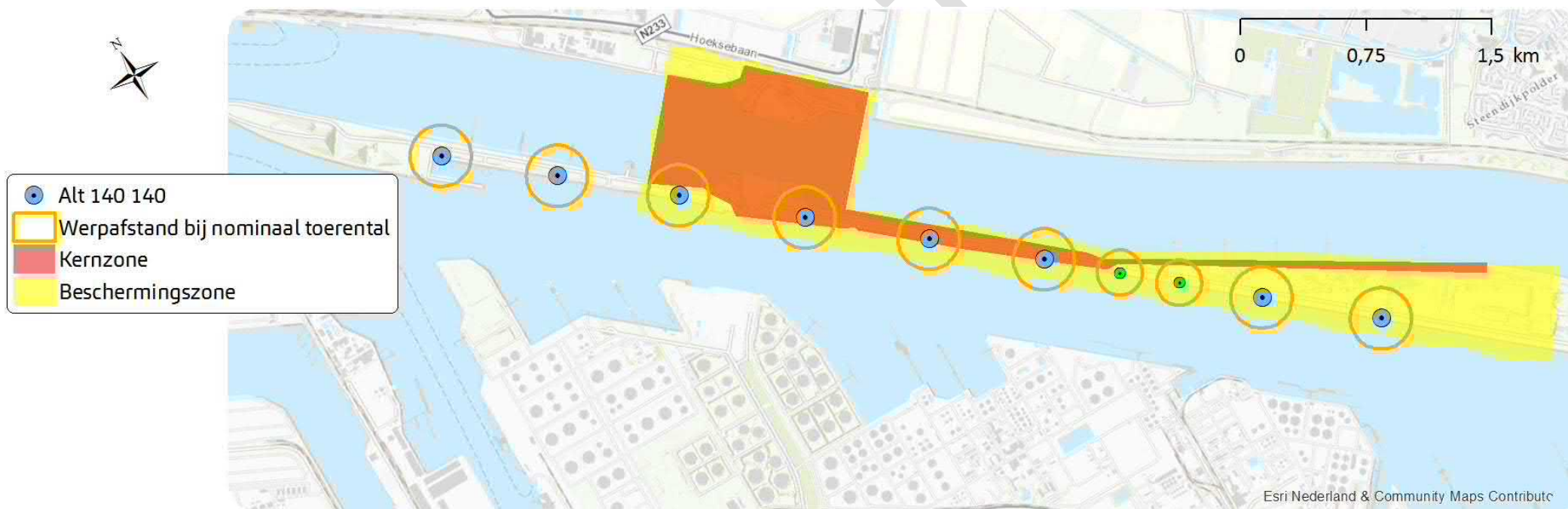






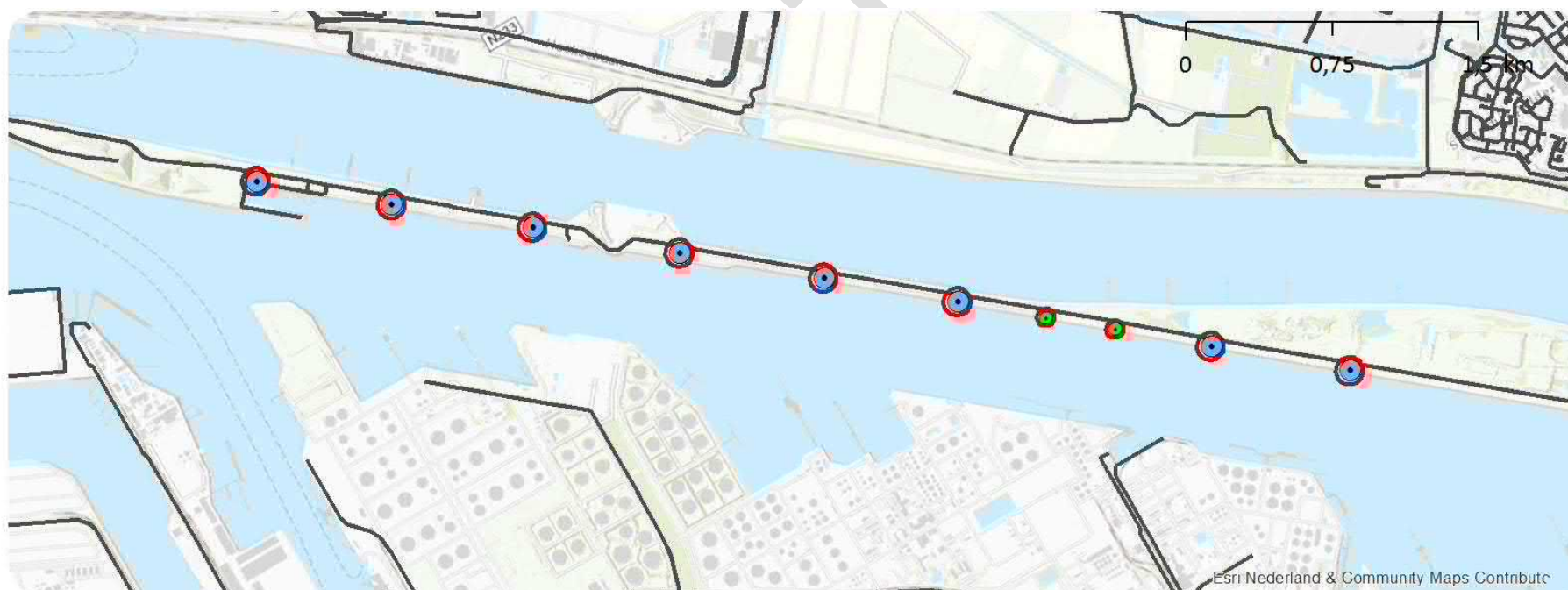


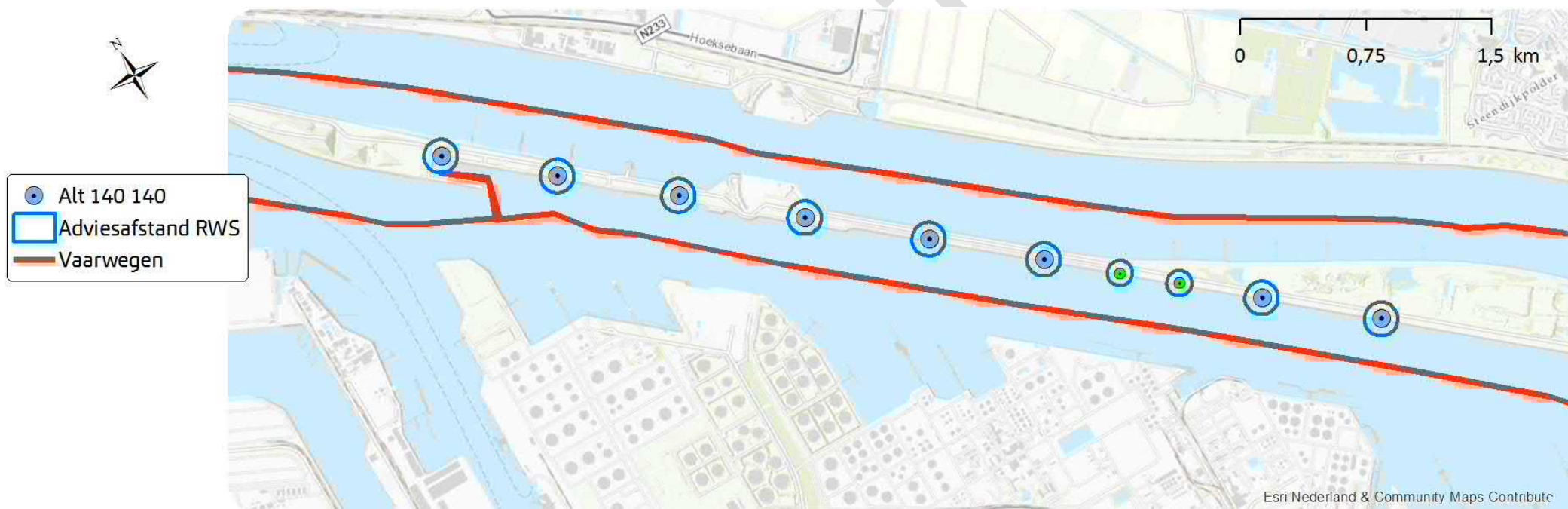


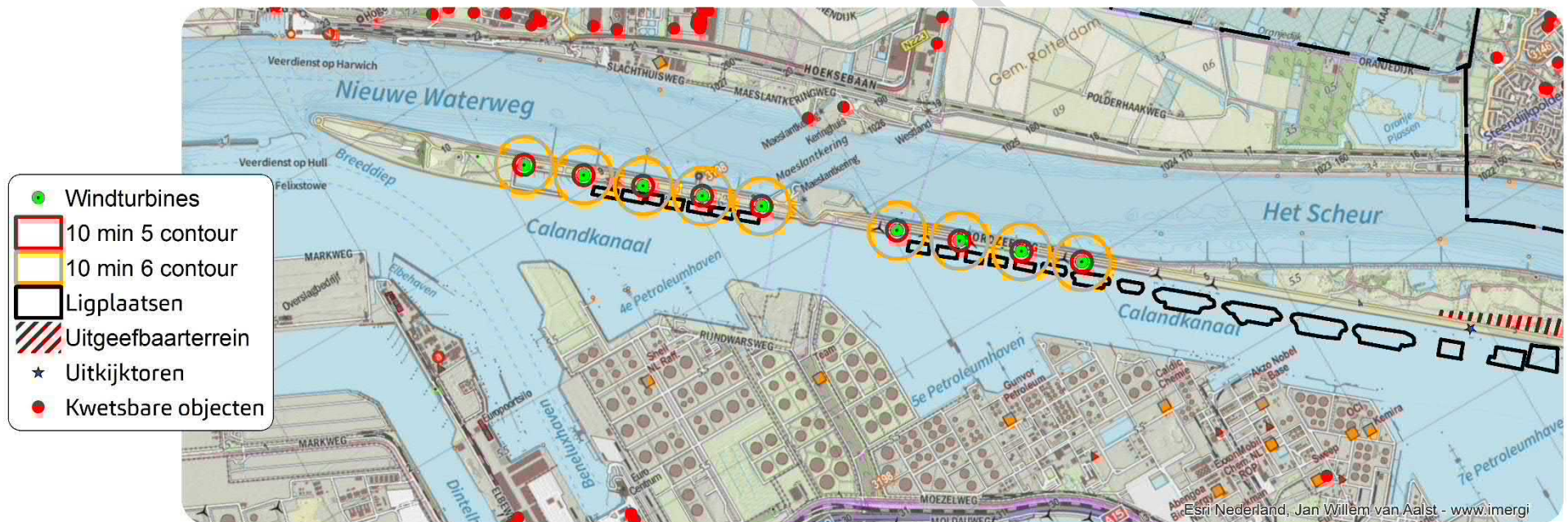


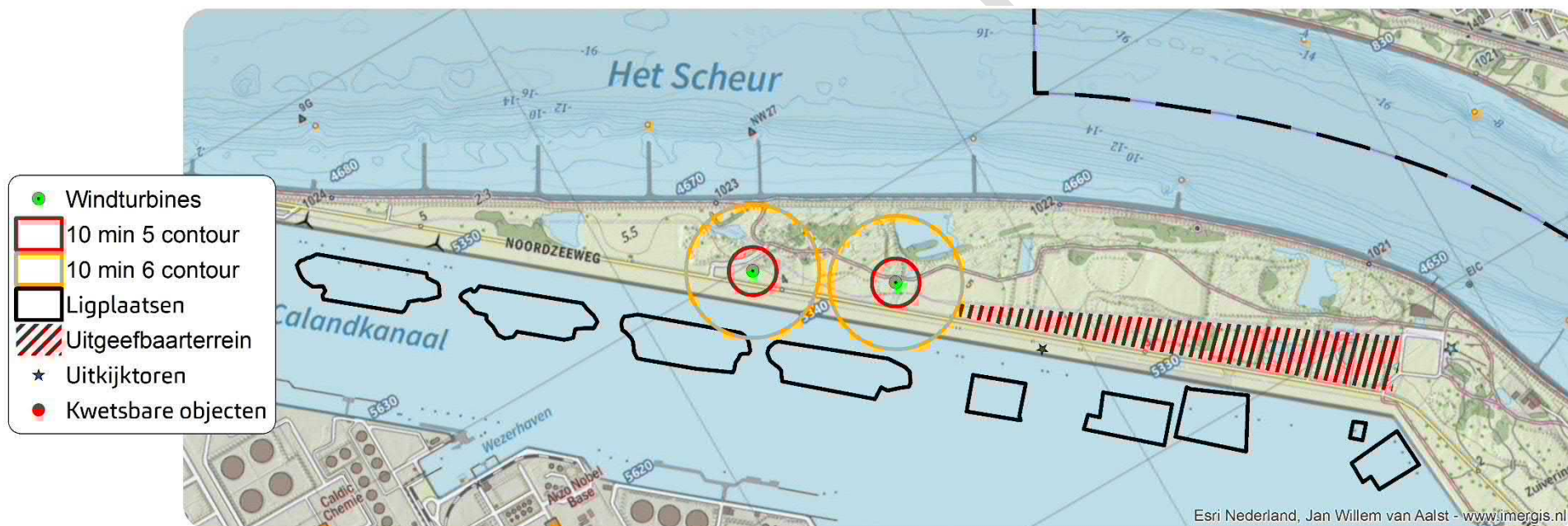


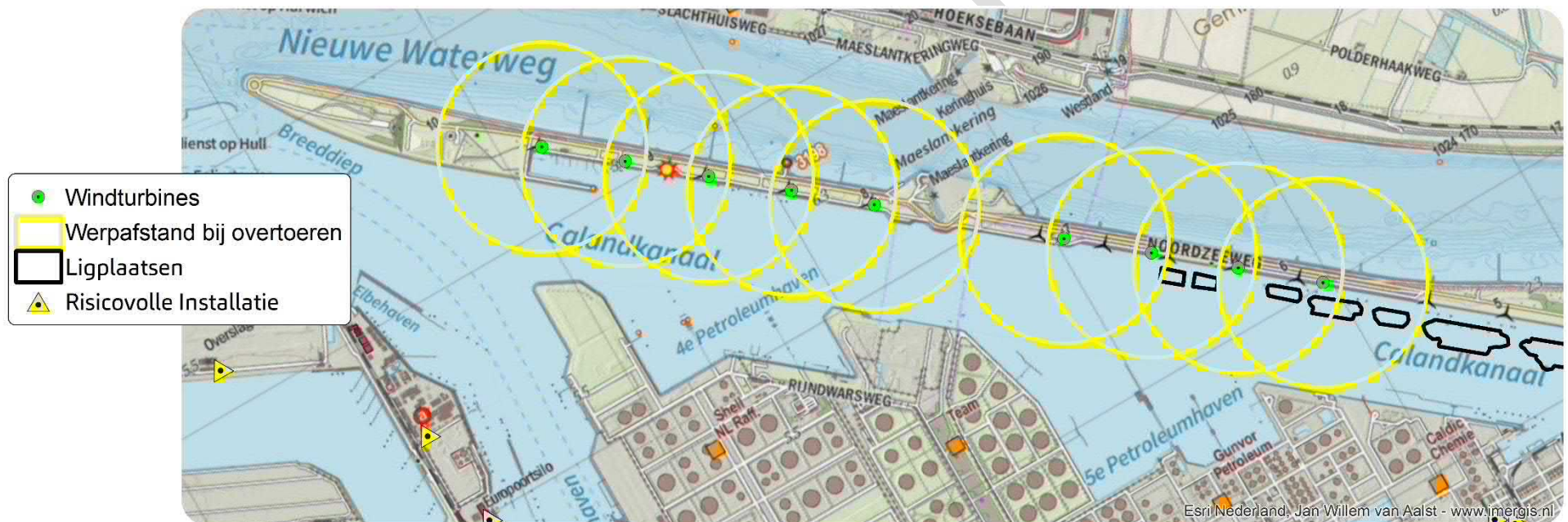
- Alt 140 140
- Wieklengthe
- Wegen



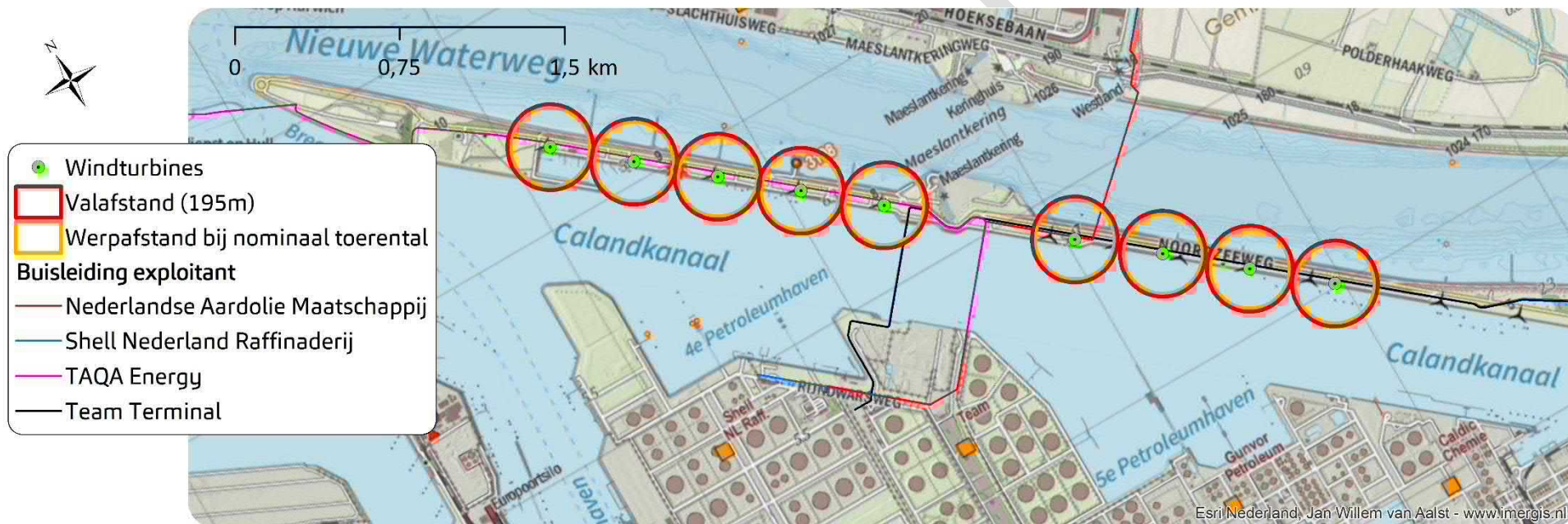


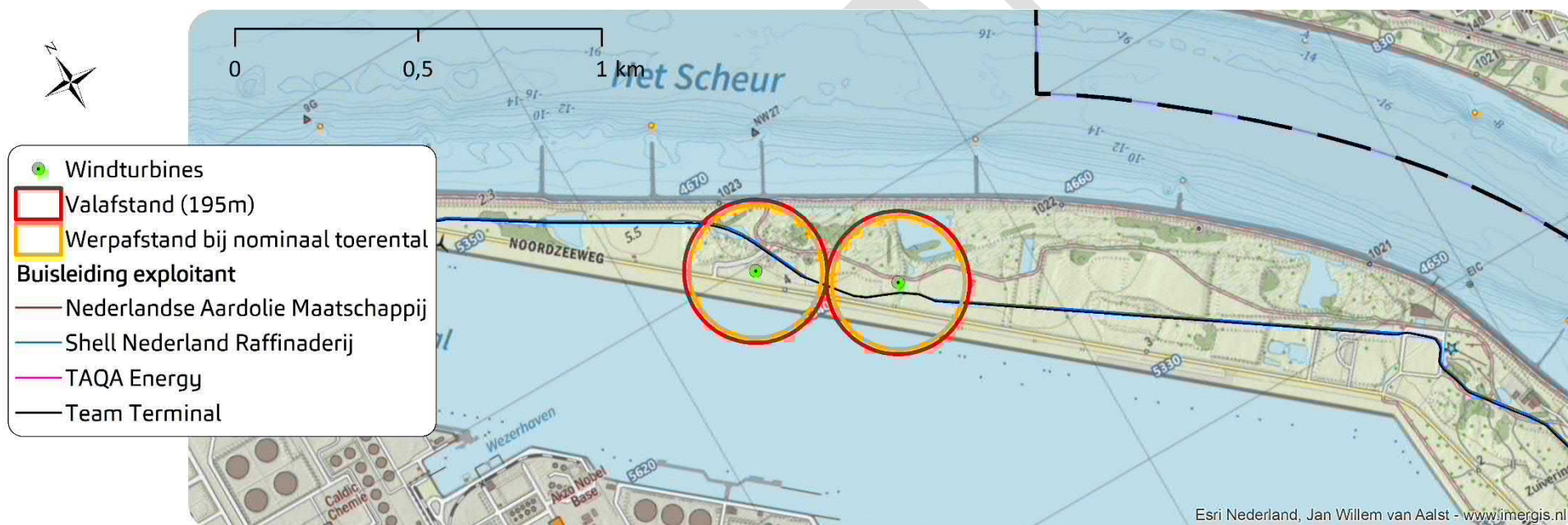


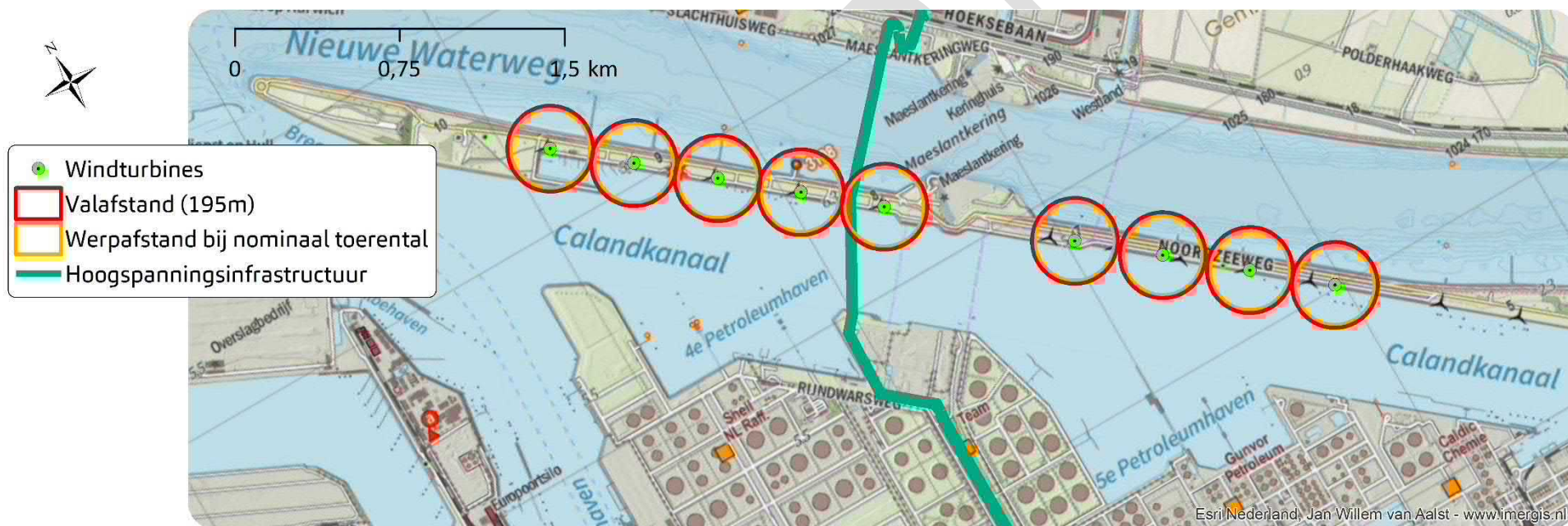


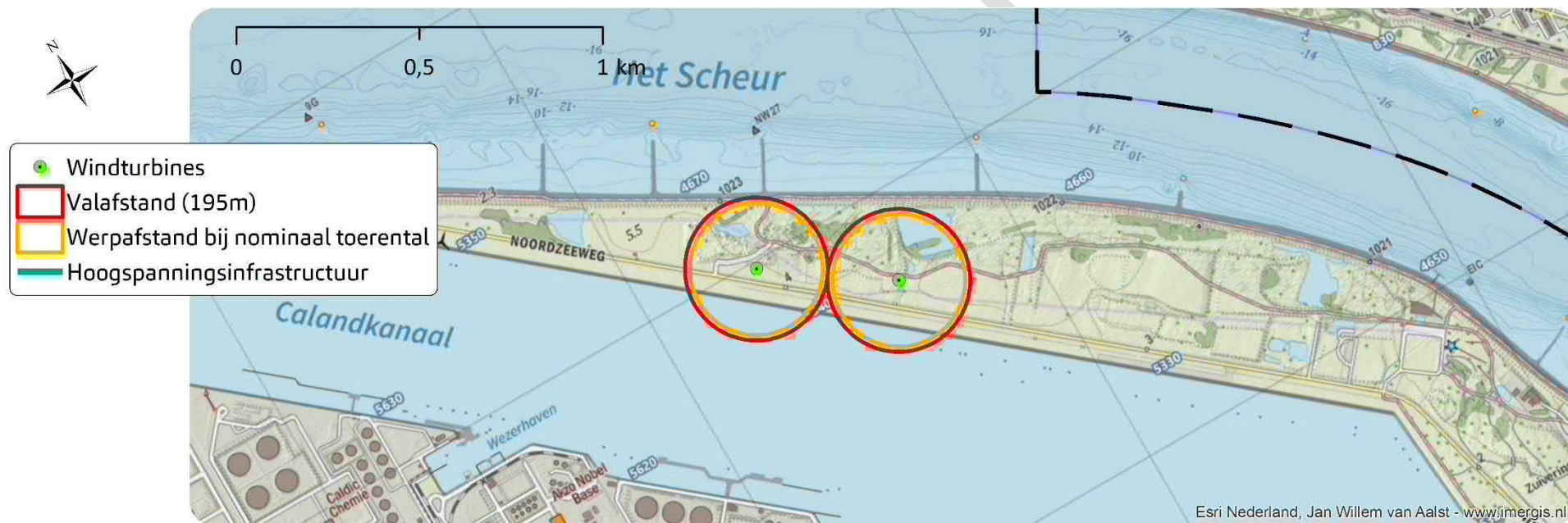


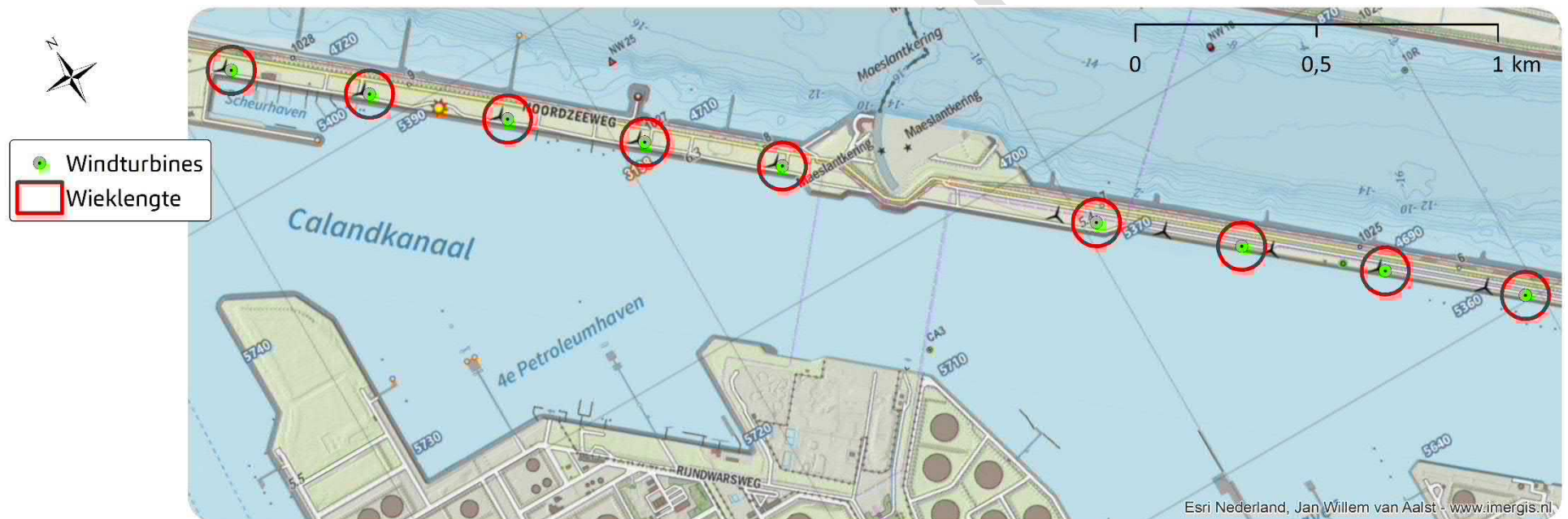




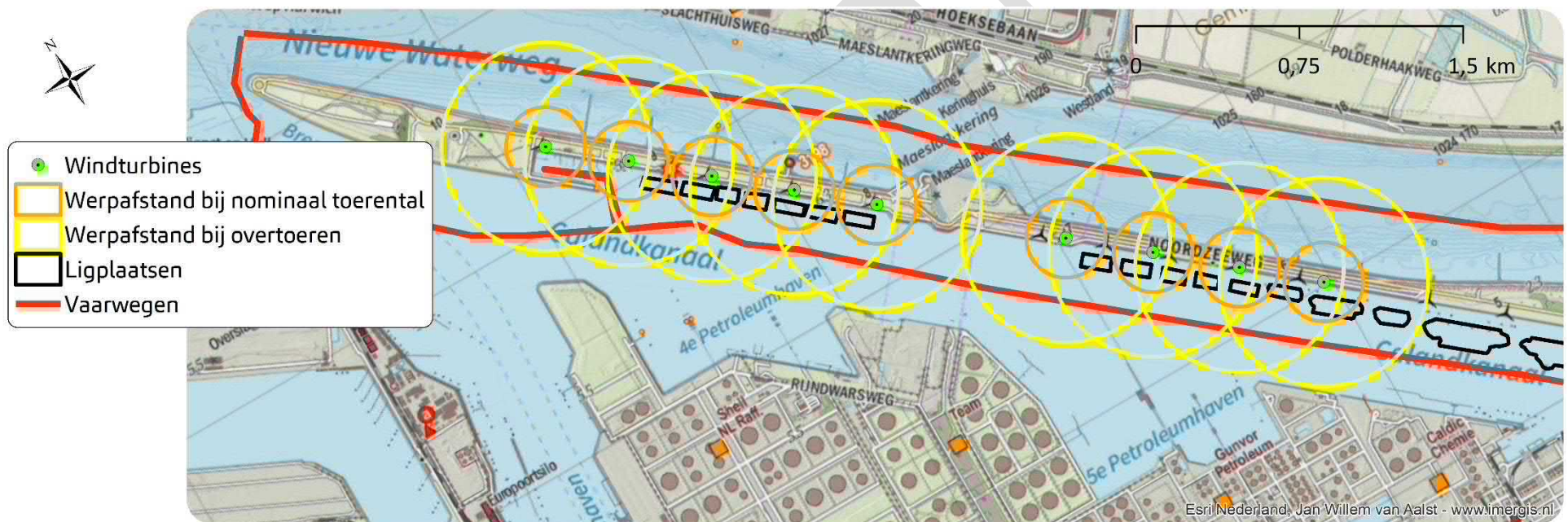


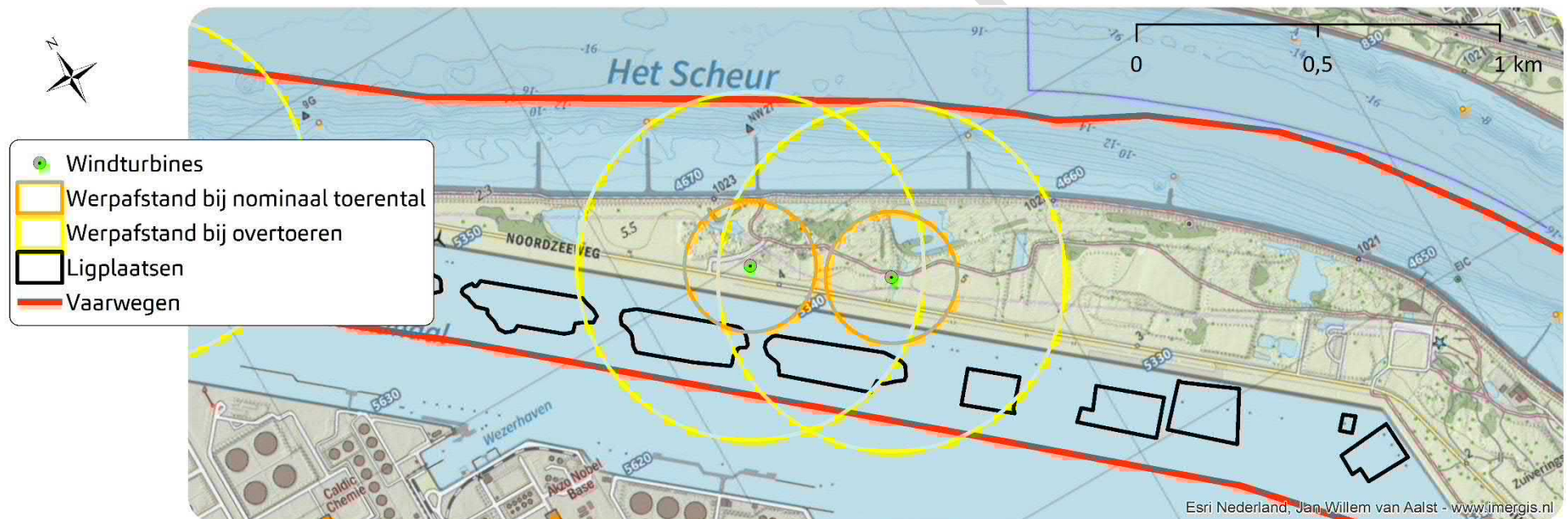












Bijlage C Berekening werpafstand

2.1 Ballistisch model zonder luchtkrachten

2.1.1 Bewegingsvergelijking

Dit model is in principe het klassieke kogelbaanmodel, waarbij de luchtkrachten op het blad worden verwaarloosd. De relevante parameters voor dit ballistisch model zijn:

H : hoogte rotoras [m]

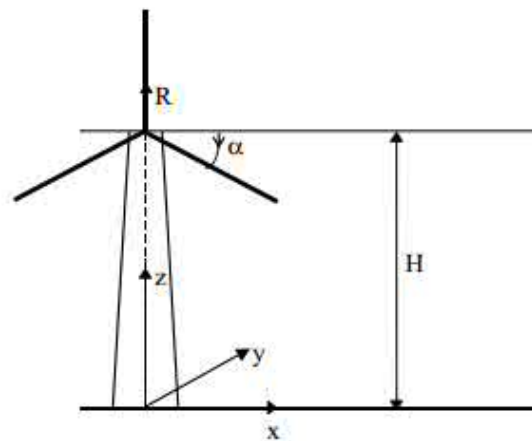
Ω : toerental van de rotor [rad/s]

R_z : afstand tot het rotor centrum van het zwaartepunt van wegvliegende deel [m]

α : azimuthhoek [rad]

g : valversnelling ($= 9,81 \text{ m/s}^2$).

Het gehanteerde assenstelsel en de draairichting wordt aangegeven in Figuur 1.



Figuur 1: Overzicht parameters in ballistisch model

De bewegingsvergelijking voor het zwaartepunt is nu

$$\ddot{x}(t) = 0, \quad \ddot{y}(t) = 0, \quad \ddot{z}(t) = -g \quad (2.1.1)$$

Met de beginvoorwaarden

$$\begin{aligned} x(0) &= R_z \cos \alpha, & y(0) &= 0, & z(0) &= H - R_z \sin \alpha, \\ \dot{x}(0) &= -\Omega R_z \sin \alpha, & \dot{y}(0) &= 0, & \dot{z}(0) &= -\Omega R_z \cos \alpha, \end{aligned} \quad (2.1.2)$$

is de positie van een wegvliegende deel op tijdstip t is gegeven door:

$$\begin{aligned} x(t) &= R_z \cos \alpha - \Omega R_z t \sin \alpha \\ y(t) &= 0 \\ z(t) &= H - R_z \sin \alpha - \Omega R_z t \cos \alpha - \frac{gt^2}{2} \end{aligned} \quad (2.1.3)$$

Het tijdstip waarop het zwaartepunt de grond raakt volgt uit $z(t_i) = 0$ en wordt gegeven door

$$t_i = -\frac{\Omega R_z \cos \alpha}{g} + \sqrt{\frac{2}{g} \left(H - R_z \sin \alpha + \frac{\Omega^2 R_z^2 \cos^2 \alpha}{2g} \right)} \quad (2.1.4)$$

Substitutie van (2.1.4) in (2.1.3) geeft voor een bepaald toerental de afgelegde afstand, r , als functie van de azimuthhoek ten tijde van bladbreuk, ofwel

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} = x = h(\alpha; \Omega) \quad (2.1.5)$$

2.1.2 Verdelingsfuncties

De kansverdelingsfunctie f_{ZWP} geeft de kans per m^2 dat het zwaartepunt op een bepaalde plek terecht komt gegeven bladbreuk. Bij het onderhavige model worden de luchtkrachten niet meegenomen, zodat alleen het toerental en de azimuthhoek als stochastische grootheden overblijven. Tevens geldt dat f_{ZWP} alleen afhankelijk is van de afstand tot de windturbine. De kans dat het zwaartepunt van het blad in een cirkelschijf met breedte dr op een afstand r van de turbine terecht komt, is gegeven door

$$\begin{aligned} f_R(r; \Omega) dr &= P\{r < R < r + dr\} \\ &= P\{h^{-1}(r; \Omega) < \alpha < h^{-1}(r + dr; \Omega)\} \\ &= F_A(h^{-1}(r + dr; \Omega)) - F_A(h^{-1}(r; \Omega)) \end{aligned} \quad (2.1.6)$$

waarbij F_A de cumulatieve verdelingsfunctie is van de azimuthhoek waarbij bladbreuk optreedt. Met de aanname dat de azimuthhoek waarbij het blad afbreekt uniform is verdeeld, ofwel

$$f_A(\alpha) = \frac{d}{d\alpha} F_A(\alpha) = \frac{1}{2\pi}, \quad 0 \leq \alpha < 2\pi \quad (2.1.7)$$

geldt nu

$$f_R(r; \Omega) = \frac{1}{2\pi} \frac{d}{dr} h^{-1}(r; \Omega) \quad (2.1.8)$$

Opm: Om de gevolgde aanpak te demonstreren is bij bovenstaande afleiding verondersteld dat de functie $h(\alpha; \Omega)$ inverteerbaar is. In het geval van bladbreuk zal dit niet zo zijn, want in het algemeen zal het zwaartepunt vanuit twee verschillende azimuthhoeken op een bepaalde plek terecht kunnen komen, via de hoge baan of via de lage baan. Bij de numerieke uitwerking zal hiermee rekening moeten worden gehouden.

De kansverdelingsfunctie van de positie waar het zwaartepunt van het blad zal inslaan is nu

$$f_{ZWP}(x, y; \Omega) = f_{ZWP}(r; \Omega) = \frac{1}{2\pi} f_R(r; \Omega) \quad (2.1.9)$$

Bijlage D Shortlist Windturbinetypes

	Merk	Type	Ashoogte	Rotordiameter	10 min 5	10 min 6	Werpafstand	
			m	m	m	m	Nominaal (m)	Overtoeeren (m)
	Enercon	E101	99	101	50,5	148	148	399
	Lagerwey	L100	100	100	50	153	153	415
	Nordex	N100-3.3	100	99,8	49,9	144	144	386
	Senvion	M100	100	100	50	139	139	367
	Siemens	SWT101	99,5	101	50,5	168	168	468
	Vestas	V100	100	100	50	152	152	410
	GE	G2.75-120	120	120	60	145	142	358
	Nordex	N117	120	117	58,5	142	137	361
	Senvion	M122	119	122	61	148	114	273
	Siemens	SWT2.5-120	120	120	60	174	174	464
	Siemens	SWT4.0_120	120	120	60	179	179	481
	Vestas	V117	116,5	117	58,5	168	168	448
	Enercon	E141	129	141	70,5	167	119	281
	Lagerwey	L136	132	136	68	162	138	340
	Senvion	M140	140	140	70	166	153	378
	Siemens	SWT3.3-130	140	130	65	186	186	486
	Vestas	V136	132	136	68	183	183	482

Bijlage E (beperkt) Kwetsbare objecten

Kwetsbare objecten

- a) woningen, woonschepen en woonwagens, niet zijnde woningen, woonschepen of woonwagens als bedoeld in onderdeel b, onder a;
- b) gebouwen bestemd voor het verblijf, al dan niet gedurende een gedeelte van de dag, van minderjarigen, ouderen, zieken of gehandicapten, zoals:
 - 1. ziekenhuizen, bejaardenhuizen en verpleeghuizen;
 - 2. scholen, of
 - 3. gebouwen of gedeelten daarvan, bestemd voor dagopvang van minderjarigen;
- c) gebouwen waarin doorgaans grote aantallen personen gedurende een groot gedeelte van de dag aanwezig zijn, waartoe in ieder geval behoren:
 - 1. kantoorgebouwen en hotels met een bruto vloeroppervlak van meer dan 1500 m² per object, of
 - 2. complexen waarin meer dan 5 winkels zijn gevestigd en waarvan het gezamenlijk bruto vloeroppervlak meer dan 1000 m² bedraagt en winkels met een totaal bruto vloeroppervlak van meer dan 2000 m² per winkel, voorzover in die complexen of in die winkels een supermarkt, hypermarkt of warenhuis is gevestigd, en
- d) kampeer- en andere recreatieterreinen bestemd voor het verblijf van meer dan 50 personen gedurende meerdere aaneengesloten dagen;

Beperkt kwetsbare objecten

- a) 1°.verspreid liggende woningen, woonschepen en woonwagens van derden met een dichtheid van maximaal twee woningen, woonschepen of woonwagens per hectare, en
2°.dienst- en bedrijfswoningen van derden;
- b) kantoorgebouwen, voorzover zij niet onder kwetsbare objecten, onder c, vallen;
- c) hotels en restaurants, voorzover zij niet kwetsbare objecten, onder c, vallen;
- d) winkels, voorzover zij niet onder kwetsbare objecten, onder c, vallen;
- e) sporthallen, sportterreinen, zwembaden en speeltuinen;
- f) kampeerterrainen en andere terreinen bestemd voor recreatieve doeleinden, voorzover zij niet onder kwetsbare objecten, onder d, vallen;
- g) bedrijfsgebouwen, voorzover zij niet onder kwetsbare objecten, onder c, vallen;
- h) objecten die met de onder a tot en met e en g genoemde gelijkgesteld kunnen worden uit hoofde van de gemiddelde tijd per dag gedurende welke personen daar verblijven, het aantal personen dat daarin doorgaans aanwezig is en de mogelijkheden voor zelfredzaamheid bij een ongeval, voorzover die objecten geen kwetsbare objecten zijn, en;
- i) objecten met een hoge infrastructurele waarde, zoals een telefoon- of elektriciteitscentrale of een gebouw met vluchtleiding apparatuur, voorzover die objecten wegens de aard van de gevaarlijke stoffen die bij een ongeval kunnen vrijkomen, bescherming verdienen tegen de gevolgen van dat ongeval;

CONCEPT



Bosch & van Rijn
experts in renewable energy

Groenmarktstraat 56
3521 AV Utrecht
www.boschenvanrijn.nl

