



## Challenging wind and waves

Linking hydrodynamic research to the maritime industry

### **EFFECTEN OP SCHEEPVAARTVEILIGHEID VOOR WINDENERGIEGEBIED HOLLANDSE KUST (NOORD)**

Veiligheidsstudie voor kavel V

Eindrapport

Rapport Nr. : 30450-1-MSCN-rev.2

Datum : 16 maart 2018

Paraaf Management:



# **EFFECTEN OP SCHEEPVAARTVEILIGHEID VOOR WINDENERGIEGEBIED HOLLANDSE KUST (NOORD)**

Veiligheidsstudie voor kavel V

Eindrapport

Opdrachtgever : Pondera Consult  
Welbergweg 49  
7556 PE HENGELO

<b>Revisienr.</b>	<b>Status</b>	<b>Datum</b>	<b>Auteur</b>	<b>Voor gezien</b>
0	Concept	19 februari 2018	M.I. Hermans	W.H. van Iperen, Y. Koldenhof
1	Definitief	5 maart 2018	M.I. Hermans	W.H. van Iperen, Y. Koldenhof
2	Definitief	16 maart 2018	M.I. Hermans	Y. Koldenhof

<b>INHOUDSOPGAVE</b>	<b>Pag.</b>
1 INLEIDING.....	1
2 DOELSTELLING .....	2
3 WERKWIJZE .....	3
3.1 SAMSON.....	3
3.2 Effect van het windpark.....	4
3.3 Modelinvoer en uitgangspunten .....	5
3.3.1 Verkeer.....	5
3.3.2 Gebruikte modellen .....	7
3.4 Gevolgschade .....	8
3.4.1 Schade aan windturbine en schip .....	8
3.4.2 Milieuschade .....	10
3.4.3 Bepalen van persoonlijk letsel .....	10
3.5 Effecten voor de scheepvaart als gevolg van een wijziging in de routestructuur .....	11
3.6 Cumulatieve effect .....	12
3.7 Kruisende scheepvaart .....	12
4 VERKEERSANALYSE EN MODELLERING.....	25
4.1 AIS analyse verkeersstromen .....	25
4.2 Routegebonden verkeersdatabase .....	33
5 RESULTATEN SAMSON BEREKENINGEN .....	37
5.1 Configuraties .....	37
5.2 Aanvaar-/ aandrijffrequenties windenergiegebied .....	37
5.3 Gevolgschade .....	39
5.3.1 Schade aan het schip.....	39
5.3.2 Schade aan de windturbines.....	40
5.3.3 Milieuschade .....	41
5.3.4 Persoonlijk letstel .....	42
5.4 Effecten en overige risico's voor de scheepvaart als gevolg van een wijziging in de routestructuur .....	42
5.4.1 Aantal aanwezige schepen .....	43
5.4.2 Veiligheid.....	43
5.4.3 Economisch effect.....	43
5.4.4 Emissies .....	43
5.4.5 Lokale effecten wijziging routestructuur.....	45
5.5 Het effect van het werkverkeer op het risico.....	47
5.6 Radardekking van de Nederlandse havens .....	47
5.7 Kruisende scheepvaart .....	48
5.7.1 Kruisend verkeer (niet-routegebonden met niet-routegebonden) aan de noordzijde van het windpark .....	48
5.7.2 Kruisend verkeer bij de corridor aan de westzijde van het windpark.....	52
6 MAATREGELEN .....	56
6.1 Gebruik van AIS .....	56
6.2 Inzet van een ETV (Emergency Towing Vessel) .....	57
7 CONCLUSIES .....	58
APPENDIX A1: RESULTATEN HOLLANDSE KUST (NOORD) KAVEL V VARIANT 8 MW .....	A1
APPENDIX A2: RESULTATEN HOLLANDSE KUST (NOORD) KAVEL V VARIANT 10 MW .....	A6

## OVERZICHT VAN TABELLEN EN FIGUREN

### Tabellen:

Tabel 3-1	Bezwijkvormen met de geschatte percentages van voorkomen en de schatting van de resulterende schade aan de turbine en het schip.....	9
Tabel 4-1	Overzicht van alle verkeersscenario's.....	35
Tabel 5-1	Configuratiegegevens varianten windenergiegebied Hollandse Kust (noord) kavel V....	37
Tabel 5-2	Verwacht aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar voor het windenergiegebied per variant.....	38
Tabel 5-3	Verwacht aantal aanvaringen/aandrijvingen gemiddeld per turbine voor de kavels per variant.....	39
Tabel 5-4	Aandeel in de totale aanvarings- of aandrijvingsfrequentie per variant, per scheepstype en soort schade.....	40
Tabel 5-5	Aandeel in de totale aanvarings- of aandrijvingsfrequentie per variant en type schade aan de turbine.....	40
Tabel 5-6	Uitstroombrequentie en hoeveelheid van bunkerolie en ladingolie.....	41
Tabel 5-7	Frequentie van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aandrijving van een windturbine.....	42
Tabel 5-8	Scoretabel voor de effecten van de aanwezigheid van windparken in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) op de scheepvaart binnen de EEZ.....	44
Tabel 5-9	Scoretabel voor de effecten van de aanwezigheid windparken in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) op de scheepvaart binnen een lokaal gebied (zie Figuur 5-1).....	46
Tabel A1-1	Locatie, aanvaar- en aandrijfkansen turbines kavel V variant 8 MW voor verkeer >24m.....	A1
Tabel A1-2	Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor kavel V variant 8 MW.....	A3
Tabel A1-3	Kans op een bepaalde schade soort veroorzaakt door de verschillende scheepstypen.....	A3
Tabel A1-4	Schade aan het totale windpark in kavel V variant 8 MW.....	A3
Tabel A1-5	Verdeling aanvaar- en aandrijfkansen over de scheepstypen en energieklassen voor alle windturbines in kavel V variant 8 MW.....	A4
Tabel A1-6	Frequentie en volume van een uitstroom van bunkerolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine.....	A4
Tabel A1-7	Frequentie en volume van een uitstroom van ladingolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine.....	A5
Tabel A1-8	Uitstroom van ladingolie en bunkerolie als gevolg van een aandrijving met een windturbine.....	A5
Tabel A1-9	Frequentie van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aandrijving van een windturbine.....	A5
Tabel A1-10	Overlijdensrisico bij aanvaren en aandrijven van een windturbine waarbij de mast met gondel op het schip valt.....	A5
Tabel A2-1	Locatie, aanvaar- en aandrijfkansen turbines kavel V variant 10 MW voor verkeer >24m.....	A6
Tabel A2-2	Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor kavel V variant 10 MW.....	A8
Tabel A2-3	Kans op een bepaalde schade soort veroorzaakt door de verschillende scheepstypen.....	A8
Tabel A2-4	Schade aan het totale windpark kavel V variant 10 MW.....	A8
Tabel A2-5	Verdeling aanvaar- en aandrijfkansen over de scheepstypen en energieklassen voor kavel V variant 10 MW.....	A9
Tabel A2-6	Frequentie en volume van een uitstroom van bunkerolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine.....	A9
Tabel A2-7	Frequentie en volume van een uitstroom van ladingolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine.....	A10
Tabel A2-8	Uitstroom van ladingolie en bunkerolie als gevolg van een aandrijving met een windturbine.....	A10



Tabel A2-9	Frequentie van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aandrijving van een windturbine.....	A10
Tabel A2-10	Overlijdensrisico bij aanvaren en aandrijven van een windturbine waarbij de mast met gondel op het schip valt.....	A10

### Figuren:

Figuur 3-1	Systeendiagram SAMSON .....	4
Figuur 3-2	Figuren van de verschillende bezwijkvormen. ....	8
Figuur 3-3	Windpark gezien vanaf het eigen schip.....	14
Figuur 3-4	Windpark gezien vanaf het schip met een klein schip in het buitenbeeld .....	14
Figuur 3-5	Opstelling windturbines in vierkant evenwijdig aan vaarlinks (I).....	17
Figuur 3-6	Opstelling windturbines in dichte opstelling versprongen (II).....	17
Figuur 3-7	Opstelling versprongen maar net als II maar 90° gedraaid (III) .....	18
Figuur 3-8	Opstelling vierkant als I maar dan 45° gedraaid (IV).....	18
Figuur 3-9	Schaduwstukken > 10 m, > 20 m en > 30 m.....	19
Figuur 3-10	Schaduw > 40 m, > 50 m en maximale lengte van een schaduwstuk.....	20
Figuur 3-11	Opstelling windturbines in vierkant evenwijdig aan vaarlinks, vaarafstand 500 m .....	21
Figuur 3-12	Opstelling windturbines in vierkant evenwijdig aan vaarlinks, vaarafstand 1000 m .....	21
Figuur 3-13	Opstelling windturbines in vierkant evenwijdig aan vaarlinks, afstand tussen turbines 580 m en vaarafstand 500 m.....	22
Figuur 3-14	Schaduw > 10 m, > 20 m en > 30 m lengte van een schaduwstuk voor de gevoeligheidsanalyse .....	23
Figuur 3-15	Schaduw > 40 m, > 50 m en maximale lengte van een schaduwstuk voor de gevoeligheidsanalyse .....	24
Figuur 4-1	Dichtheidskaart van routegebonden verkeer in de omgeving van het windenergiegebied.....	26
Figuur 4-2	Scheepstracks van routegebonden verkeer op de hoofdverkeersstromen door het windenergiegebied van december 2014 tot en met november 2015.....	27
Figuur 4-3	Scheepstracks van routegebonden verkeer varend door het windenergiegebied tussen Prinses Amalia en Egmond windparken naar het westen van juni 2015 tot en met mei 2016 .....	28
Figuur 4-4	Scheepstracks van routegebonden verkeer varend naar het noorden door het windenergiegebied van juni 2015 tot en met mei 2016.....	29
Figuur 4-5	Scheepstracks van routegebonden verkeer tussen Den Helder en het zuidwesten door het windenergiegebied van juni 2015 tot en met mei 2016 .....	30
Figuur 4-6	Kavels windpark, inclusief de 500 meter buffer zone.....	32
Figuur 4-7	Verkeersroutering voor de basis situatie zonder windpark .....	34
Figuur 4-8	Verkeersroutering voor de situatie waarin in windturbines aanwezig zijn .....	36
Figuur 5-1	Het beschouwde gebied voor de lokale analyse.....	45
Figuur 5-2	Ontmoeting met een noordwestwaarts varend schip bij de noordhoek van kavel V, gezien vanuit een noordoostwaarts langs het park varend schip voor de 8 MW variant met jackets.....	49
Figuur 5-3	Ontmoeting met een noordwestwaarts varend schip bij de noordhoek van kavel V, gezien vanuit een noordoostwaarts langs het park varend schip voor de 10 MW variant met monopiles.....	49
Figuur 5-4	Aantallen schaduwstukken >10m, >20m en >30m voor de ontmoeting bij de noordhoek gezien vanuit het noordoostwaarts langs het park varend schip voor beide varianten .....	50
Figuur 5-5	Aantallen schaduwstukken >40m en >50m, en de maximale lengte van schaduwstukken voor de ontmoeting bij de noordhoek gezien vanuit het noordoostwaarts langs het park varend schip voor beide varianten.....	51
Figuur 5-6	Aantallen schaduwstukken >10m, >20m en >30m voor de ontmoeting bij de bij de west kant van de corridor gezien vanuit het schip in de noordgaande vaarroute voor beide varianten .....	54
Figuur 5-7	Aantallen schaduwstukken >40m en >50m, en de maximale lengte van schaduwstukken voor de ontmoeting bij de west kant van de corridor gezien vanuit het schip in de noordgaande vaarroute voor beide varianten.....	55

Figuur A1-1	Lay-out en aanvaar- en aandrijfkansen turbines voor kavel V variant 8 MW voor verkeer >24m.....	A1
Figuur A1-2	Totale aanvaringsfrequentie per jaar boven een bepaald kinetisch energieniveau (routegebonden en niet-routegebonden verkeer >24m) .....	A4
Figuur A2-1	Lay-out en aanvaar- en aandrijfkansen turbines kavel V variant 10 MW voor verkeer >24m .....	A6
Figuur A2-2	Totale aanvaringsfrequentie per jaar boven een bepaald kinetisch energieniveau (routegebonden en niet-routegebonden verkeer >24m) .....	A9

## 1 INLEIDING

De aanwezigheid van een offshore windpark heeft consequenties voor het scheepvaartverkeer in de buurt van een windpark. Een windpark heeft een direct effect op de verkeersveiligheid door het aanvaar- of aandrijfrisico van de turbines door de schepen. Sommige schepen zullen daarnaast alternatieve routes kiezen of omvaren, resulterend in veranderingen in transportkosten en emissies. De veranderingen van de verkeersstromen rond het windpark kunnen bovendien resulteren in toename van het aanvaringsrisico van schepen onderling (indirect effect).

Dit rapport beschrijft de veiligheidsstudie voor kavel V van het windenergiegebied Hollandse Kust (Noord) die MARIN in opdracht van Pondera Consult heeft uitgevoerd. De resultaten van deze studie zullen worden verwerkt in Milieu Effect Rapport (MER) dat door Pondera Consult wordt opgesteld.

De opbouw van dit rapport is als volgt:

Hoofdstuk 2 bevat de doelstelling van deze studie. In Hoofdstuk 3 is geschetst hoe de veiligheidsstudie is opgezet, welke informatie nodig is en waar deze informatie vandaan komt. Wanneer men hiermee bekend is, kan het tweede deel van het hoofdstuk worden overgeslagen. Het cumulatieve effect door andere aanwezige windparken is in deze studie opgenomen als basissituatie, en niet als extra beschouwing. De nieuwe routestructuur houdt namelijk al rekening met mogelijke toekomstige parken. Hoofdstuk 4 beschrijft een analyse van het verkeer door en in de directe omgeving van het windenergiegebied, en laat de verkeersmodellering zien.

De resultaten van de veiligheidsstudie voor kavel V van het windenergiegebied Hollandse Kust (Noord) worden gegeven in Hoofdstuk 5. In Hoofdstuk 6 wordt ingegaan op eventuele maatregelen die het risico voor de scheepvaart kunnen verkleinen. Hoofdstuk 7 bevat de conclusies van de studie.

## 2 DOELSTELLING

Het doel van de studie is om voor twee inrichtingsvarianten van kavel V van windenergiegebied Hollandse Kust (Noord) de risico's voor de scheepvaart te bepalen. Dit wordt gedaan door de aanvaar- en aandrijfkansen van de windturbines te bepalen, net als de verwachte frequenties en volumes van de olie-uitstroom. Ook wordt er gekeken naar de verandering in de veiligheid als gevolg van een wijziging in de routes die schepen nemen.

### 3 WERKWIJZE

In dit hoofdstuk wordt de generieke werkwijze bij veiligheidsstudies voor windparken beschreven. Deze beschrijving is op kleine details na identiek aan de beschrijving uit voorgaande windparkstudies. In 3.3 worden tevens de modelinvoer en uitgangspunten beschreven zoals deze gebruikt worden in deze studie.

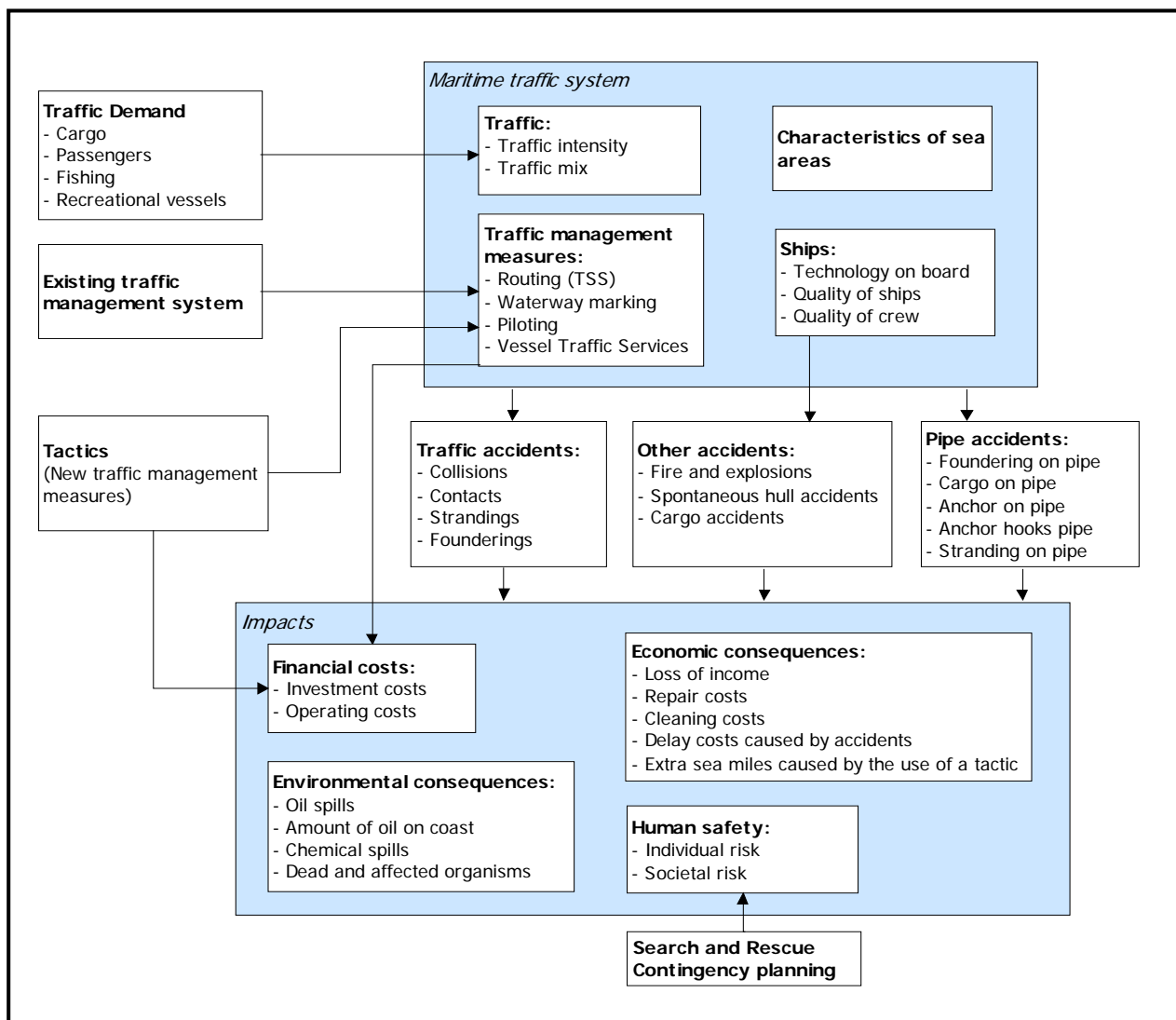
#### 3.1 SAMSON

Het SAMSON-model (Safety Assessment Model for Shipping and Offshore on the North Sea) is ontwikkeld voor het voorspellen van effecten van ruimtelijke ontwikkelingen in de Noordzee, van ontwikkelingen in de scheepvaart zelf en van maatregelen ten aanzien van de scheepvaart. De effecten die met het model bepaald kunnen worden bestaan uit:

- Aantal ongevallen per jaar, onderverdeeld naar aard van de ongevallen en betrokken schepen en objecten.
- Omgevaren afstand en gerelateerde kosten.
- Emissie van milieugevaarlijke stoffen.
- Consequenties van ongevallen, zoals het uitstromen van lading- of bunkerolie of persoonlijk letsel.

Het model is ontwikkeld voor Directoraat-Generaal Goederenvervoer (nu Directoraat-Generaal Bereikbaarheid) en wordt gebruikt om de kansen en consequenties van alle type ongevallen op zee te schatten. Een algemene beschrijving van het model kan worden gevonden in [1]. In de executive summary van POLSSS, Policy for Sea Shipping Safety [2], wordt beschreven op welke wijze SAMSON gebruikt is om de kosten en gevolgen van een groot aantal beleidsmaatregelen te voorspellen.

In Figuur 3-1 wordt het systeemdiagram weergegeven van het SAMSON-model, vrijwel alle blokken in dit diagram zijn beschikbaar binnen het model. Het grote blok "Maritime traffic system" (rechtsboven) bevat vier sub-blokken. Deze vier sub-blokken beschrijven het verkeersbeeld; het aantal scheepsbewegingen, de scheepskenmerken (lengte etc.) en de lay-out van het zeegebied. De ongevals-kansmodellen voor een aanvaring, stranding, brand/explosie etc. worden gebruikt om de ongevalsfrequentie te voorspellen gebaseerd op het verkeersbeeld. Het grote blok "Impacts" bevat de sub-blokken waarmee de consequenties bepaald worden van de ongevallen.



Figuur 3-1 Systeemdiagram SAMSON

### 3.2 Effect van het windpark

De aanleg van een windpark heeft gevolgen voor de scheepvaart. Een schip dat nu een route volgt door een toekomstig windpark, zal in de toekomst zijn route moeten verleggen en het windpark op minimaal 500 meter afstand passeren. Dit betekent dat dit schip **hinder** ondervindt van het windpark. Er zijn echter meer gevolgen. Doordat het schip een andere route neemt krijgen de scheepvaartroutes buiten het windpark een hogere (misschien fractioneel) intensiteit. Als gevolg van de hogere intensiteiten op deze routes is het de verwachting dat het aantal ontmoetingen en dus ook het aantal ongevallen toeneemt.

Er treden echter ook nieuwe typen ongevallen op, namelijk **aanvaringen** en **aandrijvingen** met een windturbine van het windpark. In SAMSON worden dit soort ongevallen aangeduid met respectievelijk **rammings** en **drifting contacts**:

- Een **ramming** (aanvaring) is het gevolg van een navigatiefout, wanneer de navigator van een schip, dat op ramkoers ligt met een windturbine van het windpark, niet of te laat reageert. Een navigatiefout kan verschillende oorzaken hebben, zoals; onwetendheid, het niet zien van het windpark, het niet aanwezig zijn op de brug, onwel worden en niet kunnen reageren etc. De snelheid bij de aanvaring is hoog.



- Een **drifting** (aandrijving) treedt op wanneer een schip door een machinestoring niet meer manoeuvreerbaar is. In eerste instantie zal men proberen voor anker te gaan, maar indien dit niet mogelijk is, is het schip overgeleverd aan wind, golven en stroom. Een driftend schip kan vervolgens tegen een windturbine van het windpark komen zonder dat men dit aan boord kan voorkomen. De aanvaring is dwarsscheeps en de snelheid gering.

Deze ongevallen komen voort uit het scheepvaartverkeer rondom het windpark en **behoeven niet noodzakelijkerwijs** tot de groep schepen beperkt te blijven die door het gebied van het windpark voeren toen dat er nog niet was.

Om de effecten van het windpark op de scheepvaart te kunnen berekenen moet de nieuwe afwikkeling van het scheepvaartverkeer voor de situatie met het windpark in SAMSON gemodelleerd worden. De scheepvaart moet het windpark op minimaal 500 m passeren. De mate waarin de verkeersafwikkeling wordt beïnvloed, hangt af van de grootte en ligging van het windpark. Voor de locatie van het windpark wordt daarom een nieuwe verkeersdatabase aangemaakt, waarin het veranderde vaarpatroon wordt opgenomen. Vervolgens kunnen de ongevalskansmodellen van SAMSON toegepast worden voor het doorrekenen van de effecten van het windpark voor de scheepvaart. Op basis van de nieuwe verkeersdatabase wordt een complete **risicoanalyse** uitgevoerd. Dit houdt in dat het *veranderde* risico voor de scheepvaart wordt bepaald ten gevolge van de veranderingen in de verkeersafwikkeling rond het windpark. Daarboven wordt het door het windpark geïntroduceerde nieuwe risico, namelijk de kans op een aanvaring of aandrijving van het windpark bepaald.

### 3.3 Modelinvoer en uitgangspunten

De volgende uitgangspunten, zijnde aannames, modelinput en parameters worden voor de berekeningen gehanteerd.

#### 3.3.1 Verkeer

Voor de berekeningen wordt gebruik gemaakt van een verkeersdatabase. Een verkeersdatabase bevat links, linkintensiteiten en linkkarakteristieken. Een link is de rechte verbinding tussen twee punten. De linkintensiteit beschrijft het aantal schepen dat per jaar over die link vaart, onderverdeeld naar scheepstype en scheepsgrootte. De linkkarakteristiek beschrijft hoe breed de link is en de laterale verdeling hoe het verkeer over die link verdeeld is. Het verkeer op zee wordt onderverdeeld in twee groepen, namelijk het "routegebonden" en het "niet-routegebonden" verkeer. Het routegebonden verkeer bevat de scheepsbewegingen van de koopvaardij schepen, die op weg zijn van haven A naar haven B. Het niet-routegebonden verkeer bevat de scheepsbewegingen van de schepen die een missie ergens op zee hebben, zoals visserij, supplyvaart, werkvaart en recreatievaart. In SAMSON zijn deze scheepsgroepen op een verschillende manier gemodelleerd.

##### 3.3.1.1 Routegebonden verkeer

Het *routegebonden* verkeer is gemodelleerd op scheepvaartroutes over de Noordzee. Vanwege de ligging van de havens en de verkeersscheidingsstelsels beweegt het grootste deel van deze schepen zich over een netwerk van links (met een bepaalde breedte), vergelijkbaar met het wegennetwerk op het land. In de praktijk kunnen er schepen buiten deze links varen aangezien men overall mag varen, zolang men de regels in acht neemt. Dit aandeel is echter zeer klein aangezien de links met elkaar alle kortste en veiligste verbindingen tussen havens omvatten; er wordt rekening gehouden met ondieptes, diepgang van schepen en andere obstakels.

De linkstructuur gaat uit van de nieuwe routestructuur op de Noordzee, zoals deze vanaf 1 augustus 2013 geldt. In deze routestructuur is al rekening gehouden met de mogelijke ontwikkeling van windparken in windenergiegebied Hollandse Kust (noord).

De intensiteiten (aantal schepen dat per jaar passeert) op de scheepvaartroutes zijn bepaald door alle scheepsreizen van een jaar die geheel of gedeeltelijk over de Noordzee hebben plaatsgevonden, toe

te wijzen aan deze links. Al deze scheepsreizen worden door Lloyd's List Intelligence (voorheen Lloyd's Marine Intelligence Unit) verzameld. De laatste keer dat deze informatie ten behoeve van SAMSON is gekocht en verwerkt, betrof alle scheepsreizen van het jaar 2012. Bij het toewijzen van het verkeer worden de aantallen schepen varende van vertrekpunt A naar bestemming B uit 2012 gerouteerd over de huidige routestructuur. Het aantal scheepsreizen per scheepstype tussen verschillende vertrekpunten en bestemmingen is sinds 2012 niet wezenlijk veranderd. Deze scheepsreizen zijn derhalve een goed uitgangspunt.

Op basis van deze verkeersintensiteiten van 2012 is een voorspelling gemaakt voor de intensiteiten in 2020 aan de hand van de groei in het zeegebied tussen Antwerpen en Hamburg in de periode 2000 tot 2012. De gemiddelde groei in het Antwerpen-Hamburg zeegebied in deze periode laat een daling zien van 0,4% in het aantal scheepsbewegingen en een groei van 3,6% in de scheepsgrootte, maar toont aanzienlijke verschillen voor de verschillende scheepstypes en scheepsgroottes. Met deze verschillen wordt rekening gehouden in de verkeersdatabase voor 2020. De afname in het aantal scheepsbewegingen heeft met name in de laatste jaren plaatsgevonden als gevolg van de crisis, in de studie "Risico voor de scheepvaart bij aanwijzing windgebied Hollandse Kust" [3] werd namelijk nog een groei in de scheepsbewegingen gezien van 0,5% per jaar. Toen werden de aantallen uit 2000 vergeleken met die van 2008. Tot 2014 neemt het aantal scheepsbewegingen nog af als gevolg van de crisis en schaalvergroting in de scheepvaart, zoals ook blijkt uit de resultaten van de studie "Netwerkevaluatie Noordzee na invoering nieuwe stelsel" [4], maar dat het aantal scheepsbewegingen in de jaren erna weer toe zal nemen.

In deze studie wordt daarom opnieuw uitgegaan van een groei van 0,5% per jaar ten opzichte van het niveau in 2012. Dit niveau is lager dan het aantal scheepsbewegingen in 2008, de uiteindelijke intensiteiten in 2020 zullen daarmee lager uitkomen dan eerder werd verwacht [3]. Daarnaast is de verwachting dat de intensiteiten van de verkeersdatabase voor 2020 pas enkele jaren later worden bereikt vanwege de crisis.

Voor de verschillende kavels in het gehele windenergiegebied wordt één aangepaste verkeersdatabase gegenereerd, waarbij ervoor wordt gezorgd dat het *routegebonden* verkeer niet door de kavels van het windenergiegebied vaart. Deze keuze wordt in Hoofdstuk 4 verder onderbouwd aan de hand van een verkeersanalyse met AIS. Ook de ruimte tussen de kavels wordt afgesloten voor verkeer, aangezien er tussen de kavels te weinig ruimte over blijft voor scheepvaartverkeer, en het waarschijnlijk is dat bij een toekomstig kavelbesluit meerdere kavels mogen worden gerealiseerd en niet slechts een enkele kavel. De aanvaar- en aandrijfkansen voor de turbines worden alleen bepaald voor de aangepaste verkeersdatabase, de database waarbij de kavels vrijgemaakt zijn van verkeer. Er wordt wel rekening gehouden met doorvaart door het windpark voor niet-routegebonden schepen kleiner dan 24 meter. Ook kunnen niet-routegebonden schepen tussen het noordelijk en zuidelijk deel van de kavels varen. Dit wordt verder toegelicht in hoofdstuk 4.

### 3.3.1.2 Niet-routegebonden verkeer

Het *niet-routegebonden* verkeer (visserij, supplyvaart, werkvaart en recreatievaart) kan niet op de voorgaande wijze worden gemodelleerd. Het gedrag van dit verkeer op zee is duidelijk anders. Men vaart niet van haven A naar haven B langs duidelijke routes, maar van haven A naar een of meerdere bestemmingen op zee en vervolgens meestal weer terug naar de vertrekhaven A. Het gedrag op zee is meestal onvoorspelbaar. Vissers varen bovendien nog vaak heen en weer in een visgebied. Dit is de reden waarom dit verkeer door middel van dichtheden in SAMSON is gemodelleerd. De gemiddelde dichtheid in 8 bij 8 km gridcellen is gebaseerd op de aantallen voortgekomen uit verschillende bronnen. Een daarvan is het VerkeersOnderzoek NOordzee Visuele Identificatie (VONNOVI). VONNOVI is gebruikt voor de validatie van de scheepvaartroutes van het *routegebonden* verkeer en voor het bepalen van de benodigde dichtheden van het *niet-routegebonden* verkeer.

Tijdens een VONNOVI-vlucht werd een aantal raaien afgevlogen. Zodra men een schip dat binnen een raai voer zag, werd de positie en de scheepsnaam genoteerd. Later werden andere scheepskenmerken toegevoegd en werden alle waarnemingen verwerkt.

Voor een groot gedeelte van de niet-routegebonden scheepvaart kan inmiddels op basis van AIS een betere verdeling bepaald worden, aangezien steeds meer niet-routegebonden schepen al dan niet verplicht zijn uitgerust met een AIS-transponder. Dit geldt echter nog niet voor alle schepen (bijvoorbeeld recreatie en sportvissers).

Voor de berekeningen van het niet-routegebonden verkeer wordt gebruik gemaakt van de verkeersdichtheid voor de visserij, supply-, werk- en recreatievaart gebaseerd op verschillende bronnen (zie [9] voor een uitgebreidere beschrijving):

- Recreatievaart: VONNOVI-vluchten van 1999-2001. Voor deze groep schepen is geen recente en volledige alternatieve databron beschikbaar. De AIS-data geeft een veel lager gemiddeld aantal aanwezige recreatieschepen dan de VONNOVI-data. Daarnaast is gebleken uit vergelijking dat de verdeling van deze schepen over de Noordzee nagenoeg gelijk blijft (zie [9]).
- Visserij: AIS-data van 2014. Aangezien het niet bekend is hoe de visserij zich verder ontwikkelt is er geen verdere afname of toename van de visserij gemodelleerd voor de situatie in 2020. Het overgrote deel van de niet-routegebonden scheepvaart bestaat uit vissers.
- Werk- en supplyvaart: AIS-data van 2014. Deze data bevatten veel meer werk- en supplyschepen dan de VONNOVI-data vanwege een toename in dit verkeer. De verdeling van deze schepen over het NCP (inclusief Waddenzee) en BCP is nu actueler dan in voorgaande studies.

### 3.3.2 Gebruikte modellen

Het totale SAMSON-model bestaat uit verschillende submodellen voor de verschillende ongevallen. Om het effect van beide windparken voor de scheepvaart te kwantificeren op de locatie van de windparken wordt het aantal aanvaringen en aandrijvingen per jaar bepaald. Hiervoor worden de volgende modellen gebruikt:

- Contact met een vast object (windturbine)
  - als gevolg van een navigatiefout (ramming)
  - als gevolg van een motorstoring (drifting)

Om het effect van de windparken voor de scheepvaart buiten de windparklocaties te kwantificeren, wordt het risiconiveau met en zonder de windparken vergeleken. Deze effecten zijn het gevolg van een verandering in de routestructuur; het verkeer dat eerst door het windenergiegebied voer, wordt nu buitenom geleid. Om het "algemene" risiconiveau vast te stellen worden de volgende modellen gebruikt:

- Schip-schip aanvaringen
- Stranden
  - als gevolg van een navigatiefout (ramming)
  - als gevolg van een motorstoring (drifting)

De effecten op de aanvaar- en aandrijfkansen voor platformen en pieren als gevolg van een verandering in de verkeersafwikkeling worden in deze studie niet berekend. De platformen en pieren op de Noordzee liggen namelijk zo dat de gewijzigde verkeersstromen deze kansen niet veranderen.

### 3.4 Gevolgschade

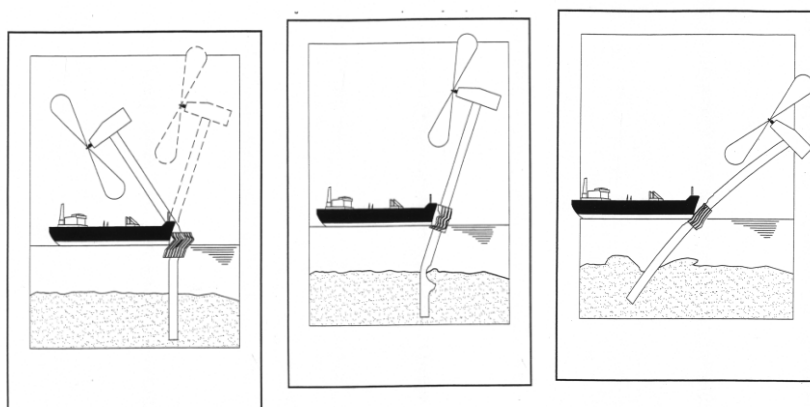
Als gevolg van een aandrijving of een aanvaring van een windturbine kan schade ontstaan, zogenaamde gevolgschade. Deze schade bestaat uit schade aan de windturbine, schade aan het schip, milieuschade als gevolg van een uitstroom van olie bij schade aan een schip en persoonlijk letsel als gevolg van de aanvaring/aandrijving.

Van de schepen welke in aanvaring of aandrijving met het windpark komen is de verdeling bekend over de vaarsnelheden, vaarrichting, scheepstype en scheepsgroottes. Deze gegevens zijn voldoende om de maximale energie aanwezig in de botsing te bepalen. Deze energiemaat wordt gebruikt om deels op basis van ervaring en deels op basis van complexe berekeningen de schade aan het schip te bepalen die in aanvaring met een ander schip of een object komt. Uitgangspunt is dat de volledige energie gedissipeerd wordt in de botsing. De aanwezige energie in varende of driftende schepen is voor deze studie ook bepaald en wordt gepresenteerd per scheepstype met de daarbij behorende kansen van optreden.

#### 3.4.1 Schade aan windturbine en schip

Voor de meeste scheepstypen is geen sprake van volledige dissipatie van de energie na een botsing vanwege de beperkte energieopname van het aangevaren object. Het bezwijkgedrag van de windturbines is onderzocht [5]. Hieruit bleek dat voor bijna alle scheepstypen de windturbine statisch gezien bezwijkt en daarbij slechts een fractie van de energie dissipeert. Voor de verdere analyse van de gevolgschade worden de volgende twee bezwijkvormen onderscheiden:

- **Knikken;** de windturbine bezwijkt door te knikken op het punt van de impact, gevolgd door plastische vervorming, waarbij de mast vast blijft zitten. Tenslotte valt de turbine naar het schip toe of juist van het schip af. In het geval dat de turbine richting het schip valt kan de rotor met de gondel op het dek terechtkomen.
- **Scharnieren;** de windturbine bezwijkt door het ontstaan van een plastisch scharnier bij de "bevestiging" op de bodem van de zee. De windturbine kan als gevolg van het ontstaan van dit scharnier afbreken of wordt in zijn geheel (inclusief bodem) omver geduwd. Het feitelijke scharnierpunt wordt dan verdeeld over de lengte in de bodem en is geen punt meer maar een deel van de mastfundering in de bodem die plastisch buigt en deels meegeeft.



**Figuur 3-2** *Figuren van de verschillende bezwijkvormen.*

Welke van deze beide bezwijkvormen optreedt, is alleen op basis van een dynamische berekening vast te stellen. Experts hebben op basis van hun onderzoek de frequentie van voorkomen geschat voor de verschillende bezwijkvormen. Daar waar de effecten nog niet zijn in te schatten heeft men voor een conservatief standpunt gekozen. Zo kan de mast met gondel van het schip af of op het schip vallen. Wat in werkelijkheid gebeurt, hangt van veel constructiewaarden en omgevingsfactoren af.

Voor de nu uitgevoerde berekeningen wordt aangenomen dat de mast met gondel altijd op het schip valt in geval van knikken.

In Tabel 3-1 wordt een overzicht gegeven van verschillende bezwijkvormen als gevolg van een aanvaring of aandrijving van een windturbine per scheepsgrootte. Ook wordt in de tabel aangegeven wat de verwachte schade aan het schip zal zijn. Dit is de gevolgschadetabel die ook in [5] is gebruikt. Het bovenste deel van Tabel 3-1 geldt wanneer de turbine knikt. Kleine schepen hebben niet genoeg massa om de turbine te doen knikken. Pas vanaf een scheepsgrootte van 1000 GT kan dit optreden (kans 5-10%) en bij schampen treedt dit pas op bij 1600 GT. Bij aandrijven is de energie onvoldoende om de turbine te doen knikken.

Bij de frontale en de frontale/laterale (schampen) aanvaringen zal wel ernstige schade ontstaan aan de boeg van het schip, maar geen ernstige schade ("Geen" in Tabel 3-1) optreden in het ladinggedeelte van het schip. De constructie van het schip voor het aanvaringsschot (voorpiekschot) is zeer stijf waardoor de schade beperkt zal blijven tot het deel van het schip voor het aanvaringsschot waar lek raken geen uitstroom tot gevolg heeft omdat er geen lading of brandstof in dit deel van het schip aanwezig is. Bij het schampen zal het zeer stijve en uitwaaiierende voordek van het schip de energie zonder veel schade opvangen. Wel kan er schade ontstaan aan het dek, in het geval de mast en/of gondel op het dek valt.

**Tabel 3-1** *Bezwijkvormen met de geschatte percentages van voorkomen en de schatting van de resulterende schade aan de turbine en het schip.*

Bezwijkvormen	Scheepsgrootte (GT)	Aanvaring (rammen)						Aandrijving (driften)					
		Frontaal (10%)			Schampen (90%)			Lateraal middenships (100%)			Lateraal excentrisch (0%)		
		Aan-deel	Beschadiging		Aan-deel	Beschadiging		Aan-deel	Beschadiging		Aan-deel	Beschadiging	
Turbine	Schip		Turbine	Schip		Turbine	Schip		Turbine	Schip			
<b>Knikken</b>	<500	0%	Nee	Geen	0%	Nee	Geen						
	500-1000	0%	Ja	Geen	0%	Nee	Geen						
	1000-1600	5%	Gos Mos <sup>1</sup>	Dek	0%	Ja	Geen						
	1600-10000	10%	Gos Mos	Dek	5%	Gos Mos	Dek						
	10000-30000	10%	Gos Mos	Dek	10%	Gos Mos	Dek						
	30000-60000	10%	Gos Mos	Dek	10%	Gos Mos	Dek						
	60000-100000	10%	Gos Mos	Dek	10%	Gos Mos	Dek						
	>100000	10%	Gos Mos	Dek	10%	Gos Mos	Dek						
<b>Scharnieren</b>	<500	100%	Nee	Geen	100%	Nee	Geen	100%	Nee	Geen	100%	Nee	Geen
	500-1000	100%	Ja	Geen	100%	Nee	Geen	100%	Nee	Geen	100%	Nee	Geen
	1000-1600	95%	Ja	Geen	100%	Ja	Geen	100%	Nee	Huid	100%	Nee	Geen
	1600-10000	90%	Ja	Geen	95%	Ja	Geen	100%	Ja	Huid	100%	Nee	Geen
	10000-30000	90%	Ja	Geen	90%	Ja	Geen	100%	Ja	Huid	100%	Ja	Geen
	30000-60000	90%	Ja	Geen	90%	Ja	Geen	100%	Ja	Huid	100%	Ja	Geen
	60000-100000	90%	Ja	Geen	90%	Ja	Geen	100%	Ja	Huid	100%	Ja	Geen
	>100000	90%	Ja	Geen	91%	Ja	Geen	100%	Ja	Huid	100%	Ja	Geen

<sup>1</sup> GosMos = Gondel Op Schip en Mast Op Schip na plastische vervorming



### 3.4.2 Milieuschade

Voor het bepalen van de kans op een uitstroom van olie is gebruik gemaakt van de schadematrix in Tabel 3-1. De uitstroom van ladingolie en bunkerolie kan dus optreden nadat een schip groter dan 1000 GT tegen een windturbine aandrijft en er een gat in de scheepshuid wordt aangenomen. In de praktijk zal de windturbine echter niet vol (centraal) geraakt worden maar met de voor- of achterkant van het schip, waardoor een deel van de botsingsenergie wordt omgezet in een rotatie van het schip. In de tabel is dit aangegeven als 'lateraal excentrisch', en is te zien dat dit niet wordt beschouwd in de berekeningen (0%). De berekening van de olie-uitstroom is dus een 'worst-case' benadering. Wanneer de kans op een olie-uitstroom en de hoeveelheid uitstroom een belemmering zouden vormen voor het al dan niet bouwen van offshore windparken, dan verdient deze schadematrix verdere aandacht.

De volgende kanttekeningen kunnen bij deze modellering worden gemaakt:

- Het gebruik van een monopile zonder uitsteeksels zal minder vaak tot een gat in de scheepshuid leiden dan een jacket of een monopile met een platform met andere attributen.
- Bij het bepalen van de uitstroom van ladingolie is uitgegaan van enkelwandige olietankers. De praktijk, autonome ontwikkeling, is dat deze enkelwandige olietankers bijna uitgefaseerd zijn op de Noordzee en zijn vervangen door dubbelwandige tankers. De kans dat er een gat in een ladingtank zal ontstaan bij een aandrijving van een windturbine is bij een dubbelwandige tanker kleiner. Dit betoog gaat niet op voor de kans op een uitstroom van bunkerolie omdat de meeste andere schepen niet dubbelwandig zijn uitgevoerd en de brandstoftank dus meestal enkelwandig is uitgevoerd. Dit betekent dat vooral de kans en hoeveelheid uitstroom van ladingolie minder zal zijn dan met het huidige model wordt berekend. De frequentie voor de uitstroom van bunkerolie zal niet veel afnemen.

In studies voor Duitse en Deense windparken wordt door de Germanischer Lloyd AG aangenomen dat iedere aandrijving en aanvaring leidt tot een gat in de scheepshuid met daaruit mogelijk een uitstroom. Det Norske Veritas veronderstelt alleen een mogelijke uitstroom na een aandrijving, maar laat niet iedere aandrijving tot een uitstroom leiden. Dit lijkt op de aanname zoals in de schadematrix Tabel 3-1 is verwerkt, waarin iedere aandrijving van een schip boven 1000 GT tot een gat leidt, maar of dit vervolgens ook tot een uitstroom leidt hangt af van waar het schip wordt geraakt, of het een lading of ballasttank betreft en of het schip geladen is.

Door de technische universiteit Hamburg-Harburg zijn ook berekeningen uitgevoerd waarbij is aangetoond dat er geen gat zal ontstaan in de ladingtank bij een dubbelwandig schip.

Gezien de ontbrekende praktijkgevallen blijft een conservatieve benadering van de olie-uitstroom gewenst. Wel mag geconcludeerd worden dat de uitstroom van ladingolie door de invoering van de dubbelwandige tankers bij aandrijvingen van windturbines beduidend minder kan zijn dan met de huidige worst-case NSW-schadematrix wordt berekend.

Behalve olie uit het schip kan er ook een hoeveelheid olie van de windturbine zelf in het water komen wanneer deze omvalt of bezwijkt. De verontreiniging zal voor een 10 MW windturbine ongeveer 4.000 liter minerale olie (of een biologisch afbreekbaar alternatief) zijn, dit is qua viscositeit en verdamping vergelijkbaar met de SAMSON-categorie ladingolie en maximaal 100 liter dieselolie (qua viscositeit en verdamping vergelijkbaar met SAMSON-categorie bunkerolie).

### 3.4.3 Bepalen van persoonlijk letsel

Persoonlijk letsel is voor een aanvaring/aandrijving alleen te verwachten wanneer de gondel met mast op het schip valt ("Gosmos" in Tabel 3-1).

Voor de windturbines zijn de frequenties van de verschillende schadevormen bepaald, waaruit de mogelijk optredende schade in termen van persoonlijk letsel is bepaald. Hierbij is uitgegaan van een aantal worst-case benaderingen.



Uitgaande van het aantal aanvaringen/aandrijvingen zijn de volgende rekenslagen per scheepstype en -grootte gemaakt.

- Aantal aanvaringen/aandrijvingen wordt vermenigvuldigd met de bijbehorende kans op een bepaalde bezwijkvorm.
- Vermenigvuldiging met de kans voor die bezwijkvorm dat de gondel met mast op het schip valt ("Gosmos" in de Tabel 3-1). Aangezien niet bekend is wat de kans is dat de mast op het schip valt, dan wel van het schip af valt wordt hier met een factor 1 gerekend, dus met het worst-case scenario dat de mast altijd op het schip valt.
- Vermenigvuldiging met het beschadigingsgedeelte van het dek. Hierin zitten twee worst-case benaderingen, namelijk;
  - De mast valt geheel op het schip. Bij het schampen zal echter de mast vaak schuin over het dek kantelen en hierbij slechts geringe schade aanrichten.
  - Het oppervlak van de mast inclusief het volledige rotorblad wordt genomen, dus alsof de windturbine al draaiend intact op het dek valt.
- Vermenigvuldiging met de kans dat iemand zich bevindt op het beschadigde gedeelte. De kans dat een persoon zich ergens aan dek bevindt wordt op 10% geschat. In werkelijkheid is deze kans veel kleiner, aangezien vrijwel alleen bij vissersschepen bemanning aan dek te vinden is, maar deze groep zit vrijwel niet in de groep schepen die de mast doet knikken. Deze 10% bevat ook de mensen die indirect worden getroffen door het doorwerken van de dekschade tot de ruimtes daaronder waarin personen aanwezig zijn.
- Vermenigvuldiging met het aantal personen aan boord, immers de kans is voor ieder persoon afzonderlijk bepaald.

Het persoonlijk letsel doordat mensen vallen door de klap zelf is niet gemodelleerd, ook niet voor de kleine schepen die frontaal tegen de bescherming van de mast varen waarbij het schip (recreatievaartuig) volledig vernield wordt. Voor deze categorie schepen zijn de kansmodellen ook onbetrouwbaar. Bovendien zullen deze schepen vrijwel altijd schampen.

### 3.5 Effecten voor de scheepvaart als gevolg van een wijziging in de routestructuur

Het gebied van een windpark indien het eenmaal gebouwd is, vormt een "verboden" gebied voor alle scheepvaart groter dan 24m (met uitzondering van reparatie/onderhoudsvaartuigen). Het is dus goed mogelijk dat schepen een andere route moeten volgen dan voor de bouw van het windpark. Hierdoor verandert het verkeersbeeld rond het windpark met een mogelijke verandering in de scheepvaartveiligheid als gevolg. Het aantal afgelegde scheepsmijlen kan door de aanwezigheid van het windpark toenemen.

De verandering in de scheepvaartveiligheid, de toename van de afgelegde scheepsmijlen, de extra kosten en de CO<sub>2</sub>-uitstoot worden berekend door de resultaten voor de verkeerssituatie met het windpark te vergelijken met de situatie zonder windpark, de zogenaamde autonome situatie.

In de POLSSS (POLicy for Sea Shipping Safety) studie [2] voor het Directoraat-Generaal Goederenvervoer (DGG) (nu directoraat-Generaal Bereikbaarheid) is gebruik gemaakt van een scorekaart voor het weergeven van effecten voor de scheepvaart van maatregelen. De aanwezigheid van een windpark heeft over het algemeen invloed op de verkeersafwikkeling en heeft daardoor effect op de veiligheid voor de scheepvaart. Vanuit de POLSSS-scorekaart is de windpark-scorekaart afgeleid door een aantal (voor een windpark) nauwelijks ter zake doende items te verwijderen.

### Scorekaart

De resultaten voor de situatie met een windpark worden steeds vergeleken met de nulsituatie voor het windpark, zijnde de situatie zonder windpark.

Voor ieder item van de scorekaart wordt het totaal resultaat voor de Nederlandse Exclusieve Economische Zone (EEZ) gegeven voor de situatie met het windpark. Van ieder item wordt ook het **effect van het windpark** bepaald, dus het resultaat van de situatie met het windpark minus de situatie zonder windpark. Om een idee te vormen van wat het *effect van het windpark* betekent, wordt de procentuele verandering van de situatie met het windpark ten opzichte van de autonome situatie gegeven.

De scorekaart bevat de volgende items.

#### Algemeen:

Per scheepstype wordt het gemiddelde aantal aanwezige schepen in de EEZ gegeven. Omdat de mogelijkheid bestaat dat schepen moeten “omvaren” door de aanwezigheid van het windpark, betekent dit dat het schip “langer” op zee is en dus het gemiddeld aantal aanwezige schepen toeneemt.

#### Veiligheid:

- Het aantal schepen (routegebonden en niet-routegebonden) dat per jaar betrokken is bij een aanvaring tussen schepen.
- Het aantal strandingen per jaar als gevolg van een navigatiefout.
- Het aantal strandingen per jaar als gevolg van een motorstoring (driften).
- Het aantal schepen dat gemiddeld per jaar zinkt.
- Het verwachte aantal incidenten per jaar dat er door externe omstandigheden een gat in de huid ontstaat, waardoor bijvoorbeeld olie in zee kan stromen.
- Het totale aantal ongevallen per jaar.

### 3.6 Cumulatieve effect

Naast de windparken beschreven in dit rapport wordt een aantal andere windparken gebouwd op de Noordzee. Het cumulatieve effect van deze windparken op de verkeersveiligheid wordt, in tegenstelling tot sommige eerdere veiligheidsstudies, niet apart inzichtelijk gemaakt, maar wordt als basissituatie beschouwd. De routestructuur die vanaf 1 augustus 2013 van kracht is gegaan, houdt namelijk al rekening met deze windparken. Het cumulatieve effect dat deze toekomstige windparken kunnen hebben op de scheepvaartroutes, wordt dus al opgevangen door de routestructuur.

### 3.7 Kruisende scheepvaart

Schepen die elkaar naderen met kruisende koersen dienen tijdig vast te kunnen stellen of er gevaar voor aanvaring bestaat en dienen voldoende mogelijkheden c.q. ruimte te hebben om een mogelijke aanvaring te voorkomen. Daartoe dient men goed zicht op elkaar te hebben, zowel visueel als via de radar. Windturbineparken belemmeren dit zicht. Zowel visueel (windturbines blokkeren zicht op de navigatielichten van het schip) als op de radar (afscherming, valse echo's, windturbines geven o.a. dikke echo's op het scherm). Dit geldt zeer zeker waar zich vele windturbines tussen de beide schepen bevinden, en in mindere mate waar zich enkele windturbines tussen beide schepen bevinden. Echter, op het punt dat zich nog maar enkele windturbines tussen beide schepen bevinden, kunnen de schepen elkaar al dicht genaderd zijn. De “Bepalingen ter voorkoming van aanvaring op zee” [8] (artikel 8) eisen dat men tijdig en duidelijk actie onderneemt op basis van betrouwbare informatie.

In dit hoofdstuk wordt nagegaan in hoeverre het mogelijk is om tijdig actie te ondernemen op basis van betrouwbare informatie.

Om meer inzicht in de problematiek te verkrijgen is een willekeurig windpark<sup>1</sup> gebouwd (gemodelleerd) in het buitenbeeld van de full scale manoeuvreersimulator van het MARIN. In dit beeld zijn steeds twee kruisende schepen gemodelleerd. De navigator bestuurt het schip dat aan de westkant van het park van zuid naar noord vaart en een "collision avoidance manoeuvre" moet uitvoeren voor het andere schip, dat aan de noordkant van het park van oost naar west vaart (zie Figuur 3-5). De simulatortrun is zo samengesteld dat wanneer beide schepen niets zouden doen er een aanvaring zal plaatsvinden. Dit snijpunt van de kruisende koerslijnen wordt verder 'kruispunt' genoemd. De navigator heeft alle navigatiemiddelen (met uitzondering van AIS) ter beschikking. Het windpark en de verstoring van het windpark op achterliggende objecten, zijn gemodelleerd. De vraag is of de navigator in staat is om het andere kleine (om het probleem te vergroten) schip vroegtijdig te signaleren, de koers en snelheid van dit schip te bepalen en eventueel een manoeuvre in te zetten om de aanvaring te voorkomen.

Er is specifiek voor dit "worst-case" scenario gekozen omdat een schip in de ontmoetingssituatie, om een aanvaring te voorkomen, in eerste instantie naar stuurboord zal uitwijken. Hier doet zich dan een probleem voor omdat het windpark zich aan deze kant bevindt. Figuur 3-3 en Figuur 3-4 zijn twee opnames van wat men kan zien vanaf de brug van het eigen schip. Het eigen schip is het schip waarvoor in de simulator het buitenbeeld wordt geprojecteerd en dat bedienbaar is. In Figuur 3-3 is nog geen tweede schip te zien en in Figuur 3-4 is het tweede schip wel aanwezig (herkenbaar aan het rode stipje juist onder de horizon, links van de rij windturbines op 3/4 van de figuur). Het feit dat het tweede schip slecht te zien is, komt meer door de foto dan door de verstoring van de windturbines.

Voor dit scenario zijn de volgende parameters gevarieerd:

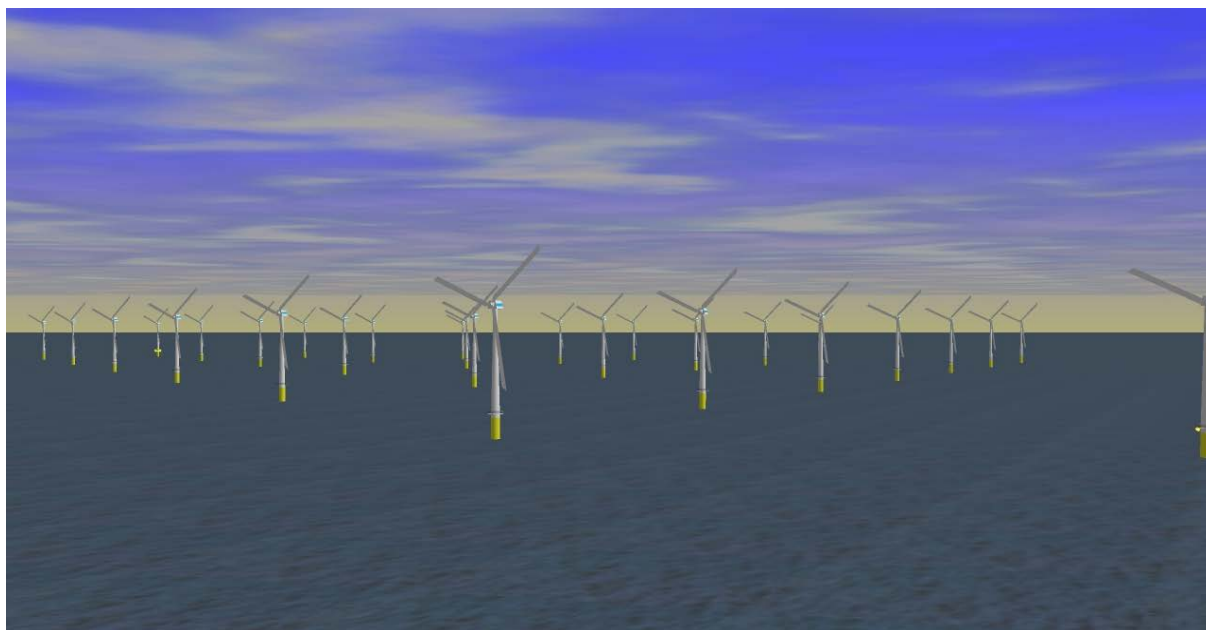
1. Dag en nacht;
2. Configuratie van het windpark;
3. Afstand tot het windpark.

Op de simulator zijn drie windparken gemodelleerd:

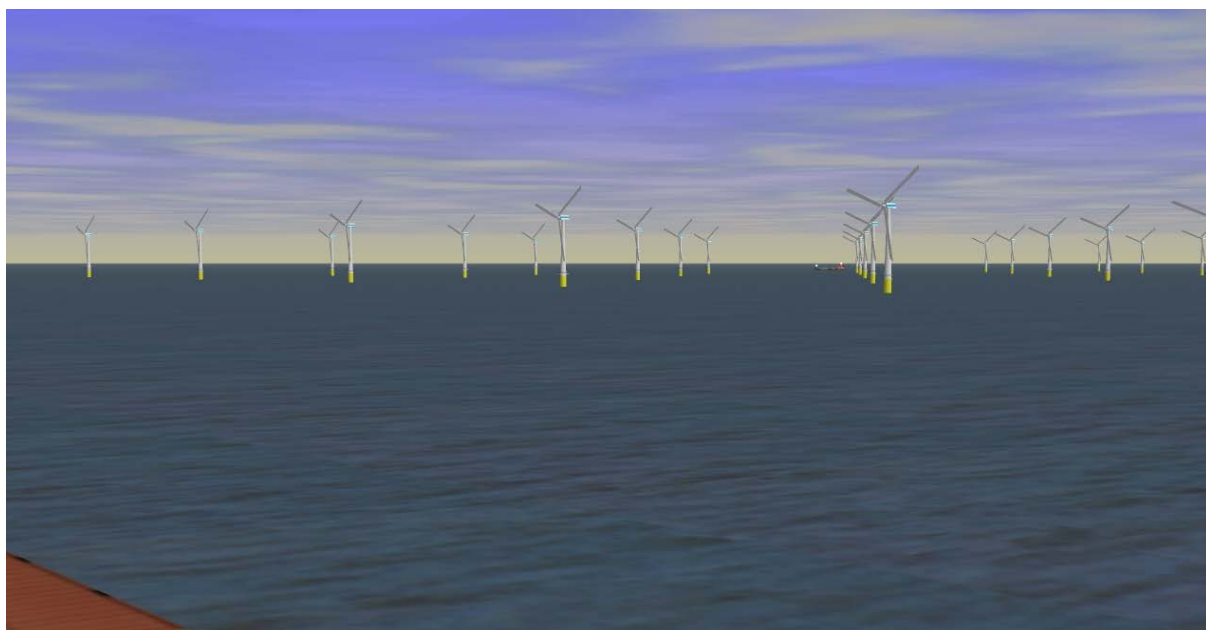
1. een windpark met de windturbines op de hoekpunten van vierkanten;
2. een windpark met een versprongen opstelling;
3. een windpark zoals in de eerste optie, maar dan met een scherpe punt van 45°.

---

<sup>1</sup> Het gaat hier om een willekeurig windpark en niet het specifieke windpark dat in deze studie wordt onderzocht.



**Figuur 3-3** Windpark gezien vanaf het eigen schip



**Figuur 3-4** Windpark gezien vanaf het schip met een klein schip in het buitenbeeld

De runs zijn uitgevoerd voor een passageafstand van 500 meter en 1000 meter voor beide schepen. In de vele runs die uitgevoerd zijn op de simulator, kon het schip steeds tijdig gesignaleerd worden, zowel visueel als op de radar. Dit geeft echter geen garantie voor de praktijk, aangezien het moeilijk is alle omstandigheden waaronder radarverstoring en valse echo's optreden, exact te simuleren. In de praktijk kunnen er bovendien meer schepen varen die de uitwijkmanoeuvre kunnen bemoeilijken. Op de simulator is bovendien bekend dat er een schip achter het windpark vaart, waardoor men beter oplet en eerder reageert dan in de praktijk. Verder dient wel opgemerkt te worden dat, hoewel de wettige passeerafstand (maximaal) 500 meter is, men in de praktijk op grotere afstand langs het windpark zal varen, juist om ervoor te zorgen dat men naar stuurboord kan uitwijken ("Preparedness" is een belangrijke eigenschap voor goed zeemannschap). Dit zal zeker worden gedaan door moeilijk manoeuvreerbare schepen. Bovendien komt de situatie zoals hier beschreven lang niet bij ieder windpark voor. Bij veel parken zorgt de normale scheepsafwikkeling, gegeven de herkomst en

bestemming, vaak voor grotere afstanden tot het windpark dan de 500 en 1000 m die in de simulatorruns zijn gebruikt.

Op de aspecten voor het specifieke windpark van deze studie wordt in Hoofdstuk 0 ingegaan.

Met behulp van een simulatorstudie kunnen kwalitatieve uitspraken worden gedaan, maar is het onmogelijk om een bepaald risico te kwantificeren. In de simulatorstudie was de verstoring van het zicht en het radarbeeld niet zo groot dat dit direct tot onoverkomelijke problemen leidde, maar het is niet zeker of dit ook bij mist en neerslag het geval zou zijn.

Als vervolg op de simulatorstudie is gezocht naar een methode om de mate van zicht en radarverstoring op een andere manier te kwantificeren. Met andere woorden, een methode waarmee in ieder geval de grootteorde van het probleem kan worden gekwantificeerd, die gebruikt kan worden om verschillende windparken onderling op doorzichtbaarheid te vergelijken. De methode is opgezet voor zichtlijnen, maar het resultaat hiervan geldt tevens voor de radar. Met de radar kan zelfs iets achter het object worden gekeken, maar een radar heeft als nadeel dat er meer verstoringen optreden. De resultaten voor ieder windpark worden gegeven door een aantal kenmerken over schaduwstukken en zichtstukken in figuren weer te geven. In dit hoofdstuk worden vier generieke configuraties van het windpark beschouwd.

Het presenteren van het zicht, of eigenlijk de ondoorzichtbaarheid, is lastig. Wanneer men nog op grote afstand van het ontmoetingspunt zit, is men niet geïnteresseerd in de schepen die al vlakbij het kruispunt varen, omdat deze allang gepasseerd zijn op het tijdstip dat het eigen schip het kruispunt passeert. Evenzo is men vlakbij het kruispunt niet geïnteresseerd in schepen op grote afstand. Deze constatering is belangrijk bij het kwantificeren van de (on)doorzichtbaarheid. Dit betekent dat vooral doorzichtbaarheid is gewenst in het gebied dat zich op dezelfde afstand van het kruispunt bevindt. Natuurlijk is dit weer niet precies die afstand omdat de snelheden van beide schepen verschillen, maar over het algemeen kan worden gezegd dat dit het belangrijkste gebied is.

De berekeningen in dit generieke stuk zijn gemaakt voor vier opstellingen zoals weergegeven in Figuur 3-5, Figuur 3-6, Figuur 3-7 en Figuur 3-8, met een afstand van 450 m tussen de turbines. Het effect van de opstelling is nagegaan voor deze opstellingen waarbij de kruisende schepen op een afstand van 500 m van het windpark varen.

Niet de doorzichtbaarheid is weergegeven maar juist de ondoorzichtbaarheid is weergegeven, omdat dit beter aangeeft of een schip door het windpark heen gezien kan worden. De ondoorzichtbaarheid kan aangegeven worden in het aantal schaduwstukken van een zekere lengte. Een schip van 40 m kan altijd geheel of gedeeltelijk gezien worden wanneer de schaduwgrootte kleiner dan 40 m blijft en kan dus soms wegvallen bij grotere schaduwstukken. De schaduwstukken bewegen met het schip mee. Een schip zal daarom nooit constant in de schaduw blijven, maar het is duidelijk dat de kans om niet gezien te worden toeneemt met het aantal schaduwstukken, en groter wordt wanneer de schaduwstukken groter worden. Daarom is onderzocht hoe de frequentie van de schaduwstukken groter dan een bepaalde lengte verloopt. Voor de vier opstellingen zijn de schaduwstukken berekend, in stapjes van 0.1 nm op de aanvaarroute (van zuid naar noord) waarvan de resultaten worden getoond in Figuur 3-9 en in Figuur 3-10. Boven de plaatjes staat steeds wat wordt afgebeeld (y-as) als functie van de nog af te leggen weg van het schip tot aan het kruispunt (x-as, zie onderste plaatje). Deze figuren tonen het aantal schaduwstukken groter dan 10 m voor een bepaalde afstand  $x$  van het kruispunt voor het eigen schip op de vaarlijn van het andere schip op een even groot traject van  $x$  vanaf het kruispunt. Deze zelfde afstand  $x$ , waarvoor de schaduw bepaald wordt, is gekozen omdat de schaduwstukken op grote afstand niet meer belangrijk zijn wanneer het schip het kruispunt nadert. Wanneer de figuren doorlopen worden, dan kan voor een afstand op 4 nm van het ontmoetingspunt gezegd worden, dat het traject van het ander schip van 0 tot 4 nm voor het kruispunt:

- 40 schaduwstukken groter dan 10 m bevat;
- waarvan 10 schaduwstukken groter dan 20 m;



- waarvan 5 groter dan 30 m;
- waarvan 2 groter dan 40 m;
- een enkele schaduw groter dan 50 m;
- en de maximale schaduw ongeveer 70 m bedraagt.

De schaduwgroottes zijn berekend in stapjes van 0.1 nm op de aanvaarroute (van zuid naar noord). Het springen in de grafieken wordt veroorzaakt door deze discretisatie. Er kan geconcludeerd worden dat vanaf 4 nm voor het kruispunt schaduwen groter dan 50 m praktisch niet voorkomen. Ook het aantal schaduwen groter dan 40 m en groter dan 30 m blijft beperkt. Gezien ook nog de wisselingen in de posities van de schaduwen kan geconcludeerd worden dat een oplettende uitkijk ook een klein schip op tijd kan waarnemen. Er is zeker geen sprake van een blokkade van het zicht door het windpark vanaf deze afstand.

De figuren tonen dat er geen groot verschil is in de doorzichtbaarheid van de hier beschouwde opstellingen voor de windparken.

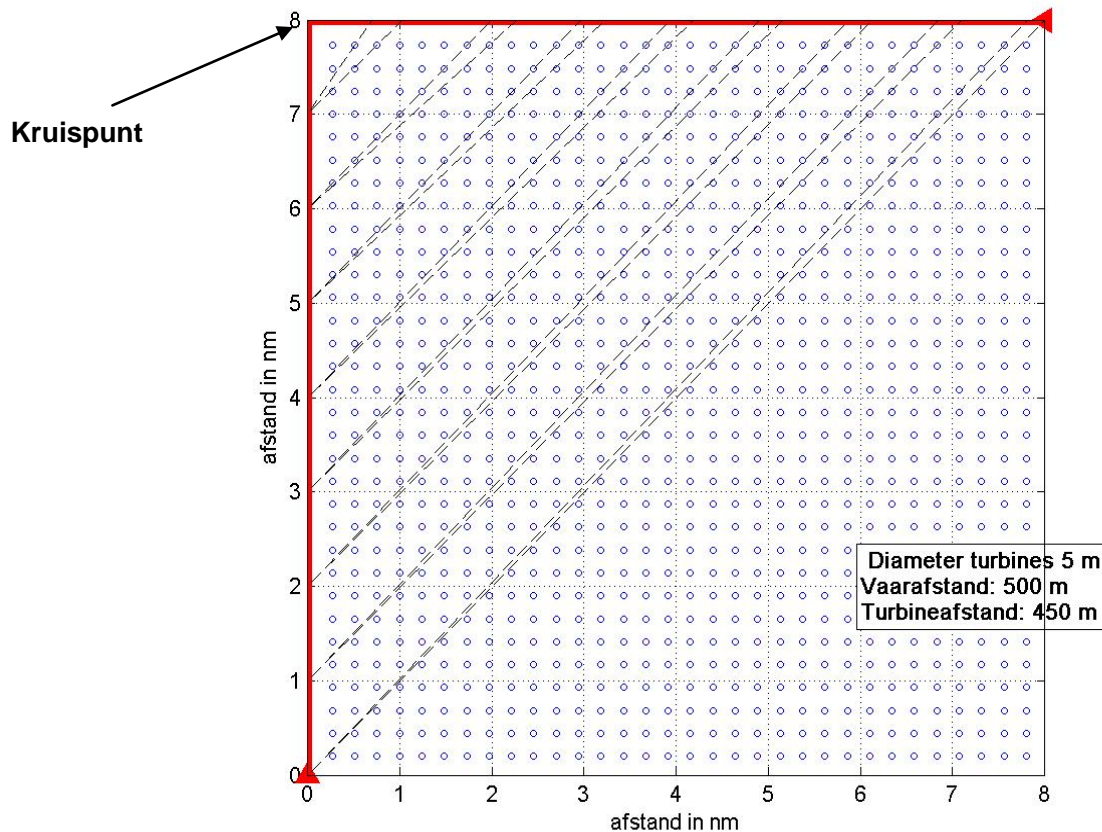
De doorzichtbaarheid verandert als de afstand tot het windpark groter wordt en ook wanneer de afstand tussen de windturbines anders wordt. Om dit te onderzoeken zijn er nog drie opstellingen met elkaar vergeleken, maar dan alleen voor de eerste opstelling met de windturbines in een vierkant. De eerste opstelling in Figuur 3-11 is gelijk aan die van Figuur 3-5. Figuur 3-12 bevat dezelfde opstelling maar dan voor een vaarafstand van 1000 m en Figuur 3-13 toont de opstelling die representatief is voor een windpark met een turbineafstand van 580 m en een diameter van 6 m. De plaatjes met de schaduw lengtes worden gegeven in Figuur 3-14 en Figuur 3-15. Hieruit is duidelijk te halen dat de rode lijn het beste is met de minste schaduwstukken, dus dat de vaarafstand een belangrijke factor is. Hierbij moet opgemerkt worden dat windcats vaak 16 meter en iets langer zijn, waardoor deze gemakkelijk wegvallen in de schaduwstukken die ontstaan als er kort langs een windpark gevaren wordt. De groene lijn ligt ook meestal onder de blauwe lijn, wat betekent dat een windpark met 580 m afstand tussen de turbines beter is dan een windpark met 450 m afstand tussen de turbines. Door de toegenomen diameter wordt een deel van het voordeel echter weggenomen. Ook leidt de toegenomen diameter tot een iets grotere maximale schaduw.

### **Conclusie**

Uit het voorgaande kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De ondoorzichtbaarheid van een windpark is niet erg gevoelig voor de opstelling van de windturbines, mits regelmatig opgesteld in rijen, de versprongen opstelling heeft wel als voordeel dat er meer turbines op dezelfde oppervlakte kunnen worden geplaatst;
- De ondoorzichtbaarheid wordt bij langs varen kleiner wanneer de afstand tot het park groter wordt;
- De ondoorzichtbaarheid van een windpark met grotere afstand tussen turbines is iets minder groot, maar het voordeel van de grotere afstand tussen de windturbines kan deels tenietgedaan worden door een grotere diameter van de windturbine.



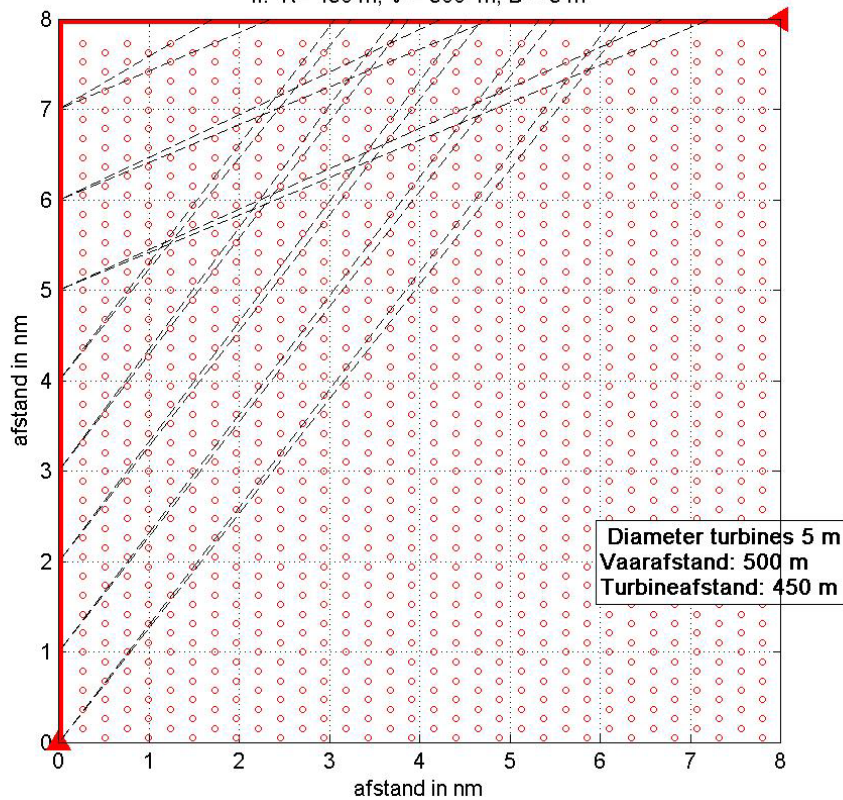


Figuur 3-5

Opstelling windturbines in vierkant evenwijdig aan vaarlinks (I)

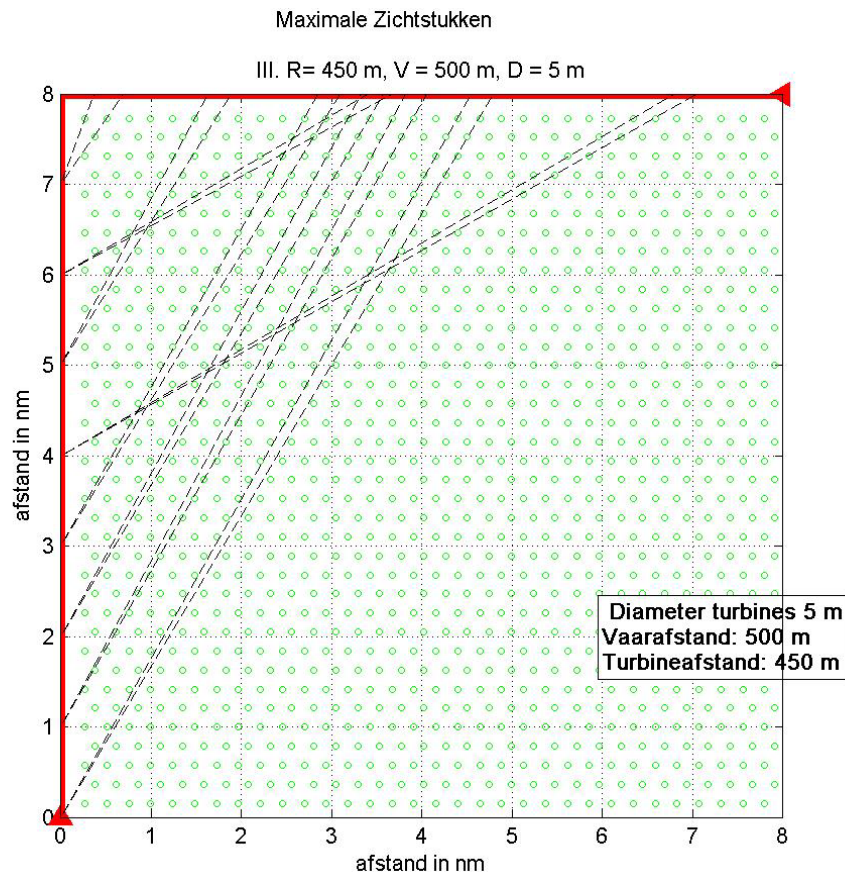
Maximale Zichtstukken

II. R= 450 m, V = 500 m, D = 5 m

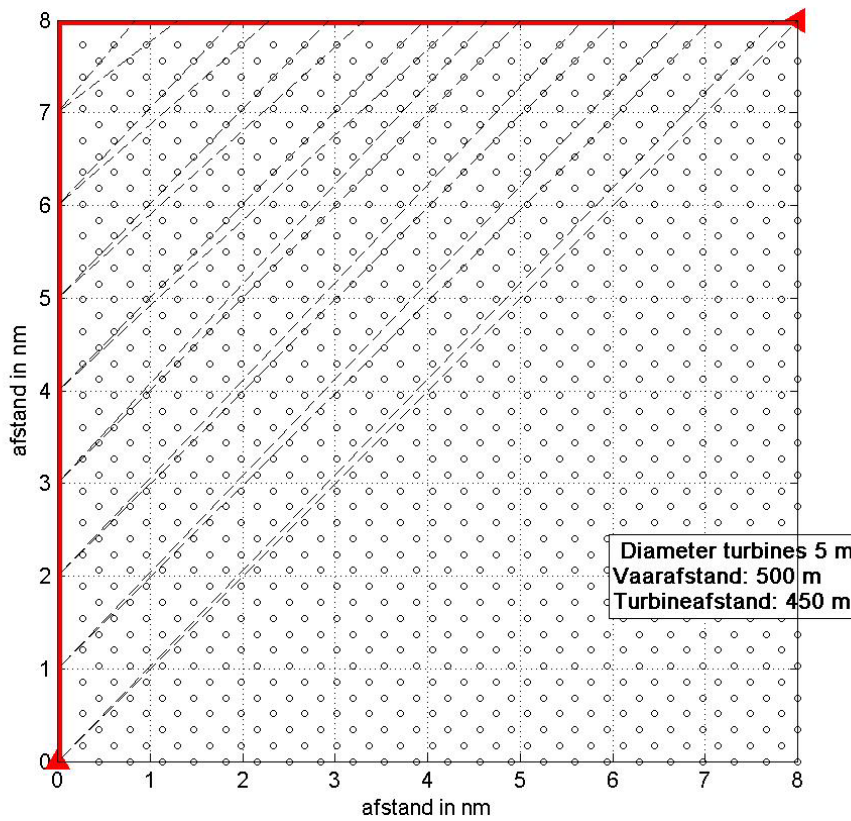


Figuur 3-6

Opstelling windturbines in dichte opstelling versprongen (II)

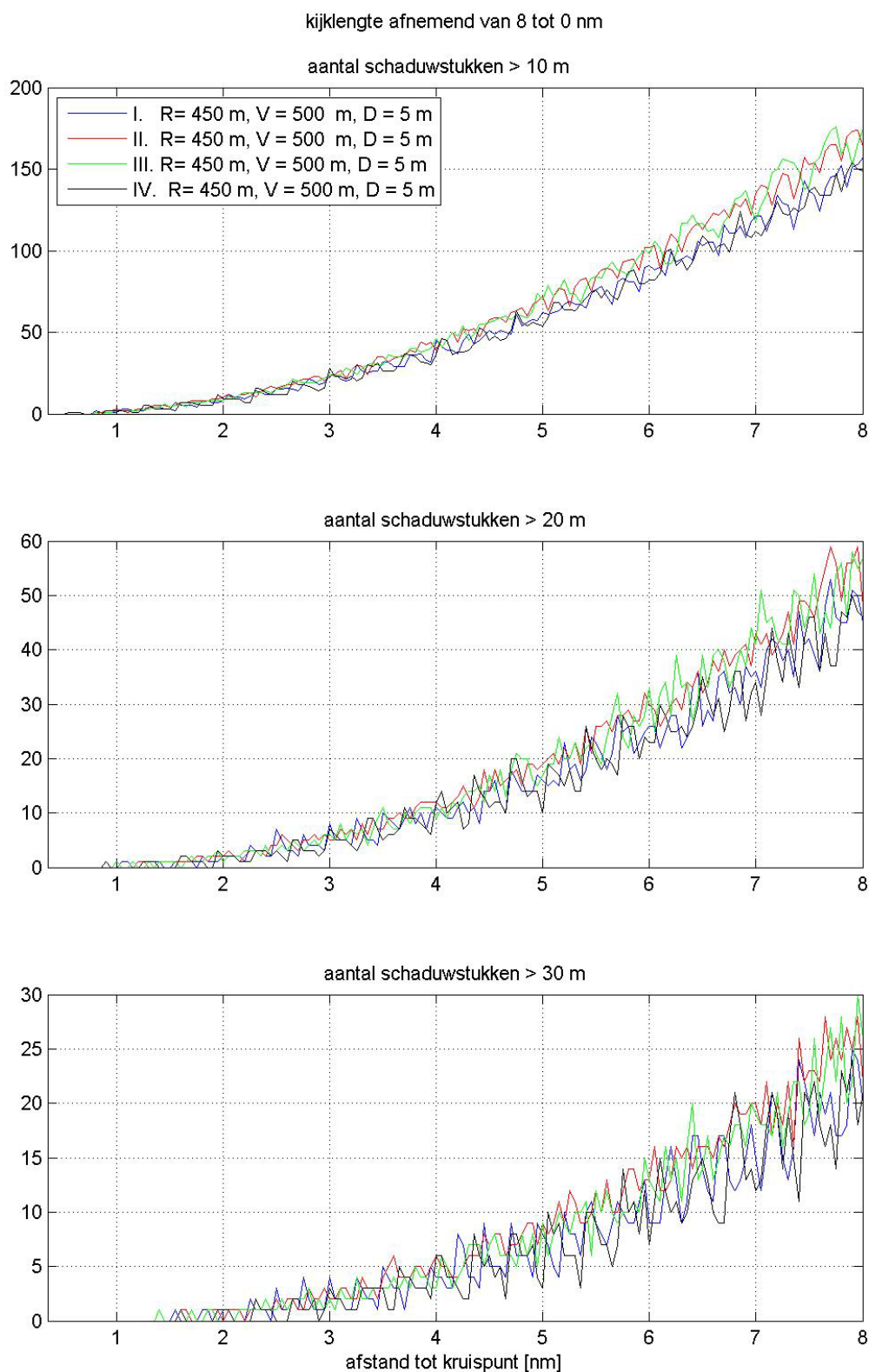


**Figuur 3-7** *Opstelling versprongen maar net als II maar 90° gedraaid (III)*

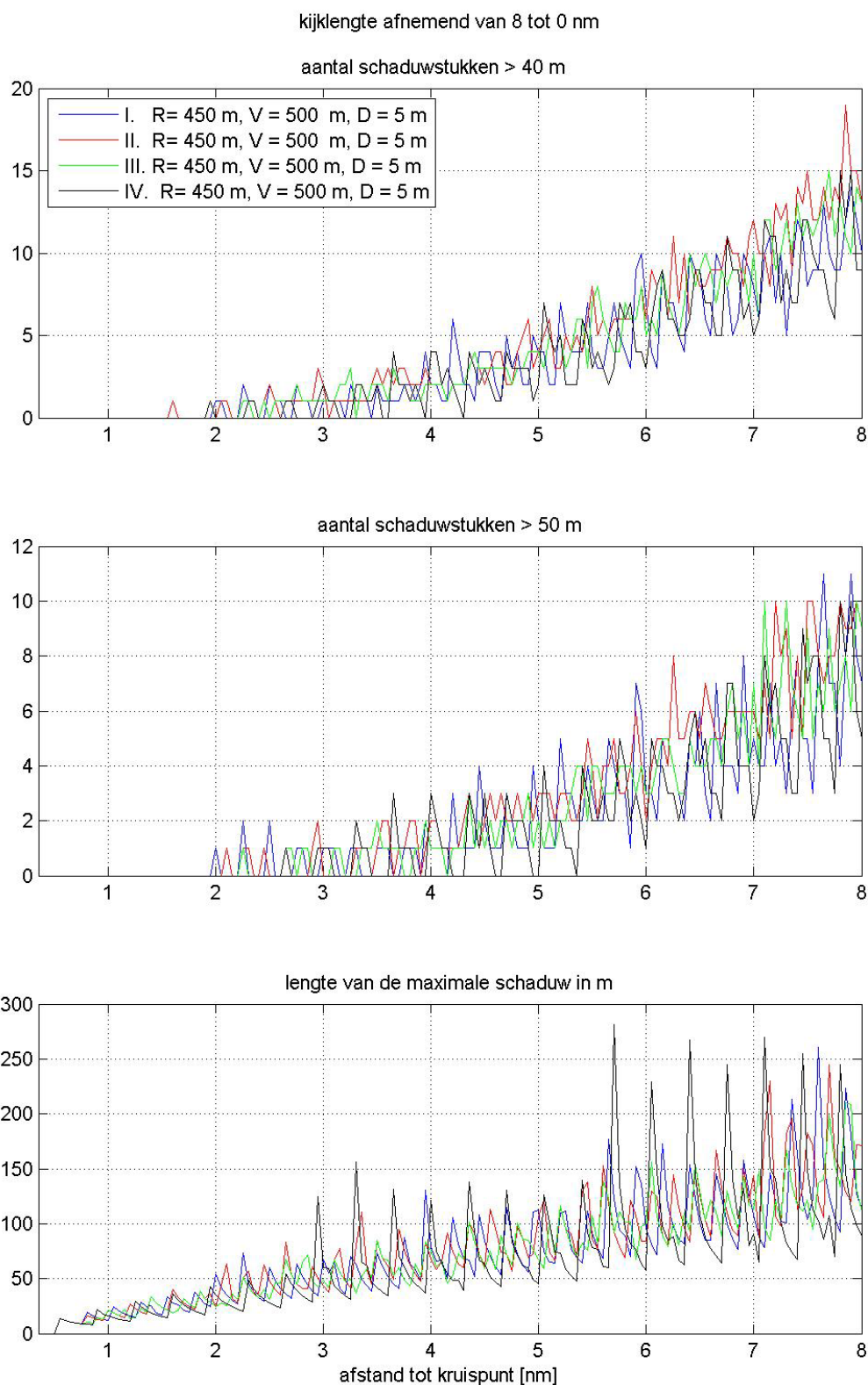


**Figuur 3-8** *Opstelling vierkant als I maar dan 45° gedraaid (IV)*

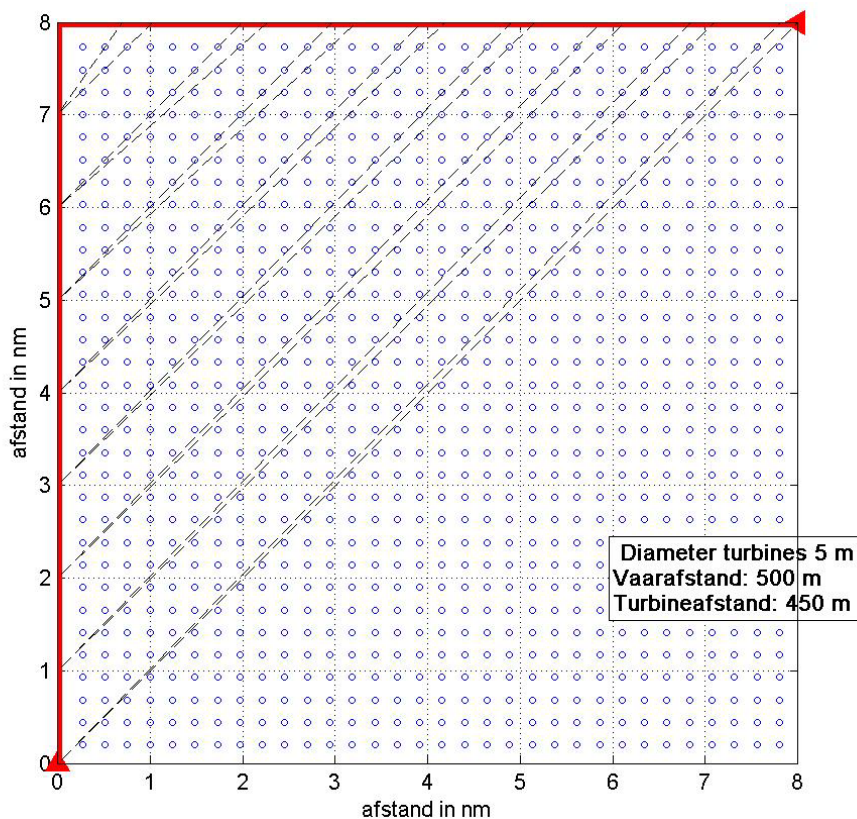




**Figuur 3-9**      **Schaduwstukken > 10 m, > 20 m en > 30 m**



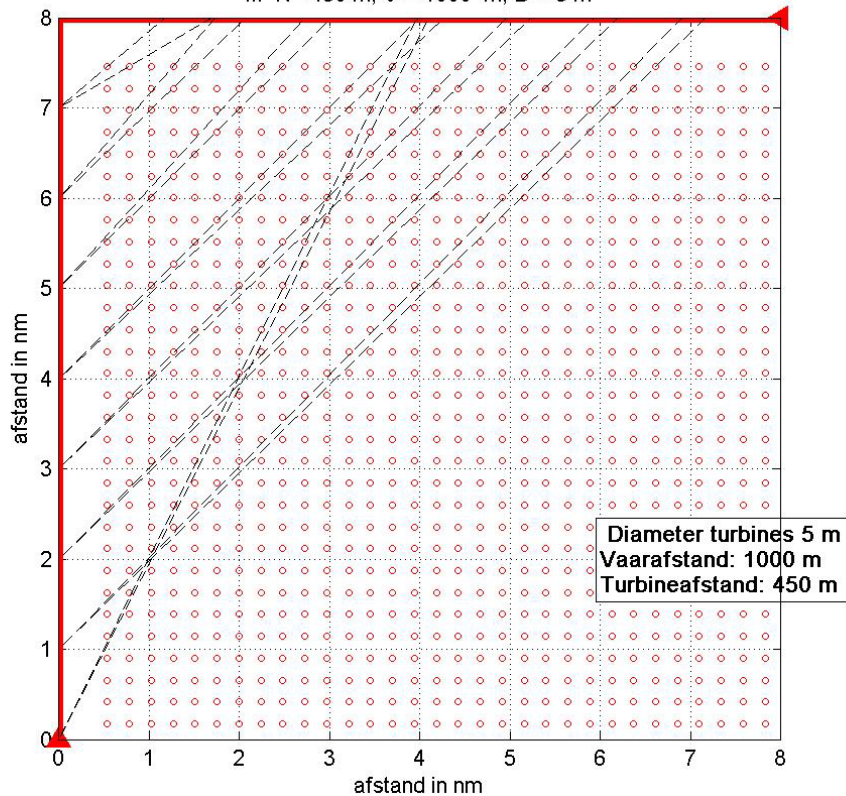
**Figuur 3-10**      **Schaduw > 40 m, > 50 m en maximale lengte van een schaduwstuk**



**Figuur 3-11** Opstelling windturbines in vierkant evenwijdig aan vaarlinks, vaarafstand 500 m

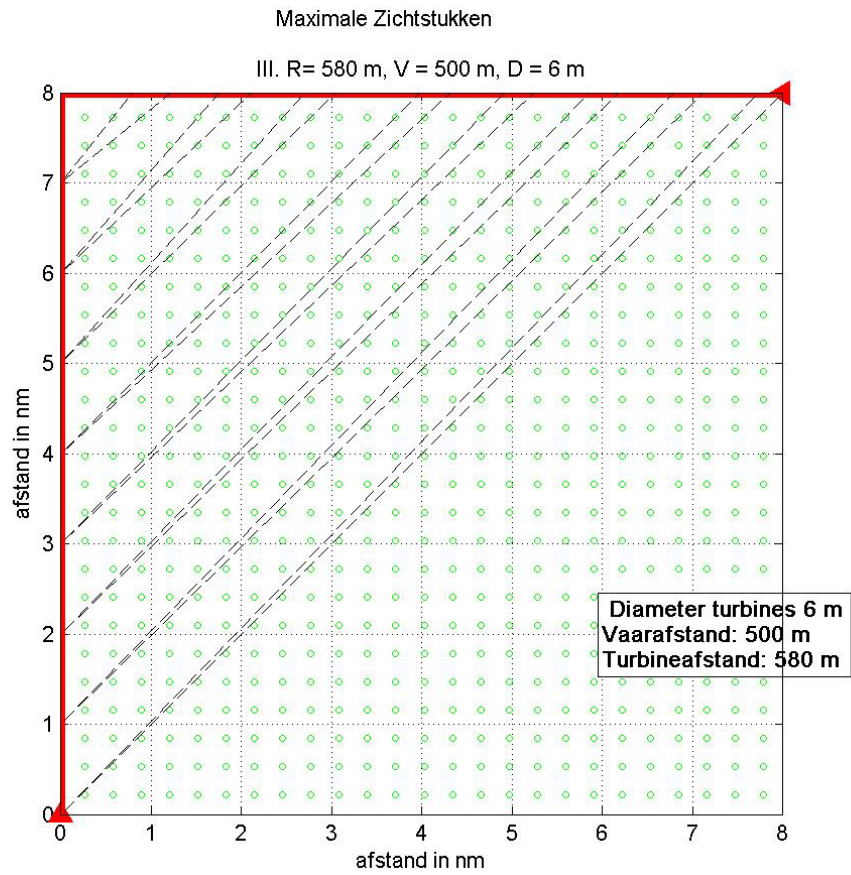
Maximale Zichtstukken

II.  $R = 450$  m,  $V = 1000$  m,  $D = 5$  m

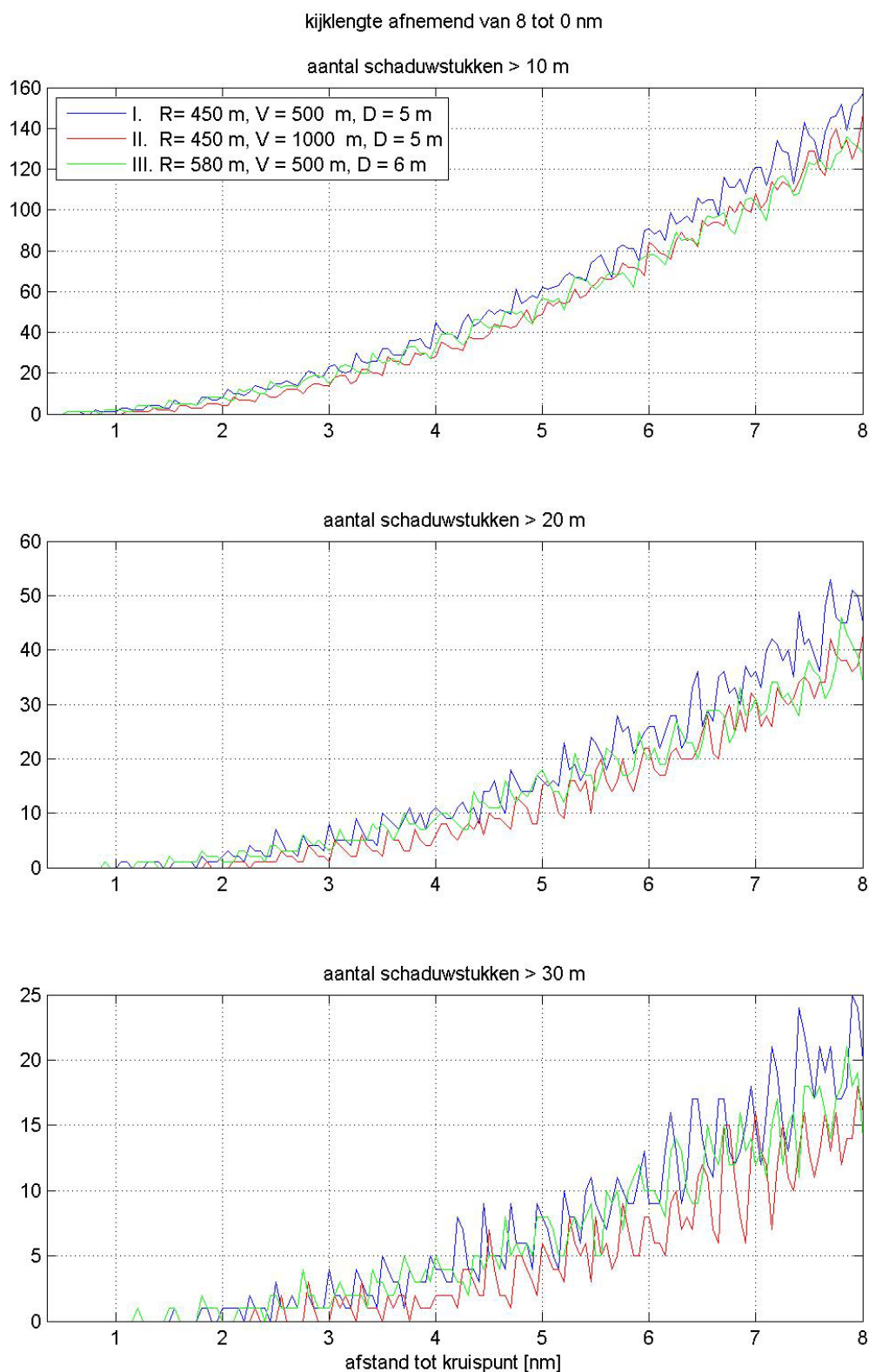


**Figuur 3-12** Opstelling windturbines in vierkant evenwijdig aan vaarlinks, vaarafstand 1000 m



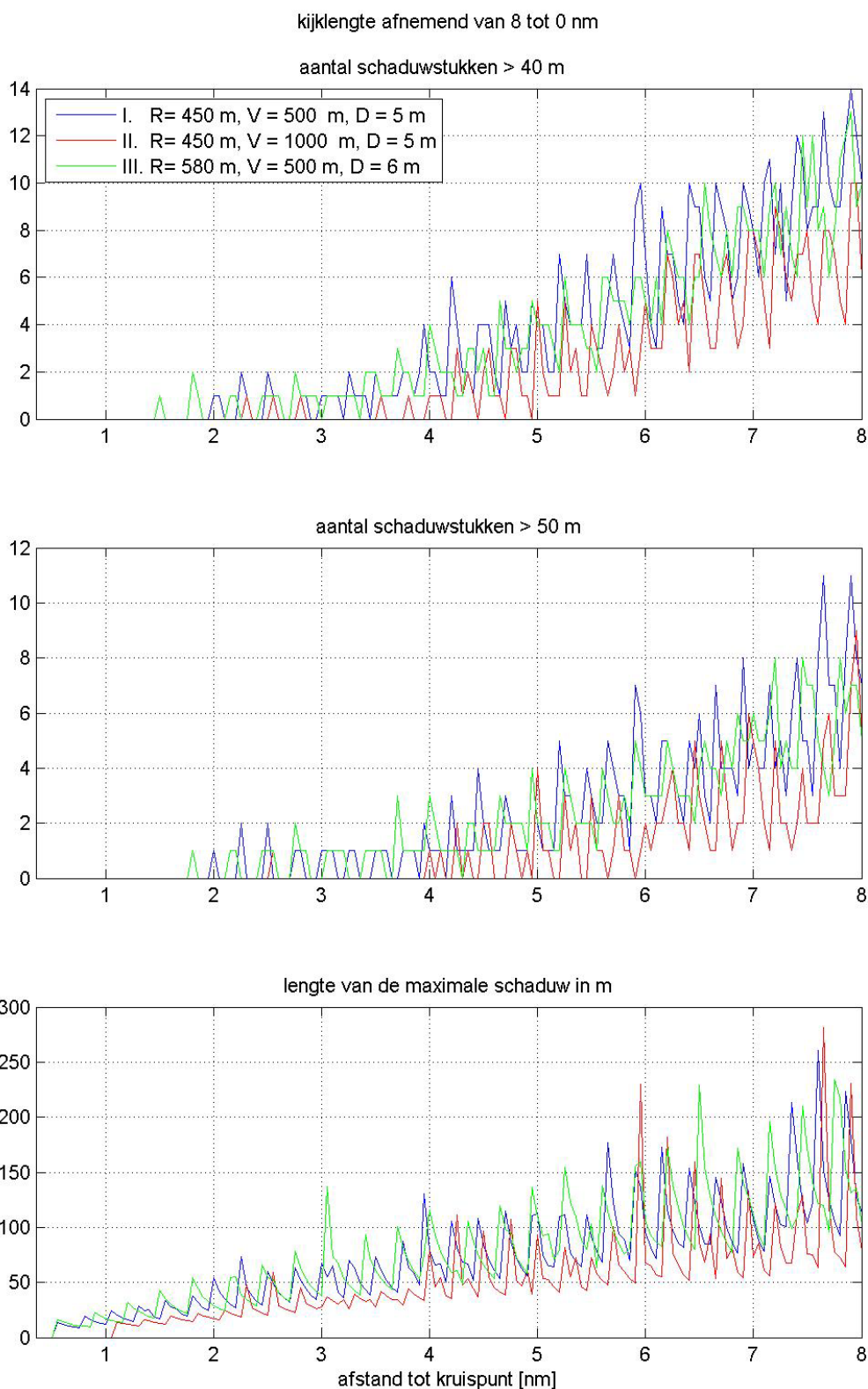


**Figuur 3-13** *Opstelling windturbines in vierkant evenwijdig aan vaarlinks, afstand tussen turbines 580 m en vaarafstand 500 m*



**Figuur 3-14** *Schaduw > 10 m, > 20 m en > 30 m lengte van een schaduwstuk voor de gevoeligheidsanalyse*





**Figuur 3-15** *Schaduw > 40 m, > 50 m en maximale lengte van een schaduwstuk voor de gevoeligheidsanalyse*

## 4 VERKEERSANALYSE EN MODELLERING

Om een goed beeld te krijgen van de precieze verkeersstromen door en rond het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) en hoe deze stromen door de bouw van windparken in de kavels kunnen veranderen, is een analyse van AIS data uitgevoerd. De resultaten daarvan worden in 4.1 getoond en beschreven. In 4.2 wordt beschreven hoe het verkeer wordt gemodelleerd voor de huidige en toekomstige situatie.

### 4.1 AIS analyse verkeersstromen

Voor de periode van juni 2015 tot en met mei 2016 (één volledig jaar) is de AIS data verwerkt van schepen in de ruime omgeving van het windenergiegebied Hollandse Kust (noord). In Figuur 4-1 is een verkeersdichtheidskaart te zien waarin het gemiddeld aantal aanwezige schepen per oppervlakte-eenheid wordt weergegeven. In deze kaart worden alleen de scheepstypen weergegeven die over het algemeen de scheepvaartroutes volgen (zie 3.3.1).

Te zien is dat de drukke verkeersroutes (de rodere verkeersstromen) ten westen en ten zuiden van het windenergiegebied lopen. Het ankergebied 8 bij IJmuiden is herkenbaar als donker rode vlek ten zuiden van het windenergiegebied. In het reeds gebouwde windpark Prinses Amalia Windpark en Offshore Windpark Egmond aan Zee zijn de turbines herkenbaar door uitgezonden AIS signalen van enkele schepen die een bepaalde periode bij de turbines lagen.

De figuur laat zien dat er in het windenergiegebied in verhouding tot de routes in de omgeving weinig schepen varen. Toch is er door het windpark een verkeersstroom van IJmuiden richting het westen te zien. Deze wordt door de ferry van IJmuiden naar Newcastle gebruikt. Daarnaast is er een lichte verkeersstroom ten oosten parallel aan het windenergiegebied te zien.

Om de richting van deze verkeersstromen duidelijker zichtbaar te maken en de aantallen passages en typen schepen op deze stromen te bepalen, zijn de scheepstracks verwerkt en geplot. Figuur 4-2, Figuur 4-3, Figuur 4-4 en Figuur 4-5 laten alle tracks van routegebonden scheepstypen door en langs het windenergiegebied zien.

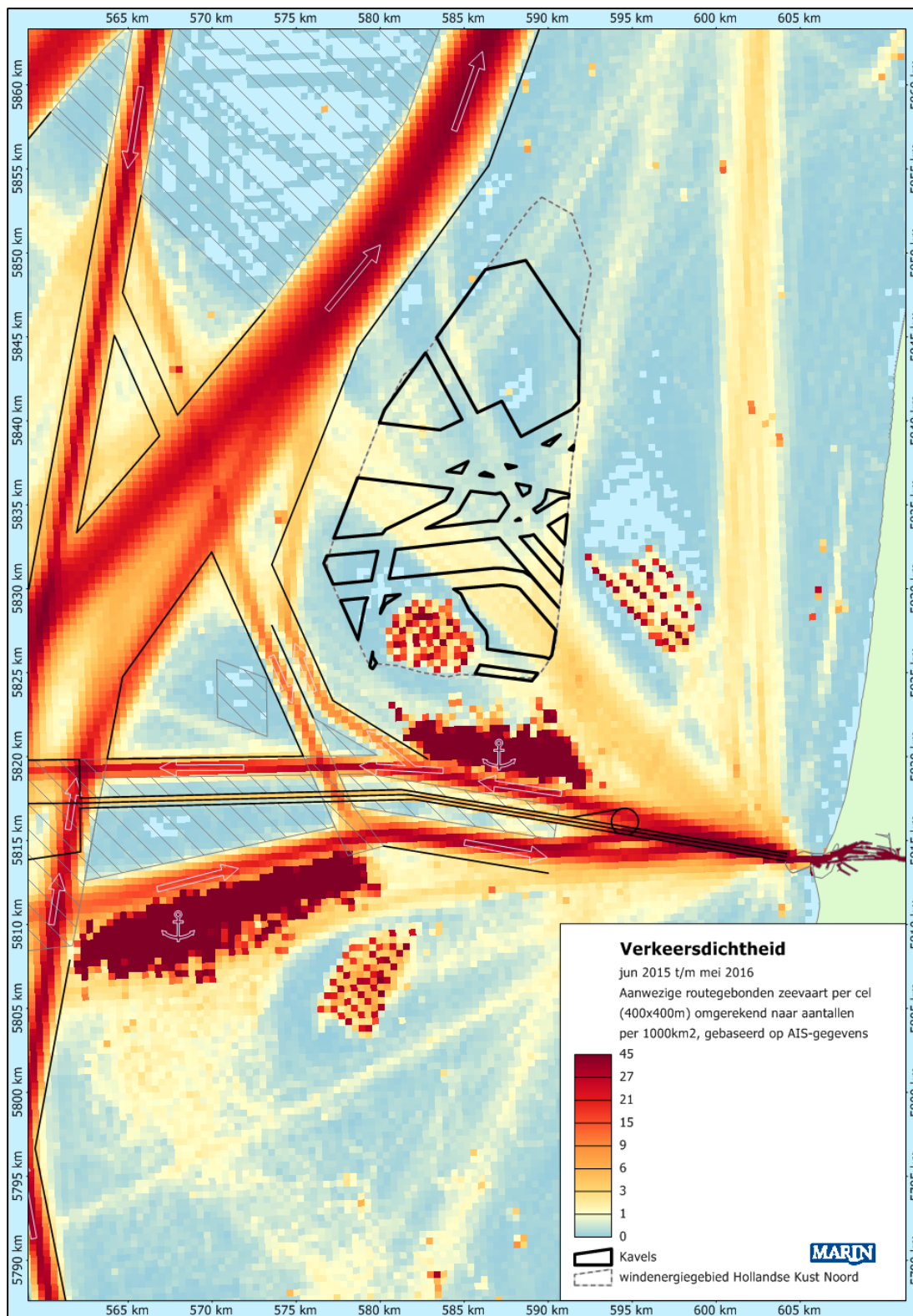
Figuur 4-2 toont alle scheepstracks gedurende het hele jaar door het windenergiegebied. Er blijkt een constante stroom van een ferry tussen IJmuiden en het Verenigd Koninkrijk aanwezig te zijn. In Figuur 4-3 is te zien dat deze stroom boven het prinses Amalia windpark en onder het Offshore windpark Egmond aan Zee loopt. Deze stroom bevat de passagiersschepen zowel van als naar IJmuiden. Vanuit IJmuiden westwaarts zijn er 304 en naar IJmuiden zijn er 314 passagiersschepen waargenomen; daarnaast volgden 3 andere schepen deze route. De passagiersschepen hebben een lengte van ongeveer 165 meter. De andere passerende schepen zijn onder de 100 meter.

Het verkeer vanuit IJmuiden naar het Texel verkeersscheidingsstelsel in het noorden volgt soms ook de route door het windenergiegebied. Dit is te zien in Figuur 4-4. In 2016 waren er 184 schepen die vanuit IJmuiden via het windenergiegebied aansloten op het verkeersscheidingsstelsel. Er waren ook 12 schepen die vanuit het Texel verkeersscheidingsstelsel door het windpark naar IJmuiden gingen. Dit waren voornamelijk kleinere cargo schepen tot 100 a 150 meter lengte.

Naast de stromen vanuit IJmuiden naar het noorden die op het Texel verkeersscheidingsstelsel aansluiten, zijn er ook een aantal schepen die vanuit IJmuiden ten westen van Offshore windpark Egmond aan Zee naar het noorden varen en niet aansluiten op het verkeersscheidingsstelsel. In 2016 waren dit in totaal 175 schepen (113 van IJmuiden naar het noorden en 62 de andere kant op). Dit zijn kleine schepen tot ongeveer 100 meter lengte.

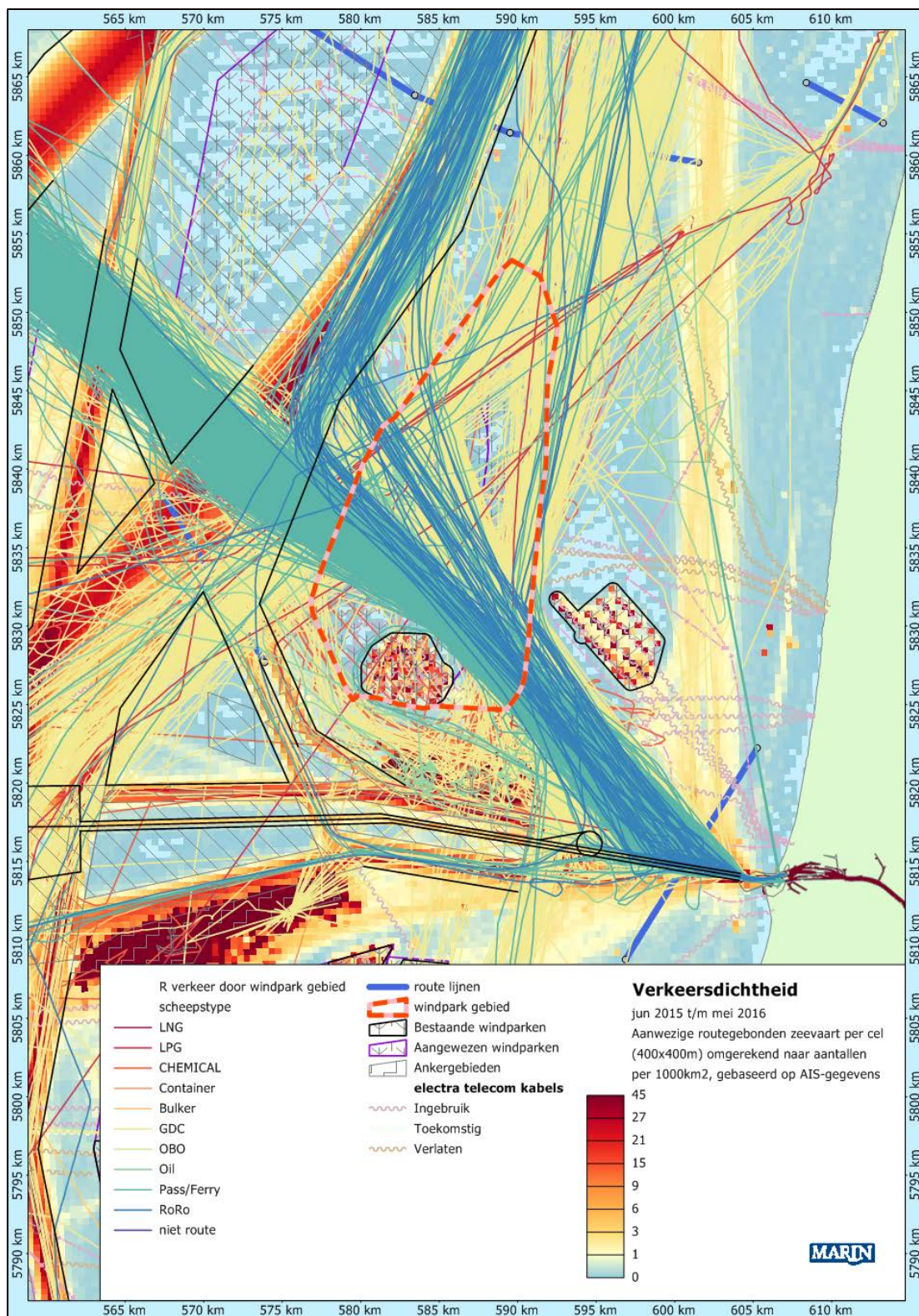
In Figuur 4-5 is een heel kleine stroom schepen tussen het zuidwesten en Den Helder te zien. Dit gaat om een paar kleine cargo schepen.

Concluderend zijn de routegebonden schepen die door het windpark varen, schepen van de categorie cargo, roll-on roll-off en passagiersschepen.



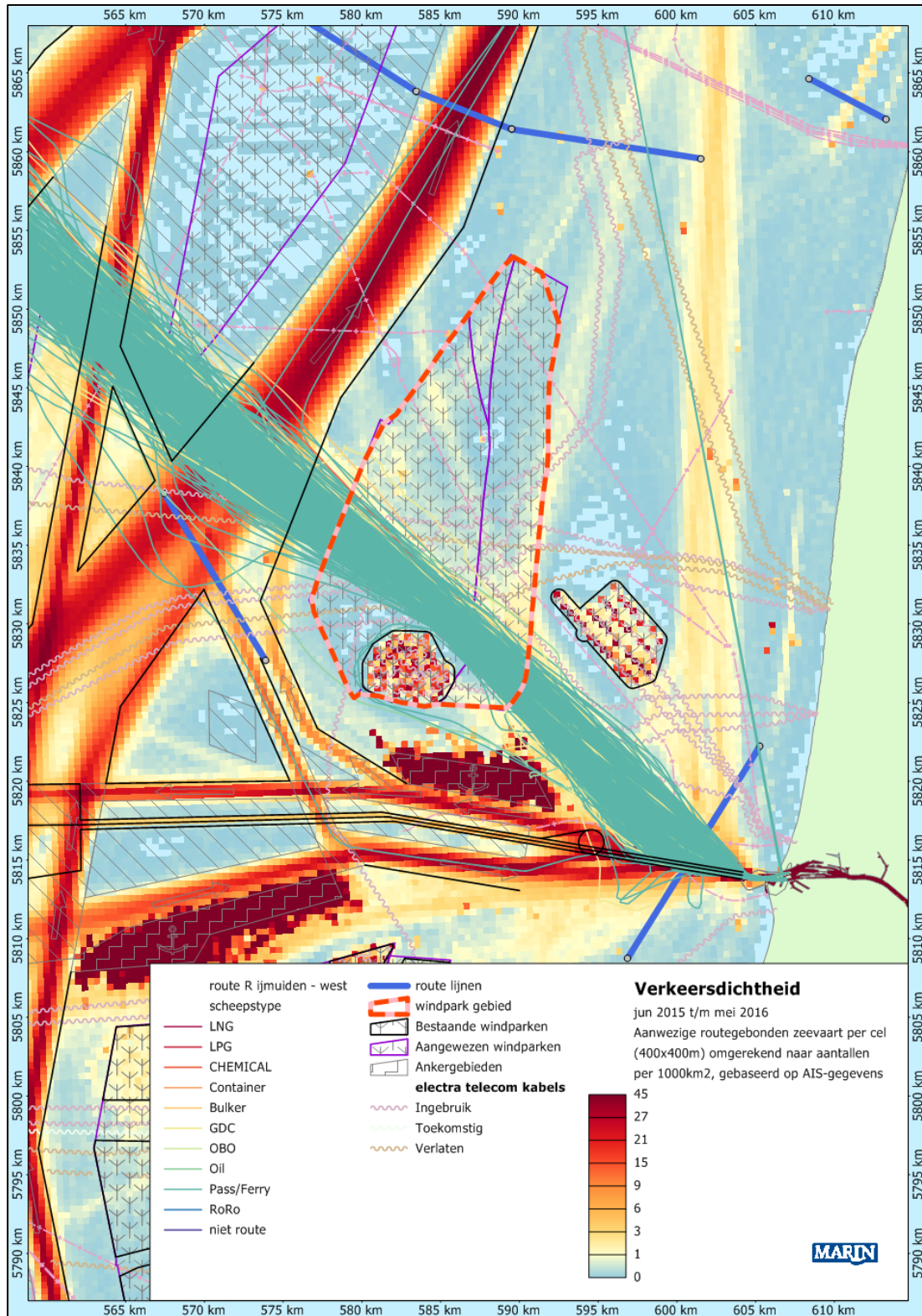
**Figuur 4-1** Dichtheidskaart van routegebonden verkeer in de omgeving van het windenergiegebied





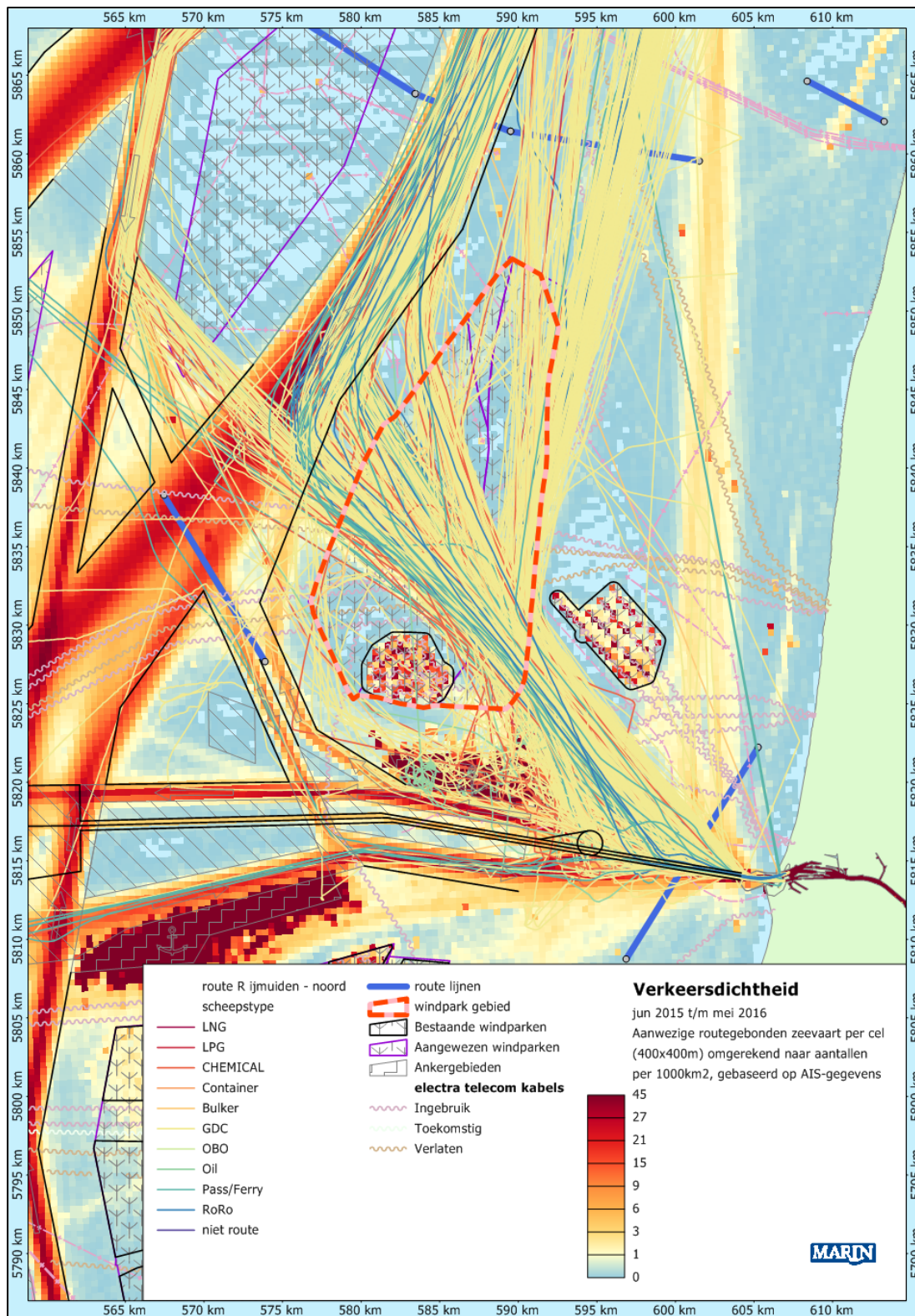
Figuur 4-2

**Scheepstracks van routegebonden verkeer op de hoofdverkeersstromen door het windenergiegebied van december 2014 tot en met november 2015**



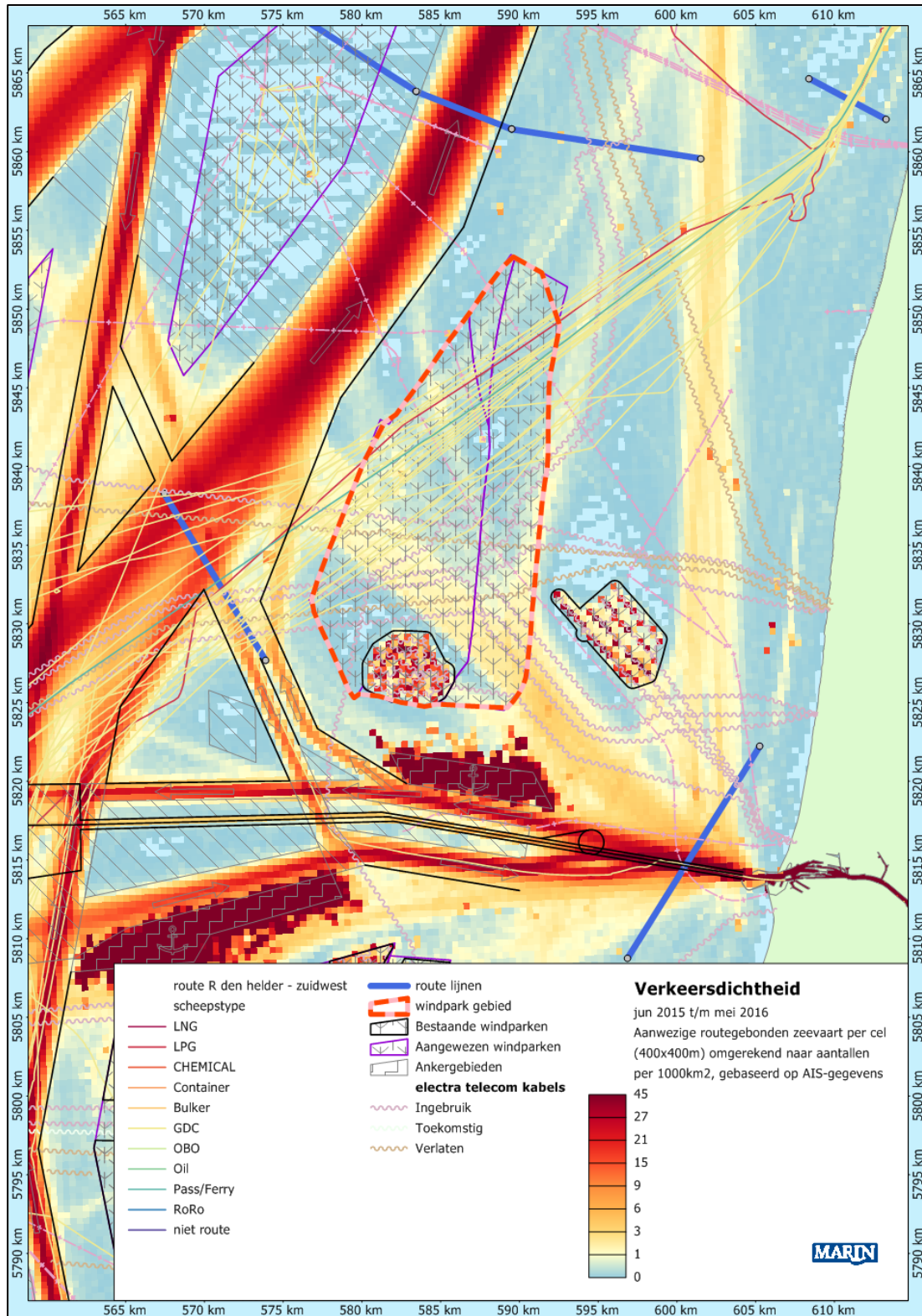
**Figuur 4-3** *Scheepstracks van routegebonden verkeer varend door het windenergiegebied tussen Prinses Amalia en Egmond windparken naar het westen van juni 2015 tot en met mei 2016*





**Figuur 4-4** *Scheepstracks van routegebonden verkeer varend naar het noorden door het windenergiegebied van juni 2015 tot en met mei 2016*





**Figuur 4-5** *Scheepstracks van routegebonden verkeer tussen Den Helder en het zuidwesten door het windenergiegebied van juni 2015 tot en met mei 2016*

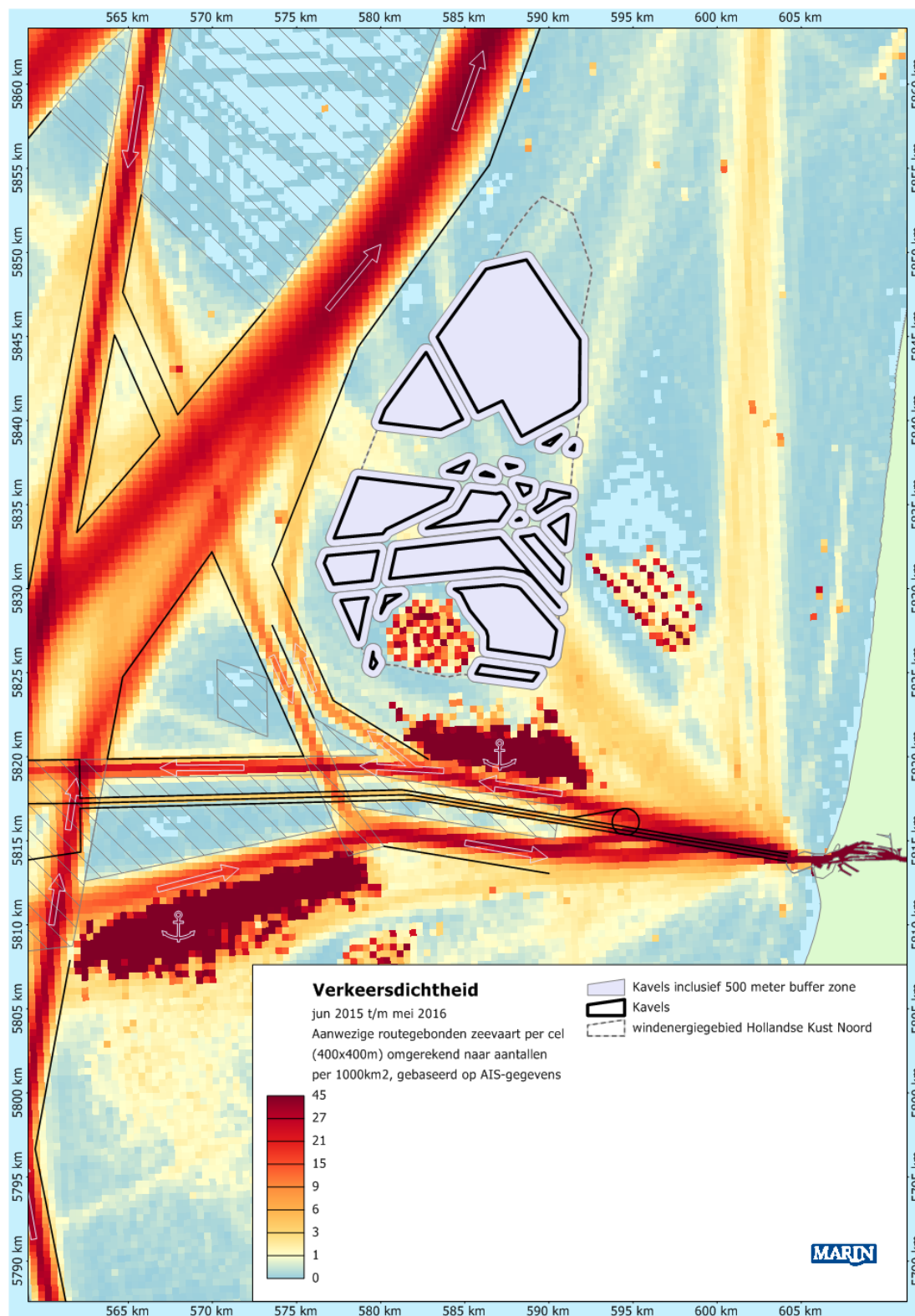
Uit de verkeersstromen in de bovenstaande figuren wordt duidelijk dat alleen de verkeersstromen die nu door het windenergiegebied lopen, beïnvloed zullen worden door de aanwezigheid van windturbines in het windenergiegebied. De drukke verkeersstromen ten westen en ten zuiden van het gebied, evenals de kleine stroom aan de oostkant, zullen door de aanwezigheid van windturbines in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) niet verschuiven.

De grootste verschuiving van de verkeersstromen door het windpark zal liggen bij de ferry tussen IJmuiden en Engeland. Deze schepen zullen de route via het verkeersscheidingsstelsel ten zuiden van het windpark en het ankergebied 8 bij IJmuiden gaan nemen.

Het verkeer dat vanuit IJmuiden ten westen van Offshore windpark Egmond aan Zee van en naar het noorden vaart, zal het verkeersscheidingsstelsel vanuit IJmuiden naar het noorden gaan volgen. Dit houdt in dat deze schepen aan de westkant langs het windpark zullen gaan varen.

Er wordt niet verwacht dat er routegebonden verkeer door de lege brede baan oost-west door het windpark zal varen. Deze route zal namelijk langer zijn en meer manoeuvres vereisen dan de alternatieven langs het windpark.

In de berekeningen van deze studie wordt ervoor gekozen om de kavel van het gebied te zien als een noordelijk en een zuidelijk deel van de kavel. Deze keuze is gemaakt omdat de meerdere kleine kavels inclusief de 500 meter buffer zone rond de kavel aaneengesloten zijn. In de onderstaande Figuur 4-6 wordt dit verder weer gegeven. Het noordelijk en zuidelijk deel van de kavel worden afgesloten voor schepen groter dan 24 meter.



**Figuur 4-6** Kavels windpark, inclusief de 500 meter buffer zone

## 4.2 Routegebonden verkeersdatabase

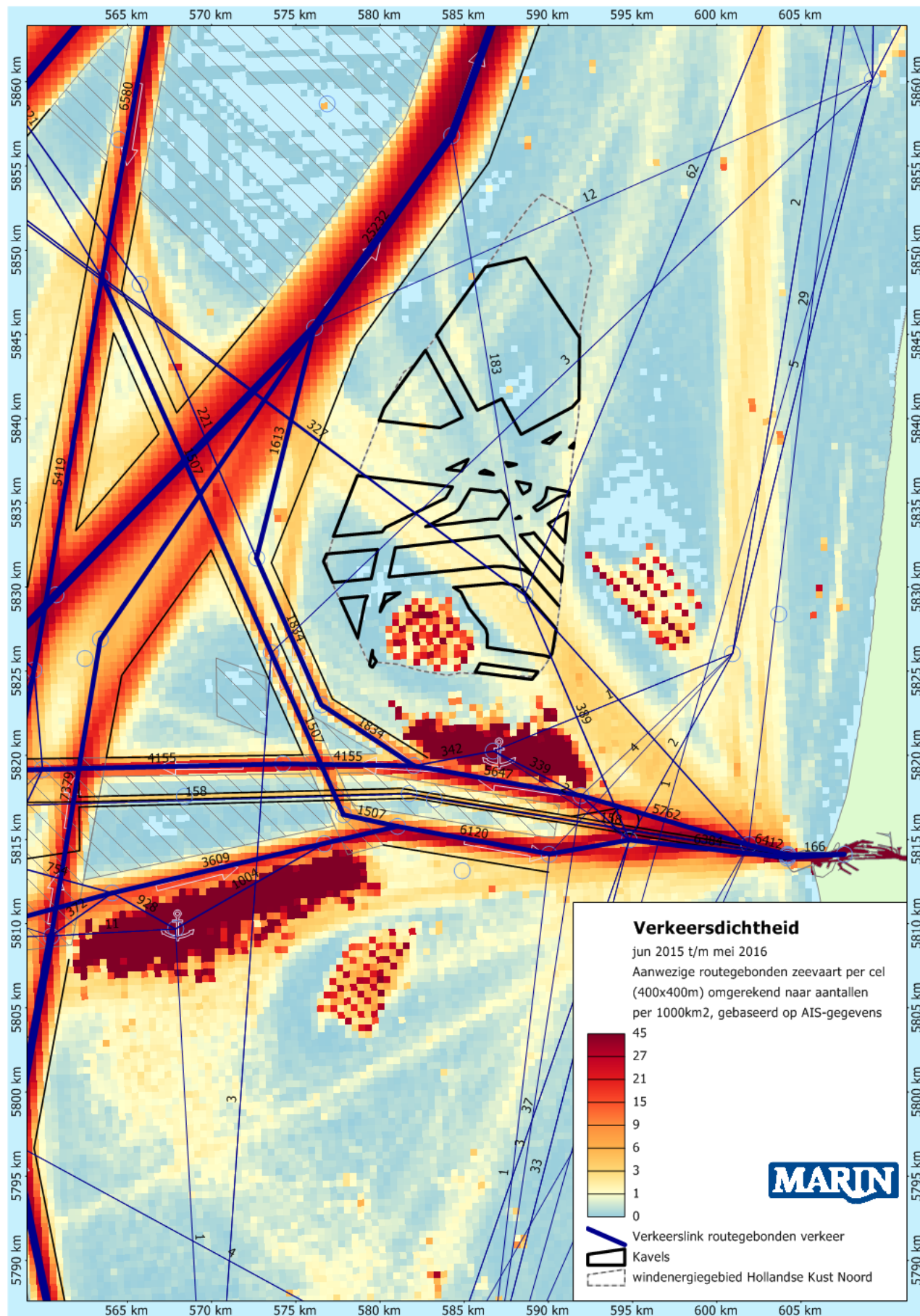
Om de overige effecten te berekenen van de verschuivingen van de verkeersstromen door aanwezigheid van windparken, wordt er vergeleken met een basis situatie.

Figuur 4-7 laat de verkeersmodellering zien voor het routegebonden verkeer voor deze situatie.

In deze studie wordt uitgegaan van het scenario waarin de kavel in het windenergiegebied is afgesloten voor verkeer, behalve voor de doorvaart bestaande uit schepen tot 24m. De verkeersroutering voor dit scenario wordt gegeven in Figuur 4-8. Hierin is te zien dat er geen verkeersstroom door het windenergiegebied loopt.

In de verkeersrouteringen van zowel de basissituatie als de situatie met windparken, wordt uitgegaan van een prognose van het aantal scheepsreizen voor 2020.





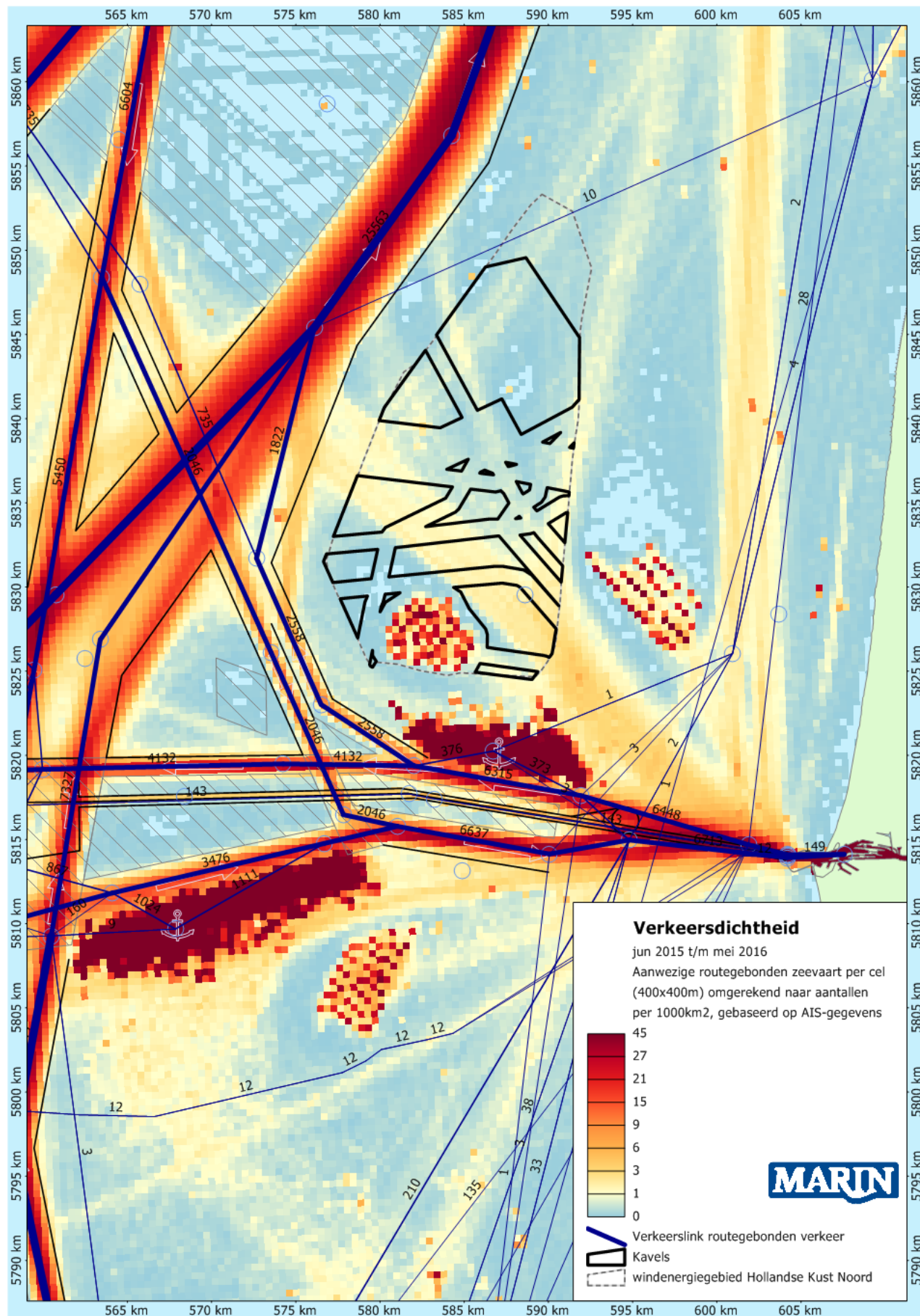
Figuur 4-7 Verkeersroutering voor de basis situatie zonder windpark

Tabel 4-1 geeft een overzicht van de twee verkeersscenario's in deze studie.

**Tabel 4-1**            **Overzicht van alle verkeersscenario's**

Verkeersscenario	Windparken aanwezig
Basisverkeer	Geen windparken aanwezig
Verkeer HK (noord)	Windparken aanwezig in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord)

Het niet-routegebonden verkeer wordt als dichtheid meegenomen in de berekeningen, en is voor het meeste verkeer gebaseerd op 2014 (zie 3.3.1.2. en [9]). In de berekeningen wordt aangenomen dat alleen schepen tot 24m door de parken mogen varen. Hierbij wordt aangenomen dat deze een afstand van minimaal 50m tot de windturbines aanhouden. Voor het overige niet-routegebonden verkeer is het park afgesloten. Het niet-routegebonden verkeer boven 24m dat nu in de verkeersdatabase in dit gebied aanwezig is, wordt daarom verplaatst naar de directe omgeving van het gebied.



Figuur 4-8 Verkeersroutering voor de situatie waarin in windturbines aanwezig zijn

## 5 RESULTATEN SAMSON BEREKENINGEN

In 5.1 worden eerst de doorgerekende varianten beschreven, gevolgd door de aanvaar- en aandrijffrequenties en de gevolgschade voor de varianten. Hierbij wordt verondersteld dat er geen verkeer is in en tussen de kavels. Gedetailleerde resultaten per variant worden gegeven in verschillende tabellen in de appendices. Voor beide varianten is daarin eenzelfde set tabellen gegeven. In de tekst in dit hoofdstuk wordt voor beide varianten alleen verwezen naar de appendix-tabellen voor de eerste variant. In de appendix zijn bovendien voor beide varianten de lay-outs van de kavel in een figuur weergegeven, waarin tegelijkertijd de aanvaringskansen grafisch zijn aangegeven. De routegebonden schepen worden in de tabellen verkort weergegeven met "R-schepen" en de niet-routegebonden schepen worden aangeduid met "N-schepen".

De overige effecten worden voor beide varianten beschreven vanaf 5.3.

### 5.1 Configuraties

In deze studie zijn twee configuraties doorgerekend waarbij het totale vermogen ongeveer 760 MW is. Er is gekozen voor een configuratie met een groter aantal windturbines met minder vermogen, geplaatst op een jacket fundering (verder in dit rapport aangeduid als de 8 MW variant), en een configuratie met een kleiner aantal windturbines met meer vermogen, geplaatst op monopiles (aangeduid als de 10 MW variant). Deze twee configuraties geven samen een goede indicatie van de bandbreedte van de aanvaringskansen van turbines. Hierbij kan de 8 MW variant als worst-case beschouwd worden, aangezien meer turbines en een grotere fundering de kans op aanvaring in de berekeningen altijd zullen vergroten. Er is in deze berekeningen geen rekening gehouden met het feit dat aanvaringen met jackets tot meer schade zullen leiden.

De gehanteerde gegevens per configuratie zijn gegeven in Tabel 5-1. De turbineposities zijn in detail weergegeven in Figuur A1-1 en Figuur A2-1. Hierbij zijn ook de uiteindelijke aanvaar- en aandrijffrequenties grafisch weergegeven.

**Tabel 5-1** Configuratiegegevens varianten windenergiegebied Hollandse Kust (noord) kavel V

Variant	Turbines			Fundering	
	Aantal	Vermogen	Rotor diameter	Type	Afmeting
Kavel V 8MW	95	8 MW	176 m	jacket	17 x 17 m
Kavel V 10MW	76	10 MW	221 m	monopile	Ø 10 m

### 5.2 Aanvaar-/ aandrijffrequenties windenergiegebied

Door de aanwezigheid van het windpark op kavel V is een nieuw type risico ontstaan op die locatie op zee, namelijk de kans dat een schip tegen één van de windturbines aanvaart (rammen) of aandrijft (driften). De frequenties voor deze ongevallen zijn bepaald met het SAMSON-model. De resultaten van deze berekening worden gegeven in termen van het aantal mogelijke aanvaringen of aandrijvingen per jaar voor elke windturbine afzonderlijk en voor het gehele windpark.

In Tabel A1-1 van de appendix staan voor de 8 MW variant de aanvaar- en aandrijffrequenties per windturbine door schepen groter dan 24m. Figuur A1-1 toont een grafische weergave hiervan. Voor de 10 MW variant staan deze frequenties in Tabel A2-1 en Figuur A2-1. Voor het gemak zal in het vervolg alleen worden verwezen naar het tabel- of figuurnummer van de eerste variant.

Uit de tabellen en de figuren blijkt dat de windturbines aan de noordzijde en langs de corridor een hogere aanvaarkans hebben dan de turbines in de rest van het windenergiegebied. Dit wordt veroorzaakt door de hogere kans op rammen voor deze windturbines door het niet-routegebonden



verkeer groter dan 24 m. Een deel van dit verkeer is bij de modellering van het niet-routegebonden verkeer verplaatst vanuit het windenergiegebied naar de directe omgeving van het windenergiegebied en naar de corridor. In werkelijkheid zullen deze schepen mogelijk niet alleen verschuiven naar de directe omgeving van het windenergiegebied, maar ook naar verdere gebieden. De hogere kansen voor de turbines zijn dus worst-case.

Tabel 5-2 bevat de kans op een aanvaring/aandrijving per jaar voor beide varianten, gesommeerd over alle windturbines. De kansen zijn gegeven voor zowel de schepen kleiner dan 24m (in de verkeersdatabase alleen niet-routegebonden verkeer) die door het park mogen varen als de schepen groter dan 24m, waarvoor het windpark verboden gebied is.

Uit de tabel blijkt dat voor de variant met 95 8 MW turbines op een jacket fundering de kansen hoger zijn dan voor de variant met 76 10 MW turbines op een monopile. Dit komt zowel door het hogere aantal turbines als door het gebruik van jackets binnen de eerste variant.

De totale aanvaar- en aandrijffrequentie door verkeer groter dan 24m is 0.073882 voor de 8 MW variant, en 0.046974 voor de 10 MW variant. Dit is equivalent aan respectievelijk eens per 13.5 jaar en 21.3 jaar. Voor schepen kleiner dan 24m is de aanvaar- en aandrijffrequentie respectievelijk 0.021375 voor de 8 MW variant en 0.008895 voor de 10 MW variant, oftewel respectievelijk eens per 46.8 jaar en 112.4 jaar.

Naar verhouding is het aandeel aanvaringen door schepen kleiner dan 24m groter voor de 8 MW variant dan voor de 10 MW variant. Dit heeft te maken met het gebruik van jackets. Voor de doorvaart in het windpark wordt uitgegaan van een korte minimale afstand tot de windturbines (50m). Hierdoor wordt het aandeel van ram-aanvaringen groter, en de afmetingen van de fundering (jacket of monopile) hebben een grotere invloed op de aanvaringen (rammen) dan op de aandrijvingen.

Van de aantallen ram-aanvaringen wordt aangenomen (zie Tabel 3-1) dat 10% frontaal plaatsvindt, en 90% van de schepen slechts schampt. Op basis hiervan wordt in 5.3 een indicatie van de gevolgschade gegeven. De frequentie van frontale ram-aanvaringen is dus een factor 10 lager dan van alle ram-aanvaringen in Tabel 5-2. Voor de 8 MW variant voor routegebonden schepen is dit dus bijvoorbeeld 0.000156 (eens per 6414 jaar).

**Tabel 5-2** *Verwacht aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar voor het windenergiegebied per variant*

Variant	Aantal turbines	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal aantal per jaar	Eens per ... jaar
		R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
variant 8MW Schepen >24m	95	0.001559	0.035049	0.028156	0.009117	0.073882	13.5
variant 8MW Schepen <24m	95	nihil	0.018498	nihil	0.002877	0.021375	46.8
variant 10MW Schepen >24m	76	0.001003	0.017185	0.022088	0.006698	0.046974	21.3
variant 10MW Schepen <24m	76	nihil	0.007232	nihil	0.001663	0.008895	112.4

Omdat de kansen ook afhangen van het aantal turbines, zijn in Tabel 5-3 de gemiddelde kansen per turbine gegeven. Hieruit blijkt dat voor schepen groter dan 24m de gemiddelde kans op aanvaring/aandrijving per turbine in de 8 MW variant 0.000778 bedraagt, oftewel eens per 1285.8 jaar, en in de 10 MW variant bedraagt het 0.000618 per jaar. Dit geeft de invloed van de afmetingen van de fundering aan. Voor de doorvaart is de invloed van de fundering op kansen groter: 0.000225 voor jackets (eens per 4444.4 jaar) en 0.000117 voor monopiles (eens per 8544.1 jaar).

De verwachte energieopbrengst per jaar is voor beide inrichtingsvarianten gelijk. Het weergeven van de kansen per verwachte eenheid energieopbrengst per jaar, zoals bij eerdere studies is gedaan, heeft daarom geen toegevoegde waarde en wordt in deze studie weggelaten.

**Tabel 5-3** Verwacht aantal aanvaringen/aandrijvingen gemiddeld per turbine voor de kavels per variant

Variant	Aantal turbines	Aantal aanvaringen (rammen) per turbine		Aantal aandrijvingen (driften) per turbine		Totaal per turbine	Eens per ... jaar
		R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
variant 8MW Schepen >24m	95	0.000016	0.000369	0.000296	0.000096	0.000778	1285.8
variant 8MW Schepen <24m	95	0.000000	0.000195	0.000000	0.000030	0.000225	4444.4
variant 10MW Schepen >24m	76	0.000013	0.000226	0.000291	0.000088	0.000618	1617.9
variant 10MW Schepen <24m	76	0.000000	0.000095	0.000000	0.000022	0.000117	8544.1

### 5.3 Gevolgschade

#### 5.3.1 Schade aan het schip

Voor de gevolgschade aan het schip worden drie types onderscheiden: schade aan het schip in het geval dat de gondel en mastdeel op het schip valt na de aanvaring, alleen schade aan de scheepshuid en geen schade (zie 3.4.1). De frequentie van ieder type schade aan het schip is voor de eerste variant gegeven in Tabel A1-3 in de appendix. De frequenties worden gegeven voor zeven verschillende scheepstypen. In de berekeningen wordt geen rekening gehouden met het verschil in funderingen en het feit dat aanvaringen met jackets tot meer schade aan het schip zullen leiden.

In Tabel 5-4 wordt voor beide varianten het aandeel per scheepstype en per type schade in de totale frequentie gegeven. Zo is bijvoorbeeld te zien dat in 10.5% van de aanvaringen of aandrijvingen met een turbine van de 8 MW variant sprake is van schade aan de scheepshuid van een container/RoRo-schip. Voor de 10 MW variant is dit 14.3%.

Uit onderstaande tabel en de genoemde tabel in de appendix blijkt ook dat alle aanvaringen met schepen kleiner dan 24m (22.4% en 15.9% van de aanvaringen voor respectievelijk de 8 MW en 10 MW variant) er geen schade aan het schip optreedt. Dit komt doordat het energieniveau bij deze aanvaringen laag is.

Onderstaande tabel geeft het aandeel in de aanvarings- of aandrijvingsfrequentie aan per variant, waarbij het totaal aantal schepen per variant 100% is. Dit houdt in dat er in 30.4% van de aanvaringen of aandrijvingen door alle scheepstypen schade aan de scheepshuid optreedt bij de 8MW variant tegen 40.7% van alle aanvaringen/aandrijvingen in de 10 MW variant. Uit Tabel A1-3 en Tabel A1-3 blijkt dat de kans op schade aan de scheepshuid voor de 8 MW variant 0.028925 is en 0.022758 voor de 10MW variant. De 10 MW variant geeft dus een totale kleinere kans op schade aan de scheepshuid dan de 8 MW variant, dit ook omdat er minder turbines zijn in de 10MW variant. Als er gekeken wordt naar alleen de 10MW variant blijft dat 40.7% van de van de aanvaringen of aandrijvingen met een turbine er schade aan de huid optreedt.

**Tabel 5-4 Aandeel in de totale aanvarings- of aandrijvingsfrequentie per variant, per scheepstype en soort schade**

Scheepstype	8 MW variant				10 MW variant			
	Soort schade			Totaal	Soort schade			Totaal
	GosMos	schade aan scheepshuid	geen schade		GosMos	schade aan scheepshuid	geen schade	
Olietanker	0.0%	1.2%	0.0%	1.2%	0.0%	1.7%	0.0%	1.7%
Chemicaliëntanker	0.0%	3.5%	0.0%	3.5%	0.0%	4.7%	0.0%	4.7%
Gastanker	0.0%	0.6%	0.0%	0.6%	0.0%	0.8%	0.0%	0.8%
Container+ RoRo	0.2%	10.5%	1.4%	12.1%	0.2%	14.3%	1.5%	15.9%
Ferry	0.0%	0.4%	0.1%	0.5%	0.0%	0.6%	0.1%	0.7%
Overige R-schepen	0.0%	12.8%	0.6%	13.3%	0.0%	16.9%	0.6%	17.5%
N-schepen >24m	0.7%	1.3%	44.3%	46.4%	0.7%	1.8%	40.3%	42.7%
Alle schepen >24m	0.9%	30.4%	46.3%	77.6%	0.8%	40.7%	42.5%	84.1%
N-schepen <24m	0.0%	0.0%	22.4%	22.4%	0.0%	0.0%	15.9%	15.9%
Alle schepen	0.9%	30.4%	68.8%	100.0%	0.8%	40.7%	58.4%	100.0%

### 5.3.2 Schade aan de windturbines

Voor de gevolgschade aan de windturbines worden vier typen onderscheiden: geen schade, de turbine kan scheef gaan staan, de turbine kan omvallen, de gondel en mast kunnen op het schip vallen. De frequentie van deze verschillende typen is voor het gehele windpark gesommeerd en voor de 8 MW variant gegeven in Tabel A1-4 in de appendix. In Tabel 5-5 is voor beide varianten per type gevolgschade het aandeel in de totale aanvarings- en aandrijvingsfrequentie gegeven. Hieruit blijkt bijvoorbeeld dat voor de 8 MW en 10 MW variant bij respectievelijk 17.4% en 21.9% van de aanvaringen of aandrijvingen de turbine als gevolg ervan scheef staat. In 50.6% en 41.5% van de gevallen zal er geen schade aan de turbine zijn. Dat dit percentage voor de variant met 10 MW turbines op monopiles lager ligt dan voor de variant met 8 MW op jackets, heeft vooral te maken met het lagere aandeel van aanvaringen door doorvaart bij de laatste variant (zie Tabel 5-2). Deze aanvaringen vinden namelijk met relatief lage impact plaats. Zoals eerder vermeld wordt de vorm van de fundering (jacket of monopile) in de berekeningen niet meegenomen bij het bepalen van de schade.

**Tabel 5-5 Aandeel in de totale aanvarings- of aandrijvingsfrequentie per variant en type schade aan de turbine**

Schade aan turbine	8 MW variant		10 MW variant	
	Aantal per jaar	Aandeel in frequentie	Aantal per jaar	Aandeel in frequentie
Geen	0.048376	50.6%	0.023232	41.5%
Scheef	0.016648	17.4%	0.012274	21.9%
Omvallen	0.029411	30.8%	0.019896	35.5%
GosMos	0.001110	1.2%	0.000634	1.1%
Totaal	0.095546	100.0%	0.056036	100.0%

Op basis van de gemiddelde massa van een bepaald scheepstype en scheepsgrootte en de gemiddelde snelheid kan de kinetische energie bepaald worden op het moment van 'impact'. De verdeling van de aanvaar/aandrijffrequenties voor de verschillende impactenergieniveaus is gegeven in Tabel A1-5.

Uit deze tabel volgt dat bij de 8 MW variant ongeveer 42.2% van de contacten met turbines door driften wordt veroorzaakt, en 57.8% door rammen. Voor 26.2% van de gevallen is het energieniveau lager dan 1 MJ. Hierbij is vrijwel altijd sprake van niet-routegebonden verkeer (26.0% tegen 0.2% routegebonden verkeer).

Figuur A1-2 bevat nogmaals de aanvaringsfrequenties, maar in dit geval alleen voor schepen groter dan 24m. Met deze figuur wordt weergegeven hoe vaak aanvaringen met een bepaalde impact voorkomen. Het aantal aanvaringen dat een impact heeft boven een bepaalde energiewaarde, zal afnemen naarmate die drempelwaarde (op de y-as) toeneemt. De lijnen lopen dus richting de y-as. De groene lijn valt bij 158 MJ ( $\approx 10^{2.2}$ ) samen met de y-as. Dit betekent dat er nooit aandrijvingen met een impact van meer dan 158 MJ plaatsvinden. De blauwe en rode lijn vallen vanaf dat energieniveau samen. Alleen aanvaringen hebben dus een impact van meer dan 158 MJ.

### 5.3.3 Milieuschade

De schade aan het milieu als gevolg van een aanvaring/aandrijving van een windturbine wordt bepaald door de hoeveelheid olie die uit een schip stroomt. Er worden twee hoofdtypen olie onderscheiden: bunkerolie en ladingolie. In Tabel A1-6 wordt voor de eerste variant de frequentie voor de uitstroom van bunkerolie gegeven voor verschillende volumeklassen voor de uitstroom. In Tabel A1-7 wordt de frequentie van de uitstroom van ladingolie gegeven. Voor de uitstroom van ladingolie wordt uitgegaan van enkelwandige tankers. In Tabel A1-8 worden beide oliesoorten naast elkaar gezet.

De totale kans op een uitstroom van olie en de gemiddelde hoeveelheid uitstroom per jaar per variant is gegeven in Tabel 5-6. Op basis van de frequenties is de gemiddelde tijd tussen twee uitstromingen van olie bepaald, bijvoorbeeld  $1/(0.001965+0.000051) \approx 496$  jaar voor de 8 MW variant.

De gemiddelde uitstroom van 0.667 m<sup>3</sup> ladingolie voor deze variant in Tabel 5-6 dient alleen als vergelijking. Een uitstroom van 0.667 m<sup>3</sup> ieder jaar geeft immers een heel andere milieubelasting dan een uitstroom van 667 m<sup>3</sup> eens in de 1000 jaar op één bepaald moment. In de appendix is daarom in Tabel A1-6 en Tabel A1-7 de verdeling van het uitstroomvolume over verschillende volumeklassen gegeven.

Om een idee te krijgen van wat dit betekent is de uitstroom aan olie ten gevolge van een ongeval (alle verschillende typen) voor het gehele NCP toegevoegd (uit [7]). Dit getal geldt voor de situatie zonder windparken, en gaat nog uit van de oude routestructuur van voor 1 augustus 2013. De frequentie van uitstroom van bunkerolie en ladingolie op het NCP neemt als gevolg van het risico op aanvaring met een windturbine van variant 8 MW toe met  $(0.001965+0.000051) / (0.353402+0.148723) * 100 \approx 0.4\%$ . Voor de 10 MW variant ligt dit lager (0.3%).

**Tabel 5-6** *Uitstroomfrequentie en hoeveelheid van bunkerolie en ladingolie*

Variant	Bunkerolie			Ladingolie			Totaal
	Frequentie	Eens in de ... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m <sup>3</sup>	Frequentie	Eens in de ... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m <sup>3</sup>	Eens in de ... jaar
Variant 8 MW	0.001965	509	0.558	0.000051	19776	0.667	496
Variant 10 MW	0.001507	663	0.442	0.000041	24337	0.550	646
Gehele NCP (zonder windparken) <sup>1</sup>	0.353402	2.8	68.04	0.148723	6.7	1499.5	2

Uit Tabel 5-6 volgt ook dat zowel de frequentie als de gemiddelde hoeveelheid uitstroom bunker- en ladingolie hoger is voor de 8 MW variant dan voor de 10 MW variant.

<sup>1</sup> De uitstroom als gevolg van een ongeval (alle verschillende typen) op het gehele NCP zonder windparken [7]. Hierbij is nog uitgegaan van de oude routestructuur op de Noordzee, en niet de situatie vanaf augustus 2013.



Naast de uitstroom van olie veroorzaakt ook de uitstroom van chemicaliën schade aan het milieu. Niet alle soorten chemicaliën zijn even schadelijk voor het milieu. De mate waarin een bepaalde stof schadelijk is, wordt aangeduid met het ecologisch risico. In Tabel 5-7 worden de frequenties gegeven van de uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aanvaring/aandrijving van een windturbine per ecologisch risico.

De frequentie van uitstroom van chemicaliën is voor de 8 MW variant hoger dan voor de 10 MW variant.

**Tabel 5-7** *Frequentie van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aandrijving van een windturbine*

Ecologische risico-indicator	Variant 8 MW	Variant 10 MW
Zeer hoog ecologisch risico	0.000055	0.000044
Hoog ecologisch risico	0.000015	0.000012
Gemiddeld ecologisch risico	0.000011	0.000009
Gering ecologisch risico	0.000092	0.000072
Verwaarloosbaar ecologisch risico	0.000052	0.000040
Totaal	0.000226	0.000177
Eens in de ... jaar	4429	5656

#### 5.3.4 Persoonlijk letstel

Persoonlijk letstel wordt veroorzaakt doordat de gondel en de mast op het dek van een schip kunnen vallen als gevolg van een aanvaring of aandrijving van een turbine. In Tabel A1-10 is voor de 8 MW variant een overzicht gegeven van het aantal directe doden als gevolg van het op het dek vallen van de gondel en de mast. Ook wordt een indicatie gegeven van het groepsrisico. Bij het groepsrisico is de kans op een ramp met meer dan 10 dodelijke slachtoffers gegeven. Een dergelijke ramp doet zich alleen maar voor wanneer een ferry, container- of RoRo-schip de windturbine aanvaart, waarna deze knikt en op het dek terecht komt.

Bij de 8 MW variant is het verwachte gemiddelde aantal doden per jaar als gevolg van een aanvaring of aandrijving van een turbine  $0.001062$  ( $1.1 \times 10^{-3}$ , zie Tabel A1-10). Het verwachte aantal doden voor de 10 MW variant is  $0.000657$  ( $6.6 \times 10^{-4}$ , zie Tabel A2-10). Voor de frequenties per scheepstype wordt verwezen naar de detailtabellen in Appendix A.

#### 5.4 Effecten en overige risico's voor de scheepvaart als gevolg van een wijziging in de routestructuur

Naast de mogelijke aanvaringen met windturbines kan de aanwezigheid van windparken in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) ook op andere gebieden effect hebben op de scheepvaart. Zo zal omvaren van schepen voor extra kosten zorgen en zal door omvaren de dichtheid op de verkeersroutes op zee toenemen. Bovendien heeft het verleggen van de routes en een verandering van intensiteiten ook een mogelijk effect op de onderlinge ontmoetingen van schepen, en daarmee ook op het risico van onderlinge aanvaringen.

Tabel 5-8 geeft de effecten van de aanwezigheid van windparken in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) op de scheepvaartongevallen buiten het windenergiegebied op de EEZ, als gevolg van de veranderingen van de vaarroutes ten opzichte van het basis scenario zonder windparken. Aangezien de drukke verkeersstromen rond het windenergiegebied niet verschuiven en alleen de rustigere stromen door het gebied beïnvloed worden, zijn er niet of nauwelijks effecten waarneembaar in deze resultaten.

#### 5.4.1 Aantal aanwezige schepen

In de bovenste rijen van de Tabel 5-8 staan in de laatste drie kolommen de effecten op de aantallen aanwezige schepen per scheepstype. De eerste kolom hiervan geeft het absolute aantal aanwezige schepen onder het cumulatieve scenario met aanwezigheid van windparken alle kavels van het windenergiegebied. De kolom daarnaast geeft het absolute verschil ten opzichte van het basis scenario en de laatste kolom geeft het relatieve verschil ten opzichte van het basis scenario.

#### 5.4.2 Veiligheid

In de tabel staat onder 'veiligheid' het effect van de veranderde routes op het aantal ongevallen weergegeven per ongevalstype. De eerste kolom geeft het aantal ongevallen in het verkeersscenario waarbij alle kavels in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) zijn afgesloten. De kolommen ernaast geven respectievelijk de absolute en relatieve toename of afname ten opzichte van het basis scenario. Er is een kleine toename van het totale aantal ongevallen te zien van 0.0328 per jaar (0.125%). Dit komt met name door een kleine toename van het aantal aanvaringen (toename 0.250%), en een kleine toename van het aantal strandingen door motorstoring (0.047%). De toename van het aantal aanvaringen wordt (in de berekeningen) met name veroorzaakt doordat het niet-routegebonden verkeer groter dan 24m vanuit het windenergiegebied verplaatst is naar de omliggende gebieden, waaronder ook de gebieden met drukke vaarroutes. Het is echter niet zeker waar bijvoorbeeld de vissersschepen in de nieuwe situatie zullen gaan vissen, en het ligt voor de hand dat dit buiten de drukke vaarroutes zal zijn. De toename zal derhalve in werkelijkheid kleiner zijn.

#### 5.4.3 Economisch effect

Het economisch effect komt tot uitdrukking in het aantal afgelegde zeemijlen in de EEZ. Het aantal afgelegde zeemijlen verandert vrijwel niet. De kleine toename door omvaren voor de EEZ is door afronding niet zichtbaar in de tabel.

#### 5.4.4 Emissies

De extra emissies als gevolg van het nieuwe windparkscenario zijn gerelateerd aan de extra zeemijlen, en afhankelijk van scheepstype en scheepsgrootte. Deze extra emissies worden in de onderste rijen van de tabellen gegeven wat betreft CO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> door schepen in de gehanteerde verkeersdatabase, en alleen binnen de EEZ.

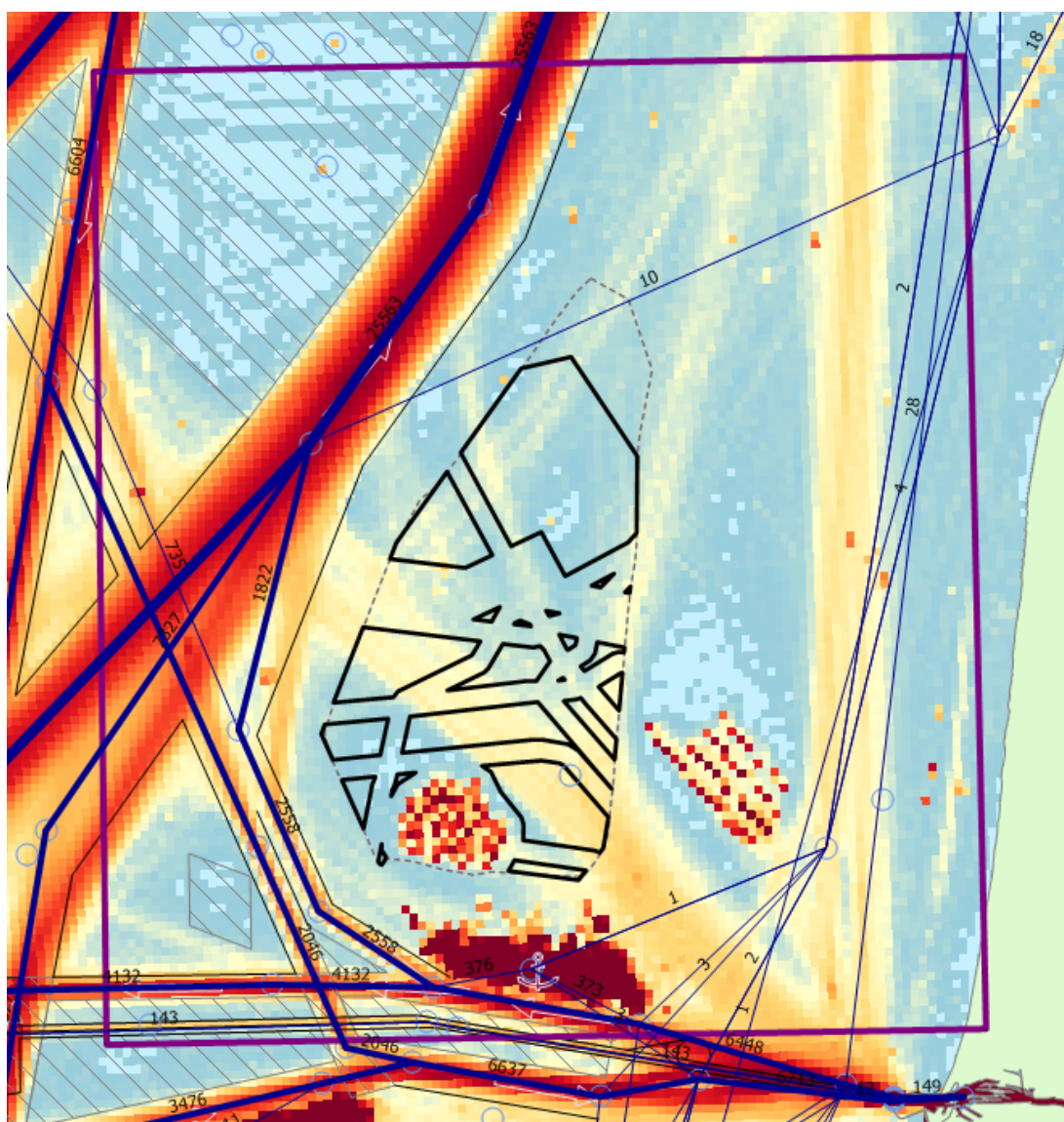
**Tabel 5-8**      **Scoretabel voor de effecten van de aanwezigheid van windparken in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) op de scheepvaart binnen de EEZ**

Omschrijving	Eenheid	Resultaat voor EEZ na aanpassing van het verkeer Hollandse Kust (noord)	Absoluut effect t.o.v. het basis scenario	Relatief effect t.o.v. het basis scenario
<b>Algemeen</b>				
Gemiddeld aantal aanwezige schepen:				
OBO's		0.560	0.0000	0.000%
Chemicaliëntankers		26.558	0.0000	0.000%
Olietankers		8.914	0.0000	0.000%
Gastankers		5.387	0.0000	0.000%
Bulkers		10.310	0.0000	0.000%
Unitised		33.378	0.0000	0.000%
General Dry Cargo		50.832	0.0000	0.000%
Passagiersschepen + conventionele ferries		2.917	0.0000	0.000%
High Speed Ferries		0.052	0.0000	0.000%
Overig		1.842	0.0000	0.000%
Totaal routegebonden		140.750	0.0000	0.000%
Totaal niet-routegebonden (zie 3.3.1.2)		151.386	0.0000	0.000%
<b>Veiligheid</b>				
Aantal schepen betrokken bij een aanvaring	aantal/jaar	12.823	0.0320	0.250%
Stranding als gevolg van navigatiefout	aantal/jaar	8.600	0.0000	0.000%
Stranding als gevolg van motorstoring	aantal/jaar	1.577	0.0007	0.047%
Zinken	aantal/jaar	0.659	0.0000	0.001%
Gat in scheepshuid	aantal/jaar	1.356	0.0000	0.001%
Brand/explosie	aantal/jaar	1.228	0.0000	0.000%
Totaal		26.243	0.0328	0.125%
<b>Economische effect</b>				
Kosten van afgelegde zeemijlen	M€ / jaar	1450.002	0.0000	0.000%
<b>Emissies</b>				
CO2	kton / year	4651	0	0.000%
CO	kton / year	18	0	0.000%
SO2	kton / year	48	0	0.000%
NOx	kton / year	121	0	0.000%

#### 5.4.5 Lokale effecten wijziging routestructuur

Naast de effecten als gevolg van een wijziging in de routestructuur voor de gehele EEZ is ook naar het lokale effect gekeken. Hiervoor zijn dezelfde parameters bepaald als weergegeven in Tabel 5-8, alleen nu voor het paars omrande gebied weergegeven in Figuur 5-1. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 5-9.

Ook lokaal is een lichte toename van het totaal aantal ongevallen te zien van 0.0334 (2.398% voor dit gebied). Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door toename van het aantal aanvaringen met 3.273% en voor een klein deel door toename van het aantal strandingen door motorstoring met 0.252%. Zoals al beschreven bij de resultaten voor de EEZ, komt de toename van het aantal aanvaringen door verplaatsing van het niet-routegebonden verkeer groter dan 24m vanuit het windenergiegebied naar de directe omgeving van het gebied.



**Figuur 5-1** Het beschouwde gebied voor de lokale analyse



**Tabel 5-9**      **Scoretabel voor de effecten van de aanwezigheid windparken in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) op de scheepvaart binnen een lokaal gebied (zie Figuur 5-1)**

Omschrijving	Eenheid	Resultaat voor directe omgeving na aanpassing van het verkeer Hollandse Kust (noord)	Absoluut effect t.o.v. het basis scenario	Relatief effect t.o.v. het basis scenario
<b>Algemeen</b>				
Gemiddeld aantal aanwezige schepen:				
OBO's		0.020	0.0000	0.000%
Chemicaliëntankers		0.646	0.0000	0.000%
Olietankers		0.168	0.0000	0.000%
Gastankers		0.136	0.0000	0.000%
Bulkers		0.462	0.0000	0.000%
Unitised		1.300	0.0000	0.000%
General Dry Cargo		2.425	0.0000	0.000%
Passagiersschepen + conventionele ferries		0.210	0.0000	0.000%
High Speed Ferries		0.000	0.0000	
Overig		0.054	0.0000	0.000%
Totaal routegebonden		5.421	0.0000	0.000%
Totaal niet-routegebonden (zie 3.3.1.2)		15.427	0.0000	0.000%
<b>Veiligheid</b>				
Aantal schepen betrokken bij een aanvaring	aantal/jaar	1.052	0.0333	3.273%
Stranding als gevolg van navigatiefout	aantal/jaar	0.116	0.0000	0.001%
Stranding als gevolg van motorstoring	aantal/jaar	0.037	0.0001	0.252%
Zinken	aantal/jaar	0.052	0.0000	0.000%
Gat in scheepshuid	aantal/jaar	0.094	0.0000	0.000%
Brand/explosie	aantal/jaar	0.077	0.0000	0.000%
Totaal		1.427	0.0334	2.398%
<b>Economische effect</b>				
Kosten van afgelegde zeemijlen	M€ / jaar	53.722	0.0000	0.000%
<b>Emissies</b>				
CO <sub>2</sub>	kton / year	208	0	0.000%
CO	kton / year	1	0	0.000%
SO <sub>2</sub>	kton / year	2	0	0.000%
NO <sub>x</sub>	kton / year	2	0	0.000%

## 5.5 Het effect van het werkverkeer op het risico

Gedurende de bouwperiode varen dagelijks enkele schepen van en naar het windpark. De meeste van deze vaarbewegingen worden uitgevoerd met normale snelheid en geven daardoor niet meer hinder voor de andere scheepvaart dan een normale scheepsbeweging. Het effect van deze scheepvaart op het totale risico in een gebied hangt af van de drukte in het gebied. Deze vaarbewegingen moeten gezien worden als normale bedrijvigheid. Het verhoogde risico is van tijdelijke aard.

IJmuiden zal mogelijk de uitvalsbasis voor het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) worden. Vanuit IJmuiden naar het windenergiegebied is het gemiddeld ongeveer 2 uur varen. Met acht schepen zijn dit  $8 \times 2 \text{ uur} \times 2$  (heen + terug) = 32 extra vaaruren per dag. Tijdens de bouwperiode is dus gemiddeld  $32/24 = 1\frac{1}{3}$  extra schip aanwezig (buiten het park) per dag. Deze extra scheepsbewegingen vinden voornamelijk overdag plaats. Op een totaal van gemiddeld 300 aanwezige schepen op het NCP is dit een verhoging van 0.44%. Gedurende de bouwperiode is de kans op een aanvaring tussen schepen door de verhoogde verkeersintensiteit daarom  $(1.0044^2 - 1) \times 100\% \approx 0.89\%$  hoger<sup>1</sup> dan normaal. In de praktijk zal dit minder zijn omdat de schepen een deel van de tijd in relatief stille gebieden varen.

De kans op een ander type scheepsongeval neemt in deze periode toe met 0.44% (lineair met de toename van het aantal schepen).

## 5.6 Radardekking van de Nederlandse havens

Het te ontwikkelen windenergiegebied Hollandse Kust (noord) wordt gedeeltelijk gedekt door het bereik van de walradarketen (walradar plus steunzenders) vanuit de Nederlandse havens Amsterdam/IJmuiden en Den Helder. Hierdoor is er nu radarzicht op de nog te ontwikkelen kavels.

Wanneer alle kavels in het windenergiegebied met windturbines bebouwd zijn, is het aannemelijk dat de kwaliteit en het bereik van het huidige radarbeeld van de walradarketen afneemt door de effecten (verstoringen) die windparken hebben op radar performance. De meest voorkomende effecten zijn hierbij het ontstaan van valse echo's achter de windparken (terwijl er drukke verkeersroutes achter het windenergiegebied lopen) en de degradatie van het huidige radarbeeld, zowel wat betreft bereik, betrouwbaarheid als nauwkeurigheid. Beide effecten zorgen voor verwarring met mogelijk gevaarlijk gedrag bij andere scheepvaart, en/of verwarring bij scheepvaartbegeleiding waardoor de scheepvaartveiligheid afneemt. Naar de exacte effecten van windparken op radar dient nog verder en specifiek onderzoek gedaan te worden.

De scheepvaartbegeleiding (VTS en Kustwacht) heeft weliswaar met de komst van AIS een ondersteunende sensor voor de beeldopbouw en is niet meer alleen afhankelijk van de radarwaarnemingen. Toch is het noodzakelijk dat de kwaliteit en het bereik van het radarbeeld van de walradarketen gegarandeerd kan worden. Voor de positiebepaling van schepen geeft een radarpositie de "ware" aanwezigheid van een object weer (verstoringen daargelaten) en geeft AIS een aanvullend of bevestigend beeld. De werking van AIS berust echter op een ander principe, waardoor nooit alleen op AIS-informatie vertrouwd kan worden voor de beeldopbouw. Een belangrijke reden hiervoor is dat AIS relatief eenvoudig gemanipuleerd kan worden door verstoring van buitenaf (spoofing/jamming) of door (bewust) menselijk handelen (uitschakelen van AIS of het bewust uitzenden van andere posities). Bovendien is ook niet gegarandeerd dat er in windparken volledige AIS dekking is.

<sup>1</sup> Het aantal aanvaringen tussen schepen neemt kwadratisch met de intensiteit toe.

## 5.7 Kruisende scheepvaart

Op dezelfde wijze als in 3.7 zijn voor één locatie bij het windpark waar verkeer elkaar kan kruisen, de zichtlijnen en schaduwstukken bepaald zowel voor de variant met 8 MW turbines op jackets van 17 x 17 meter, als voor de variant met 10 MW op monopiles met een diameter van 10 meter. In het geval van de jackets is de grootte van het schaduwstuk ook afhankelijk van de hoek waaronder de jacket wordt gezien. Er wordt daarom gerekend met de gemiddelde breedte waaronder het jacket wordt gezien, te weten  $21.64\text{m} (= (L+B) \times 2/\pi)$ .

De configuratie van het windpark ligt op dit moment nog niet vast, maar de resultaten voor de twee varianten geven een indicatie van eventuele hinder door zichtbelemmering.

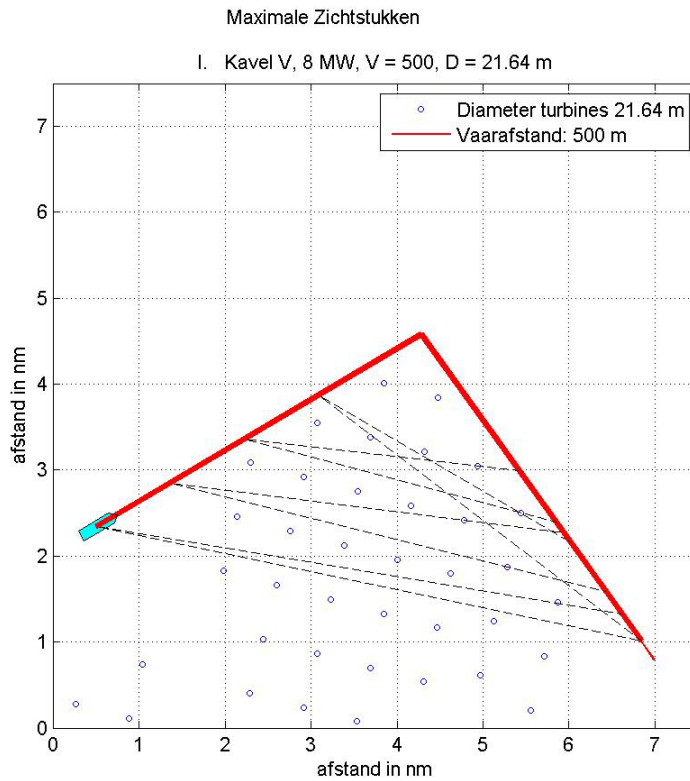
### 5.7.1 Kruisend verkeer (niet-routegebonden met niet-routegebonden) aan de noordzijde van het windpark

Bij de noordhoek van het windpark kan een noordwaarts varende schip, varende langs het windpark op 500m afstand, een westwaarts varende schip ontmoeten, varende op dezelfde afstand van het windpark. Het noordwaarts varende schip is hierbij uitwijkplichtig, en zal daarom het westwaarts varende schip tijdig willen waarnemen.

In Figuur 5-2 en Figuur 5-3 is de situatie voor de twee varianten weergegeven. Hierbij zijn ter indicatie de maximale zichtstukken voor het noordoostwaarts varende schip voor diverse posities tijdens het naderen weergegeven. Te zien in die figuur is dat de hoek tussen de lijnen steeds groter wordt. Dit geeft aan dat het zicht op het traject van het andere schip steeds beter wordt.

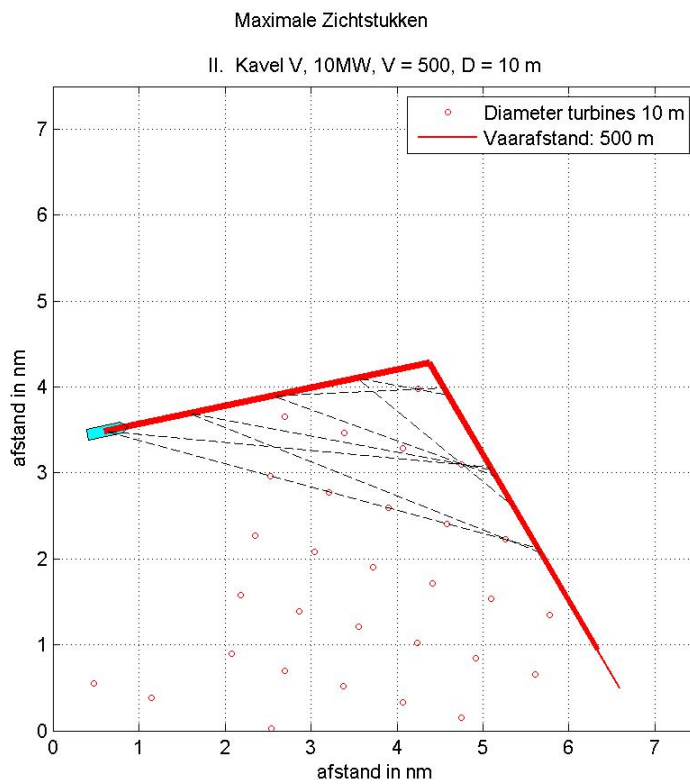
Figuur 5-4 en Figuur 5-5 laten zien dat er binnen de laatste mijl (op 0.6 mijl voor de kruising) nog wel een schaduwstuk aanwezig is (voor 10MW variant). Deze wordt veroorzaakt door de uiterste windturbine in de noord hoek. Voor de 8MW variant is er geen schaduw stuk zichtbaar binnen 1 mijl van de kruising. Dit wordt grotendeels veroorzaakt door de opstelling van de turbines in de "punt"

Over het algemeen zullen noordwaarts alleen kleinere schepen op 500m langs het park varen. Grotere schepen varen verder van het windpark af, hetzij reeds in de drukke noordwaartse verkeersstroom. Deze schepen hebben daardoor meer tijd en ruimte om kleinere westwaarts varende schepen te zien en eventueel te ontwijken. Kleinere schepen hebben aan de 0.6 tot 1 mijl genoeg om uit te wijken.



**Figuur 5-2**

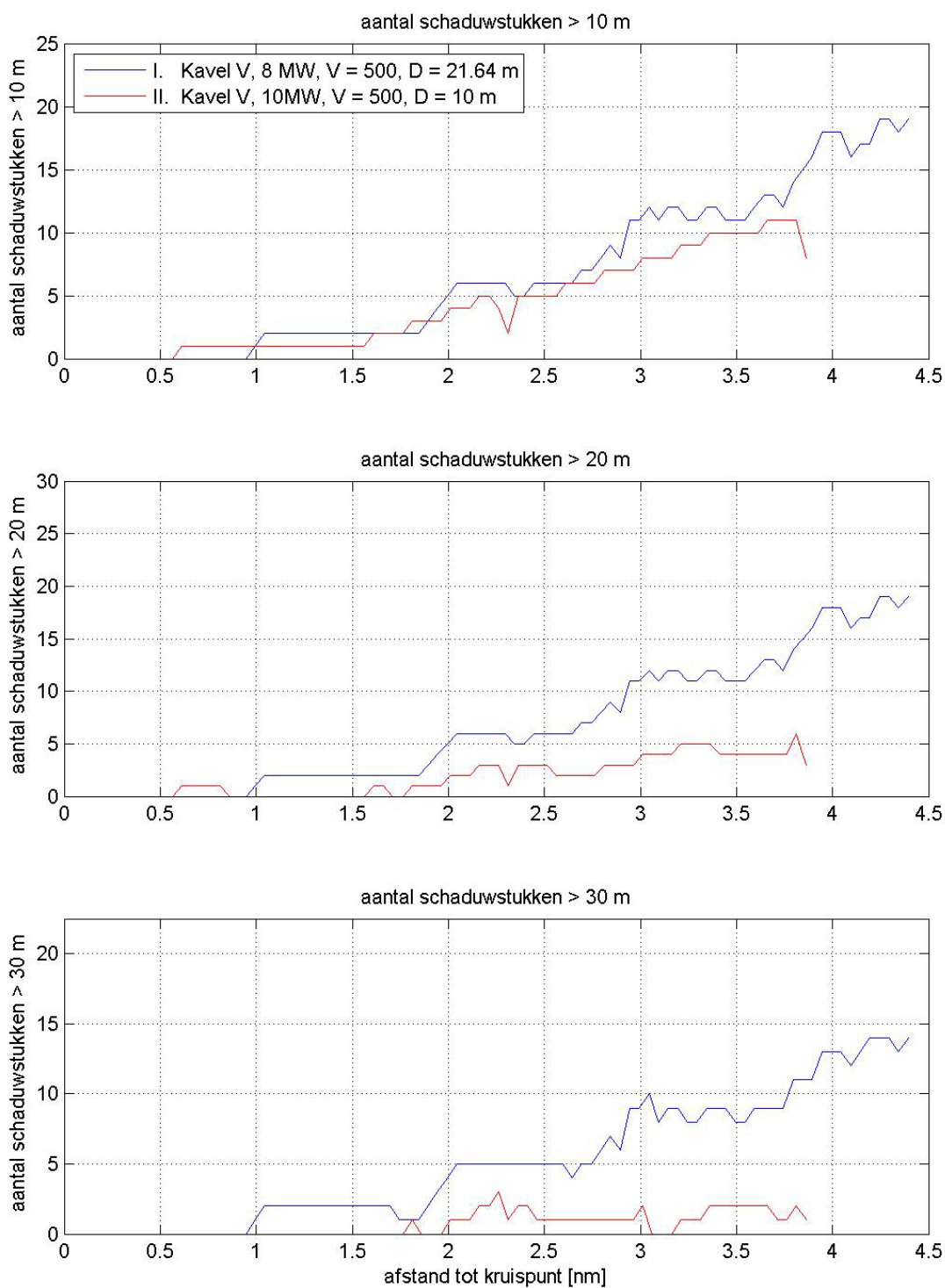
**Ontmoeting met een noordwestwaarts varende schip bij de noordhoek van kavel V, gezien vanuit een noordoostwaarts langs het park varende schip voor de 8 MW variant met jackets**



**Figuur 5-3**

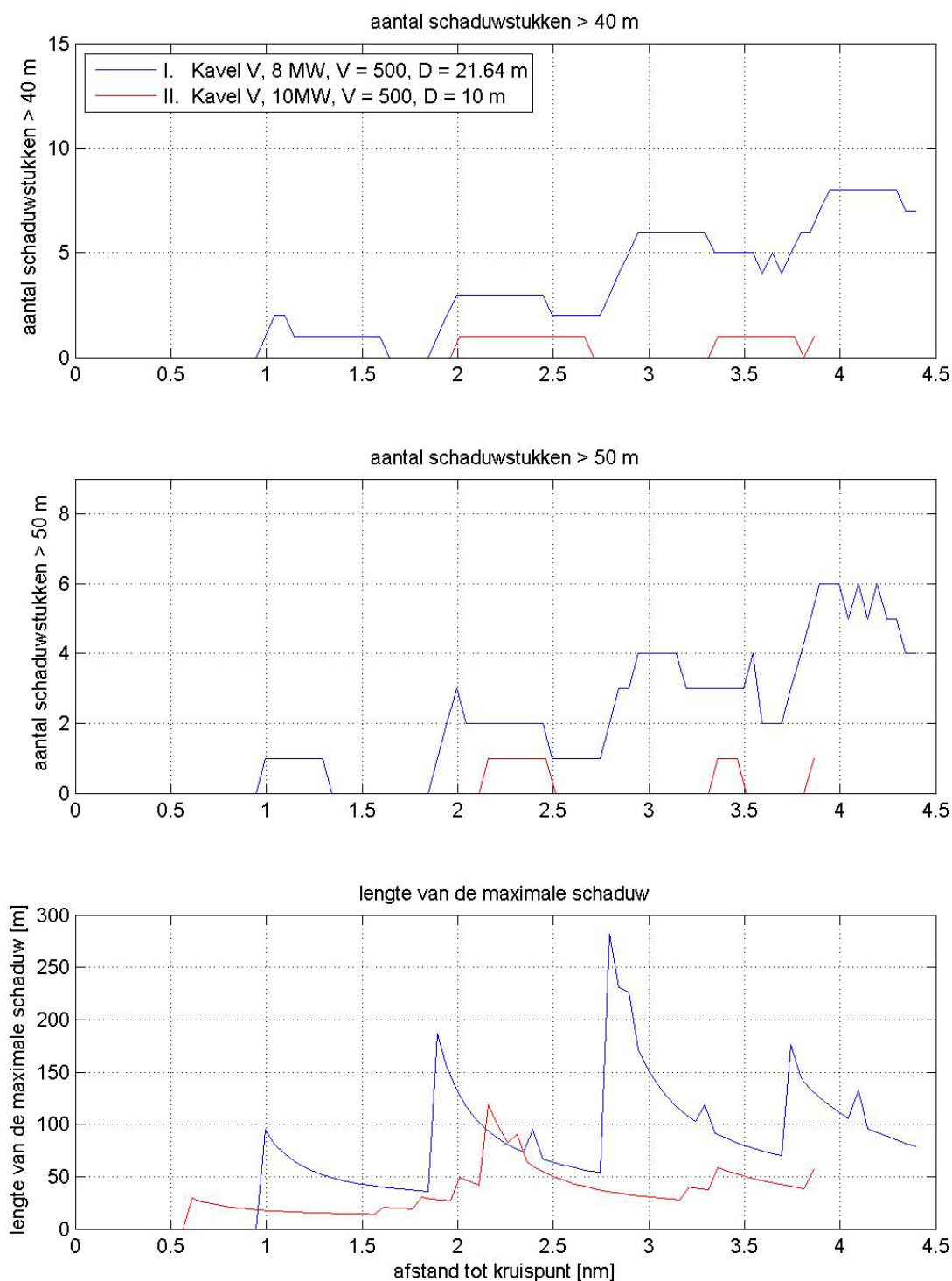
**Ontmoeting met een noordwestwaarts varende schip bij de noordhoek van kavel V, gezien vanuit een noordoostwaarts langs het park varende schip voor de 10 MW variant met monopiles**





Figuur 5-4

**Aantallen schaduwstukken >10m, >20m en >30m voor de ontmoeting bij de noordhoek gezien vanuit het noordoostwaarts langs het park varend schip voor beide varianten**



Figuur 5-5

**Aantallen schaduwstukken >40m en >50m, en de maximale lengte van schaduwstukken voor de ontmoeting bij de noordhoek gezien vanuit het noordoostwaarts langs het park varend schip voor beide varianten**

### 5.7.2 Kruisend verkeer bij de corridor aan de westzijde van het windpark

Als tweede variant is gekeken naar een ontmoeting tussen een schip komende uit de corridor (aan de west kant) met een schip in de verkeersbaan in noordelijke richting.

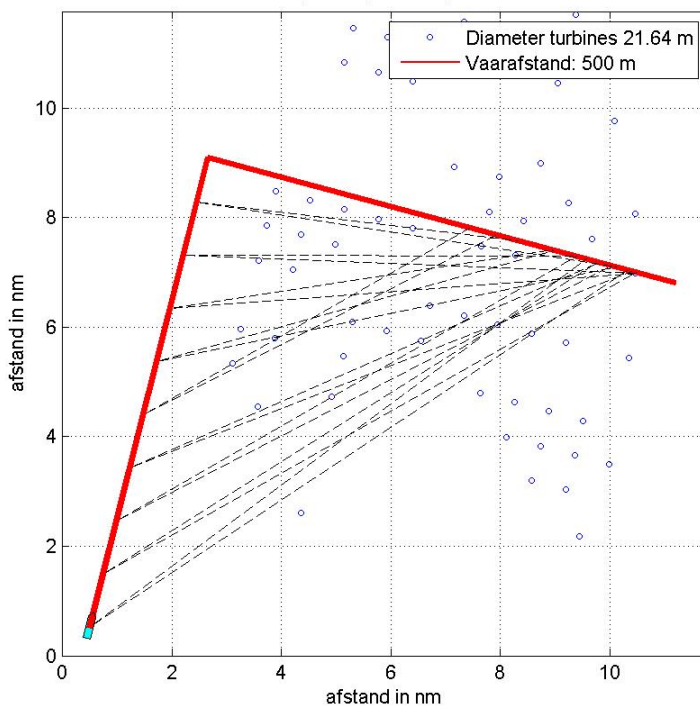
In Figuur 5-2 en Figuur 5-3 is de situatie voor de twee varianten weergegeven. Hierbij zijn ter indicatie de maximale zichtstukken voor het noordwaarts varende schip voor diverse posities tijdens het naderen weergegeven. Te zien in die figuur is dat de hoek tussen de lijnen steeds groter wordt. Dit geeft aan dat het zicht op het traject van het andere schip steeds beter wordt.

Figuur 5-6 en Figuur 5-7 laten zien dat er binnen de laatste mijl voor de kruising vrijwel geen schaduw stukken aanwezig zijn. De grotere schaduwstukken (groter dan 40m) worden zelfs niet binnen de 2 mijl voor het kruispunt waargenomen.

De schepen door de corridor zijn maximaal ongeveer 110m lang, en hebben daarom met de 1 tot 2 mijl tijd en afstand genoeg om een eventueel klein westwaarts varende schip te ontwijken.

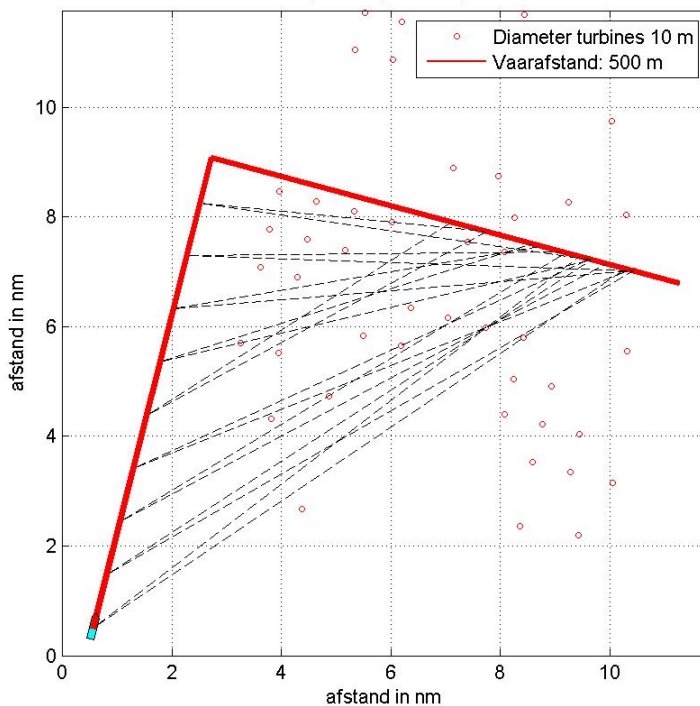
Maximale Zichtstukken

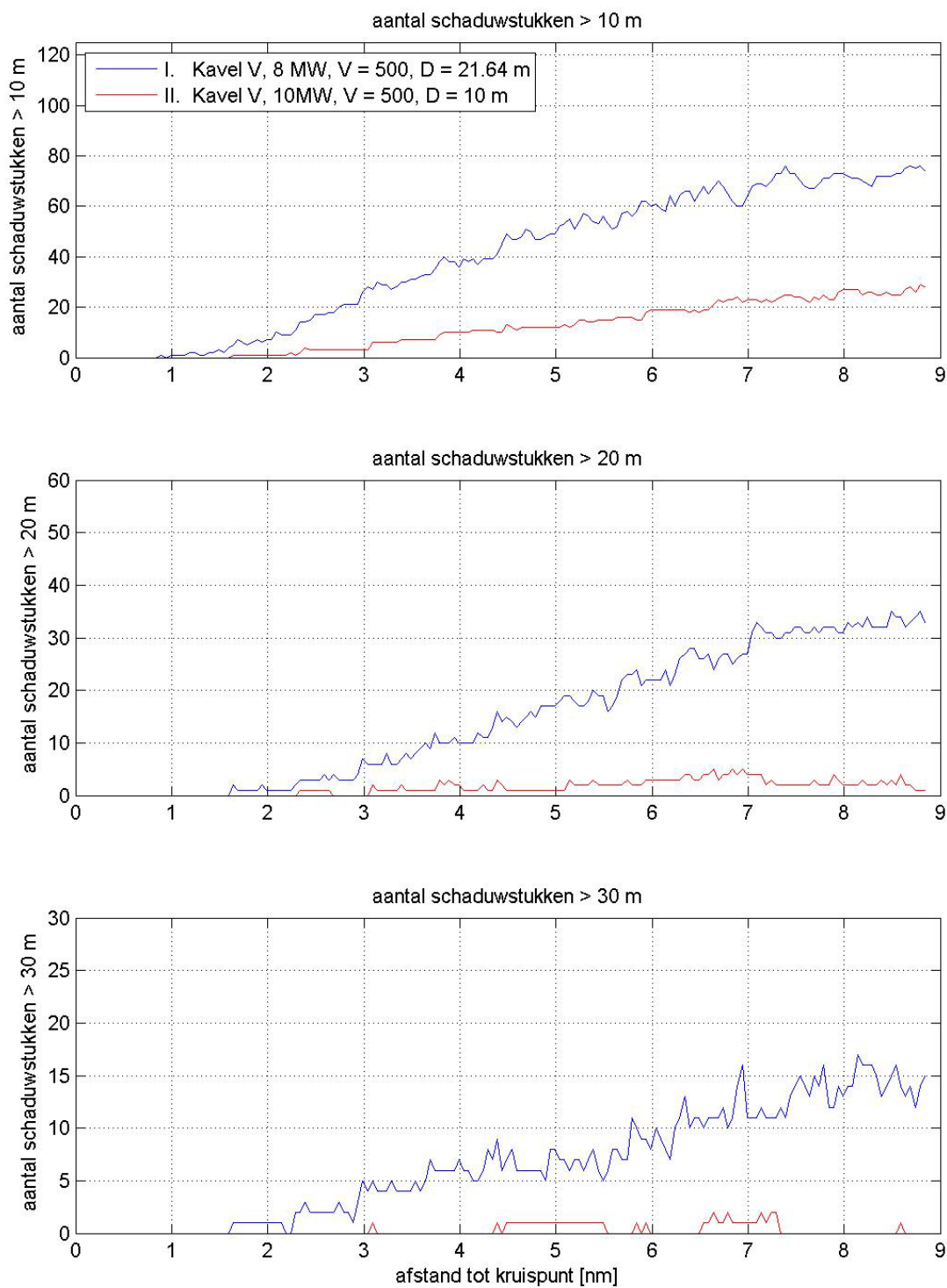
I. Kavel V, 8 MW, V = 500, D = 21.64 m



Maximale Zichtstukken

II. Kavel V, 10MW, V = 500, D = 10 m

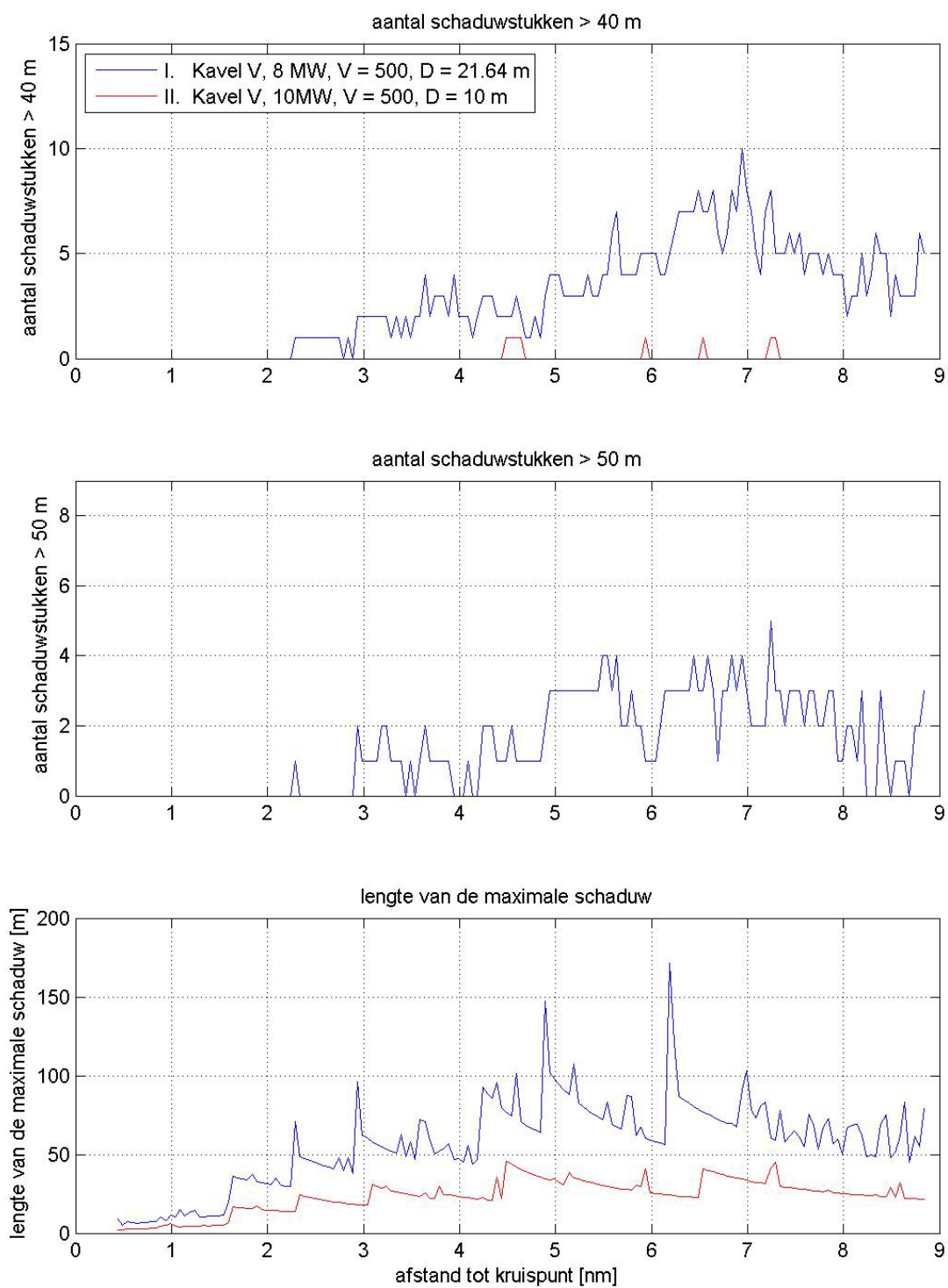




Figuur 5-6

**Aantallen schaduwstukken >10m, >20m en >30m voor de ontmoeting bij de west kant van de corridor gezien vanuit het schip in de noordgaande vaarroute voor beide varianten**





Figuur 5-7

**Aantallen schaduwstukken >40m en >50m, en de maximale lengte van schaduwstukken voor de ontmoeting bij de west kant van de corridor gezien vanuit het schip in de noordgaande vaarroute voor beide varianten**

## 6 MAATREGELEN

### 6.1 Gebruik van AIS

Sinds 1 januari 2005 zijn alle zeevaartschepen boven de 300 GT (ongeveer 55 m) wettelijk verplicht om een AIS-transponder (Automatic Identification System) aan boord te hebben die de positie van het schip continu uitzendt. Recentere wetgeving legt ook kleinere schepen zoals vissers en recreatievaart de verplichting op om AIS te gebruiken. Schepen die in de buurt varen kunnen de uitgezonden signalen met hun eigen AIS ontvangen, waarmee de positie, koers en snelheid van het andere schip bekend wordt.

AIS, mits geïntegreerd in de navigatiehulpmiddelen op de scheepsbrug (zoals radar en/of elektronische zeekaart) en uitgaande van goede regelmatige overdracht van signalen, biedt in dat geval extra mogelijkheden om het kruisende schip vroegtijdig te zien, temeer daar AIS minder storingsgevoelig is dan radar door de aanwezigheid van windturbines in het windpark.

De goede regelmatige overdracht van signalen is hierbij wel een vereiste, en deze kan in het geding komen als de bandbreedte vol raakt en er niet voldoende time-slots beschikbaar zijn om elke twee seconden een positie update te geven. Hierdoor kunnen de posities uit de AIS van zulke schepen op de navigatiehulpmiddelen afwijken van de werkelijkheid en van de radar-posities. Een gegarandeerde AIS-dekking op zowel A- en B-niveau en een goede, regelmatige overdracht van signalen is daarbij wel een vereiste, en deze kan in het geding komen als de bandbreedte vol raakt en er niet voldoende time-slots beschikbaar zijn om elke twee seconden een positie update te geven. Als de AIS dekking of capaciteit van infrastructuur niet voldoende is voor het scheepvaartaanbod, dan zullen de posities uit de AIS van schepen op de navigatiehulpmiddelen van alle gebruikers (zowel VTS/Kustwacht als varende schepen) niet correct zijn. In deze gevallen zal AIS haar updates prioriteren via haar eigen algoritmes. Hierdoor zullen sommige schepen niet meer worden weergegeven en zullen andere met een tijdsvertraging worden weergegeven; AIS wijkt dan af van de werkelijkheid en van de radar-posities.

De verwachting is dat AIS, vooral wanneer AIS is geïntegreerd in de navigatiehulpmiddelen op de scheepsbrug, de veiligheid op zee zal bevorderen. In het SAFESHIP-project en de harmonisatie van de aannamen ten behoeve van veiligheidsstudies voor windparken voor de Duitse autoriteiten [6] is geconcludeerd dat door AIS de kans dat een schip tegen een windturbine aanvaart (rammen) zal afnemen met 20%.

Inmiddels varen de meeste vissers met een AIS-transponder, en gaat ook het overige kleine verkeer (recreatie) steeds meer AIS gebruiken, juist vanwege het veiligheidsaspect (kleine schepen worden met correct werkende AIS infrastructuur "gezien" door grotere). Hierdoor zal het probleem van kruisende scheepvaart steeds minder groot worden, mits echter de positie-updates voor de kleinere schepen ook continu worden doorgegeven. Zoals boven beschreven is het niet gegarandeerd dat dit altijd het geval is.

Door AIS zal de kans op een aandrijving niet veranderen. Een hele kleine (eerder theoretische) reductie wordt verwacht doordat een te hulp geroepen sleepboot de positie van de drifter beter kent en ook doordat men met de AIS-data sneller in staat is de dichtstbijzijnde sleepboot naar de drifter te sturen.

## 6.2 Inzet van een ETV (Emergency Towing Vessel)

Zoals uit de berekeningen volgt, vormt aandrijven een aanzienlijk deel van het risico. Een aandrijving, als gevolg van een storing in de voortstuwing, wordt voorkomen wanneer het schip voor anker kan gaan of de storing op tijd verholpen wordt. Met deze processen is in de berekening rekening gehouden.

Een derde mogelijkheid waardoor de storing niet tot een aandrijving leidt is wanneer de drifter vroegtijdig wordt opgevangen door een sleepboot.

Een sleepboot van de Nederlandse overheid (ETV, Emergency Towing Vessel) wordt naar een drifter gestuurd zodra er een melding binnenkomt bij de Kustwacht. Een dergelijke ETV kan een aandrijving voorkomen wanneer het schip de drifter kan bereiken voordat een windturbine wordt geraakt. De reductie van het aantal aandrijvingen hangt sterk af van de positie van de ETV op het moment van de melding. De thuishaven van de ETV is Den Helder. Bij een windkracht vanaf 5 Beaufort kan de ETV op wacht liggen in het Texel-verkeersscheidingsstelsel, omdat bij deze weersomstandigheden de kans op een drifter relatief groot is, evenals de kans op een aandrijving omdat de driftsnelheid relatief groot is.

De plaats van de ETV bij het verkeersscheidingsstelsel is gebaseerd op het huidige gevaar van een drifter met het oog op de offshore olie- en gasplatforms. Wanneer er veel windparken gebouwd gaan worden zou de positie van de ETV bij slecht weer kunnen veranderen. Om deze reden is de ETV niet in de standaardberekening opgenomen.

Voor Hollandse Kust (noord) is het effect van de ETV op het aantal aandrijvingen niet berekend. Uit eerdere studies is gebleken dat dit kan leiden tot een reductie van meer dan 50% tot 80% (afhankelijk van de locatie van het windpark t.o.v. de positionering van de ETV).

## 7 CONCLUSIES

Voor twee windparkvarianten in de kavels van windenergiegebied Hollandse Kust (noord) zijn berekeningen uitgevoerd naar de aanvaar- en aandrijfkansen van de turbines. Hierbij is uitgegaan van de situatie dat de kavels in het windenergiegebied zijn bebouwd. Een analyse van de verkeersstromen maakt duidelijk dat dit uitgangspunt geen grote gevolgen heeft voor de resultaten. De verkeersstromen die door het gebied lopen en beïnvloed worden door aanwezigheid van windparken in de overige kavels, zijn relatief klein.

De bestudeerde varianten van de kavels betreffen een variant van 95 8 MW windturbines op jackets, en een variant van 76 10 MW turbines op een monopile. Schepen tot 24m zullen door de windparken mogen varen. Voor deze schepen zijn de aanvarings- en aandrijvingskansen apart berekend. Onderstaande tabel geeft de totale kansen per variant. Voor de 8 MW variant zijn de kansen hoger dan voor de 10 MW variant. Dit komt zowel door het hogere aantal turbines als door het gebruik van jackets binnen de eerste variant.

De totale aanvaar- en aandrijffrequentie door verkeer groter dan 24m is 0.073882 voor de 8 MW variant, en 0.046974 voor de 10 MW variant. Dit is equivalent aan respectievelijk eens per 13.5 jaar en 21.3 jaar. Voor schepen kleiner dan 24m is de aanvaar- en aandrijffrequentie respectievelijk 0.021375 voor de 8 MW variant en 0.008895 voor de 10 MW variant, oftewel respectievelijk eens per 46.8 jaar en 112.4 jaar. Het energieniveau bij aanvaring is voor schepen kleiner dan 24m te laag om tot schade aan de windturbine te komen.

Van de aantallen ram-aanvaringen wordt in de berekeningen van de schade aangenomen dat 10% frontaal plaatsvindt, en 90% van de schepen slechts schampt. De frequentie van frontale ram-aanvaringen is dus een factor 10 lager dan van alle ram-aanvaringen in onderstaande tabel. Voor de 8 MW variant voor routegebonden schepen is dit dus bijvoorbeeld 0.000156 (eens per 6414 jaar).

Variant	Aantal turbines	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal aantal per jaar	Eens per ... jaar
		R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
variant 8MW Schepen >24m	95	0.001559	0.035049	0.028156	0.009117	0.073882	13.5
variant 8MW Schepen <24m	95	0.000000	0.018498	0.000000	0.002877	0.021375	46.8
variant 10MW Schepen >24m	76	0.001003	0.017185	0.022088	0.006698	0.046974	21.3
variant 10MW Schepen <24m	76	0.000000	0.007232	0.000000	0.001663	0.008895	112.4

Als gevolg van de 8 MW variant wordt eens per 496 jaar een uitstroom van olie verwacht, terwijl dit voor de 10 MW eens per 646 jaar is. De kans op uitstroom van bunkerolie en ladingolie op het gehele NCP neemt als gevolg van het risico op aanvaring met een windturbine in de kavels toe met respectievelijk 0.40% en 0.31%.

De frequentie van de uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aanvaring/aandrijving van het windpark is weergegeven in de volgende Tabel (Tabel 5-7). De verwachte uitstroom is voor de 8 MW variant eens per 4429 jaar en voor de 10 MW variant eens per 5656 jaar.

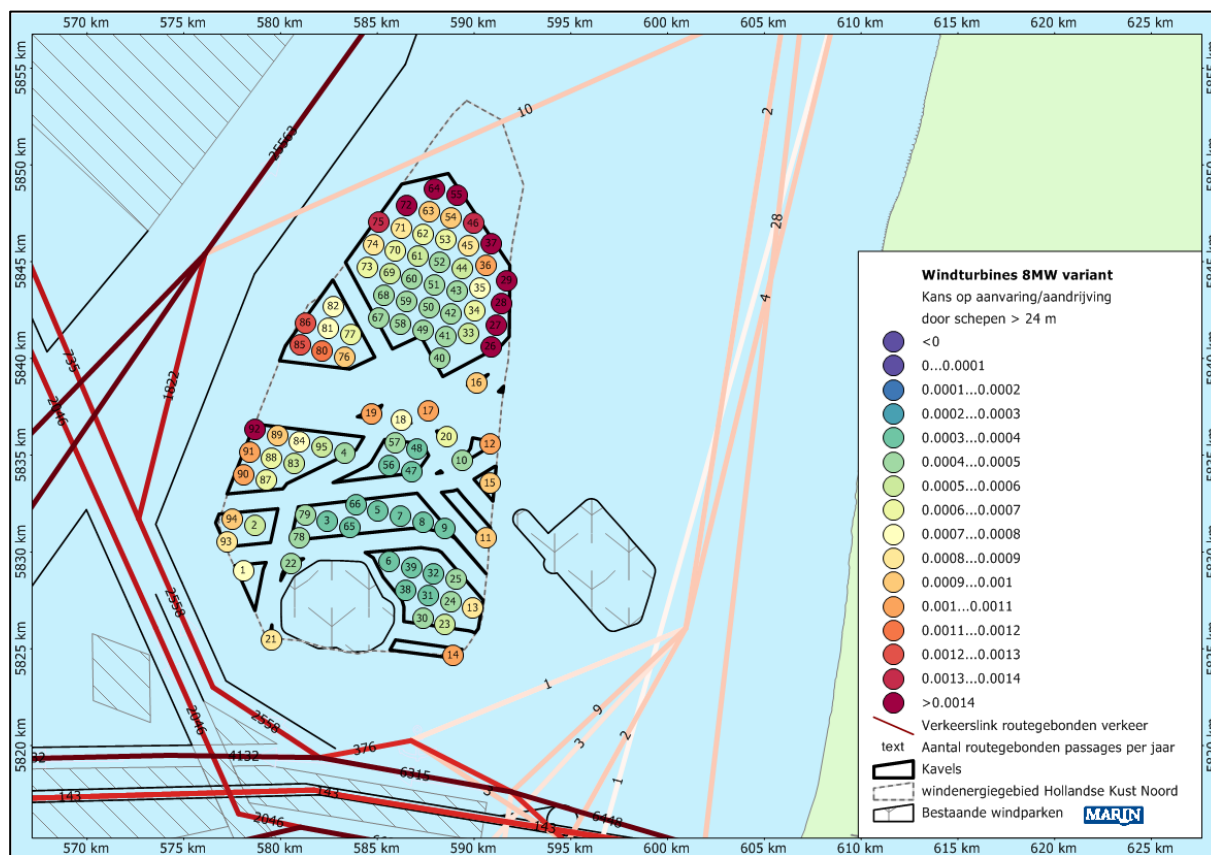
Ecologische risico-indicator	Variant 8 MW	Variant 10 MW
Zeer hoog ecologisch risico	0.000055	0.000044
Hoog ecologisch risico	0.000015	0.000012
Gemiddeld ecologisch risico	0.000011	0.000009
Gering ecologisch risico	0.000092	0.000072
Verwaarloosbaar ecologisch risico	0.000052	0.000040
Totaal	0.000226	0.000177
Eens in de ... jaar	4429	5656

De kans op persoonlijk letsel bij een aanvaring en aandrijving is bijzonder klein. Bij de 8 MW variant is het verwachte gemiddelde aantal doden per jaar als gevolg van een aanvaring of aandrijving van een turbine  $1.06 \times 10^{-3}$ ; het verwachte aantal doden voor de 10 MW variant is  $6.6 \times 10^{-4}$ .



## REFERENTIES

- [1] C. van der Tak, J.H. de Jong  
Safety Management Assessment Ranking Tool (SMART)  
8<sup>th</sup> International Symposium on Vessel Traffic Services 1996
- [2] W.E. Walker, M. Pöyhönen, C. van der Tak, J.H. de Jong  
POLSSS - Policy for Sea Shipping Safety, Executive Summary  
RAND Europe and MARIN, December 1998
- [3] C. van der Tak  
Risico voor de scheepvaart bij aanwijzing windgebied "Hollandse Kust"  
MARIN, 26455-2-MSCN-rev.4, 19 september 2013
- [4] L. van Schaijk  
Netwerkevaluatie Noordzee na invoering nieuwe stelsel  
MARIN, 27918-1-MSCN-rev.2, 7 november 2014
- [5] J. Barentse  
Nadere toelichting: Gevolgen van aanvaringen door de windturbine-installatie Jacobs Comprimio  
Nederland, juli 2000
- [6] Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie  
Abschlussberichts der Unterarbeitsgruppe "Parameter für Risikoanalysen"  
BSH 2005
- [7] Y. Koldenhof, C. van der Tak  
Risico vervoer (milieu)gevaarlijke stoffen op zee  
MARIN, 19287.630/4, juli 2004
- [8] Verdrag inzake de Internationale Bepalingen ter voorkoming van aanvaringen op zee  
(COLREGs)  
Londen, 1972
- [9] L. van Schaijk  
Actualisatie SAMSON – Niet-routegebonden verkeersdatabase  
MARIN, 28556.602-1-MSCN-rev.0, 15 maart 2016
- [10] M.I. Hermans, W.H. van Iperen  
Effecten op scheepvaartveiligheid voor windenergiegebied Hollandse Kust (zuid) –  
Veiligheidsstudie voor kavel IV  
MARIN, 28955-4-MSCN-rev.0, 17 februari 2017

**APPENDIX A1: RESULTATEN HOLLANDSE KUST (NOORD) KAVEL V VARIANT 8 MW**

**Figuur A1-1** Lay-out en aanvaar- en aandrijfkansen turbines voor kavel V variant 8 MW voor verkeer >24m

**Tabel A1-1** Locatie, aanvaar- en aandrijfkansen turbines kavel V variant 8 MW voor verkeer >24m

Windturbine	Positie		Rammen		Driften		Totaal	Eens in de ... jaar
	NB ggm.m	OL ggm.m	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
001.HKN_8MWZ	5236.3	409.2	0.000004	0.000268	0.000379	0.000078	0.000729	1371
002.HKN_8MWZ	5237.6	409.7	0.000002	0.000144	0.000361	0.000071	0.000579	1728
003.HKN_8MWZ	5237.7	413.1	0.000000	0.000014	0.000292	0.000061	0.000367	2725
004.HKN_8MWZ	5239.6	413.9	0.000001	0.000116	0.000289	0.000074	0.000479	2086
005.HKN_8MWZ	5238.0	415.4	0.000000	0.000009	0.000249	0.000066	0.000324	3083
006.HKN_8MWZ	5236.5	415.8	0.000000	0.000009	0.000246	0.000068	0.000324	3088
007.HKN_8MWZ	5237.8	416.4	0.000000	0.000012	0.000233	0.000071	0.000316	3164
008.HKN_8MWZ	5237.6	417.5	0.000000	0.000035	0.000225	0.000079	0.000339	2951
009.HKN_8MWZ	5237.4	418.5	0.000000	0.000094	0.000214	0.000087	0.000395	2529
010.HKN_8MWZ	5239.3	419.3	0.000000	0.000154	0.000210	0.000092	0.000456	2191
011.HKN_8MWZ	5237.1	420.3	0.000000	0.000691	0.000201	0.000105	0.000997	1003
012.HKN_8MWZ	5239.7	420.6	0.000000	0.000709	0.000199	0.000106	0.001013	987
013.HKN_8MWZ	5235.2	419.7	0.000001	0.000497	0.000230	0.000105	0.000832	1201
014.HKN_8MWZ	5233.9	418.7	0.000009	0.000669	0.000267	0.000112	0.001056	947
015.HKN_8MWZ	5238.7	420.6	0.000000	0.000688	0.000194	0.000102	0.000985	1015
016.HKN_8MWN	5241.5	420.0	0.000000	0.000651	0.000210	0.000118	0.000980	1021
017.HKN_8MWZ	5240.7	417.8	0.000000	0.000699	0.000231	0.000099	0.001028	972
018.HKN_8MWZ	5240.5	416.5	0.000001	0.000443	0.000247	0.000091	0.000781	1280
019.HKN_8MWZ	5240.7	415.2	0.000002	0.000718	0.000276	0.000089	0.001084	922
020.HKN_8MWZ	5240.0	418.6	0.000000	0.000309	0.000217	0.000095	0.000621	1610
021.HKN_8MWZ	5234.4	410.4	0.000013	0.000337	0.000379	0.000084	0.000813	1230
022.HKN_8MWZ	5236.5	411.4	0.000001	0.000048	0.000320	0.000069	0.000437	2286
023.HKN_8MWZ	5234.7	418.4	0.000002	0.000170	0.000249	0.000094	0.000515	1942
024.HKN_8MWZ	5235.4	418.7	0.000001	0.000133	0.000231	0.000090	0.000454	2200

Windturbine	Positie		Rammen		Driften		Totaal	Eens in de ... jaar
	NB ggmm.m	OL ggmm.m	R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen		
025.HKN_8MWZ	5236.0	418.9	0.000000	0.000153	0.000222	0.000094	0.000469	2130
026.HKN_8MWN	5242.5	420.7	0.000000	0.001102	0.000211	0.000144	0.001457	686
027.HKN_8MWN	5243.0	420.9	0.000001	0.001551	0.000211	0.000161	0.001923	520
028.HKN_8MWN	5243.7	421.2	0.000001	0.002068	0.000217	0.000177	0.002463	406
029.HKN_8MWN	5244.3	421.5	0.000001	0.002514	0.000222	0.000184	0.002921	342
030.HKN_8MWZ	5234.9	417.3	0.000002	0.000104	0.000255	0.000087	0.000447	2236
031.HKN_8MWZ	5235.5	417.6	0.000001	0.000043	0.000237	0.000081	0.000362	2760
032.HKN_8MWZ	5236.2	417.9	0.000000	0.000052	0.000230	0.000083	0.000365	2743
033.HKN_8MWN	5242.8	419.7	0.000001	0.000214	0.000228	0.000117	0.000561	1784
034.HKN_8MWN	5243.5	420.0	0.000001	0.000320	0.000233	0.000124	0.000679	1474
035.HKN_8MWN	5244.1	420.3	0.000002	0.000344	0.000236	0.000125	0.000708	1413
036.HKN_8MWN	5244.7	420.5	0.000003	0.000681	0.000244	0.000143	0.001072	933
037.HKN_8MWN	5245.3	420.8	0.000005	0.001429	0.000250	0.000166	0.001850	540
038.HKN_8MWZ	5235.7	416.6	0.000001	0.000028	0.000246	0.000076	0.000350	2854
039.HKN_8MWZ	5236.4	416.9	0.000000	0.000020	0.000237	0.000074	0.000331	3022
040.HKN_8MWN	5242.2	418.4	0.000001	0.000155	0.000238	0.000100	0.000494	2026
041.HKN_8MWN	5242.8	418.6	0.000002	0.000109	0.000244	0.000105	0.000459	2180
042.HKN_8MWN	5243.4	418.9	0.000002	0.000087	0.000249	0.000102	0.000441	2268
043.HKN_8MWN	5244.0	419.2	0.000004	0.000107	0.000257	0.000099	0.000466	2146
044.HKN_8MWN	5244.7	419.4	0.000005	0.000207	0.000264	0.000116	0.000593	1687
045.HKN_8MWN	5245.3	419.7	0.000007	0.000413	0.000269	0.000133	0.000822	1217
046.HKN_8MWN	5245.9	420.0	0.000009	0.000937	0.000277	0.000148	0.001371	729
047.HKN_8MWZ	5239.0	417.0	0.000000	0.000035	0.000236	0.000077	0.000348	2875
048.HKN_8MWZ	5239.7	417.2	0.000000	0.000082	0.000231	0.000083	0.000396	2524
049.HKN_8MWN	5243.0	417.6	0.000003	0.000056	0.000265	0.000095	0.000418	2390
050.HKN_8MWN	5243.6	417.9	0.000005	0.000037	0.000275	0.000090	0.000407	2458
051.HKN_8MWN	5244.2	418.2	0.000007	0.000055	0.000281	0.000093	0.000436	2291
052.HKN_8MWN	5244.8	418.4	0.000011	0.000096	0.000289	0.000099	0.000495	2019
053.HKN_8MWN	5245.5	418.7	0.000015	0.000246	0.000297	0.000119	0.000677	1477
054.HKN_8MWN	5246.1	419.0	0.000019	0.000526	0.000311	0.000131	0.000986	1014
055.HKN_8MWN	5246.7	419.3	0.000022	0.001470	0.000323	0.000161	0.001976	506
056.HKN_8MWZ	5239.2	416.0	0.000000	0.000044	0.000249	0.000076	0.000369	2708
057.HKN_8MWZ	5239.8	416.2	0.000000	0.000115	0.000246	0.000081	0.000443	2257
058.HKN_8MWN	5243.1	416.6	0.000007	0.000033	0.000293	0.000086	0.000419	2387
059.HKN_8MWN	5243.8	416.9	0.000011	0.000029	0.000304	0.000082	0.000426	2345
060.HKN_8MWN	5244.4	417.2	0.000016	0.000053	0.000312	0.000088	0.000469	2132
061.HKN_8MWN	5245.0	417.4	0.000023	0.000089	0.000325	0.000093	0.000531	1883
062.HKN_8MWN	5245.6	417.7	0.000031	0.000184	0.000340	0.000109	0.000664	1506
063.HKN_8MWN	5246.3	418.0	0.000037	0.000471	0.000352	0.000121	0.000981	1019
064.HKN_8MWN	5246.9	418.2	0.000058	0.001489	0.000372	0.000151	0.002071	483
065.HKN_8MWZ	5237.5	414.1	0.000000	0.000011	0.000271	0.000062	0.000344	2910
066.HKN_8MWZ	5238.1	414.4	0.000000	0.000013	0.000268	0.000066	0.000346	2888
067.HKN_8MWN	5243.3	415.5	0.000015	0.000034	0.000329	0.000084	0.000462	2166
068.HKN_8MWN	5243.9	415.8	0.000023	0.000032	0.000342	0.000082	0.000479	2088
069.HKN_8MWN	5244.6	416.1	0.000037	0.000066	0.000351	0.000089	0.000542	1844
070.HKN_8MWN	5245.2	416.4	0.000051	0.000150	0.000367	0.000098	0.000666	1501
071.HKN_8MWN	5245.8	416.7	0.000068	0.000313	0.000387	0.000109	0.000877	1140
072.HKN_8MWN	5246.4	417.0	0.000090	0.000792	0.000410	0.000124	0.001416	706
073.HKN_8MWN	5244.7	415.1	0.000084	0.000100	0.000399	0.000089	0.000672	1489
074.HKN_8MWN	5245.4	415.4	0.000111	0.000227	0.000426	0.000099	0.000863	1159
075.HKN_8MWN	5246.0	415.7	0.000158	0.000671	0.000455	0.000104	0.001389	720
076.HKN_8MWN	5242.2	414.0	0.000015	0.000550	0.000339	0.000082	0.000987	1013
077.HKN_8MWN	5242.9	414.3	0.000022	0.000138	0.000357	0.000084	0.000601	1664
078.HKN_8MWZ	5237.2	411.8	0.000001	0.000041	0.000312	0.000066	0.000418	2390
079.HKN_8MWZ	5237.9	412.1	0.000001	0.000039	0.000305	0.000064	0.000409	2444
080.HKN_8MWN	5242.4	413.0	0.000034	0.000639	0.000373	0.000083	0.001129	886
081.HKN_8MWN	5243.0	413.3	0.000052	0.000173	0.000392	0.000084	0.000701	1426
082.HKN_8MWN	5243.7	413.5	0.000085	0.000165	0.000410	0.000081	0.000741	1350
083.HKN_8MWZ	5239.3	411.6	0.000004	0.000111	0.000334	0.000069	0.000518	1930
084.HKN_8MWZ	5239.9	411.9	0.000006	0.000314	0.000332	0.000077	0.000729	1372
085.HKN_8MWN	5242.6	411.9	0.000082	0.000649	0.000438	0.000081	0.001249	800
086.HKN_8MWN	5243.2	412.2	0.000135	0.000611	0.000460	0.000081	0.001287	777
087.HKN_8MWZ	5238.8	410.3	0.000006	0.000169	0.000359	0.000071	0.000604	1656

Windturbine	Positie		Rammen		Driften		Totaal	Eens in de ... jaar
	NB ggmm.m	OL ggmm.m	R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen		
088.HKN_8MWZ	5239.5	410.6	0.000009	0.000167	0.000355	0.000070	0.000600	1667
089.HKN_8MWZ	5240.1	410.9	0.000014	0.000512	0.000361	0.000078	0.000965	1036
090.HKN_8MWZ	5239.0	409.2	0.000014	0.000539	0.000388	0.000077	0.001017	983
091.HKN_8MWZ	5239.6	409.5	0.000023	0.000544	0.000396	0.000077	0.001039	962
092.HKN_8MWZ	5240.3	409.8	0.000035	0.000877	0.000431	0.000080	0.001423	703
093.HKN_8MWZ	5237.1	408.5	0.000016	0.000383	0.000398	0.000076	0.000873	1146
094.HKN_8MWZ	5237.8	408.7	0.000010	0.000464	0.000385	0.000076	0.000935	1070
095.HKN_8MWZ	5239.7	412.9	0.000003	0.000191	0.000306	0.000076	0.000576	1736
Totaal per jaar			0.001559	0.035049	0.028156	0.009117	0.073882	14
Dit is eens in .. jaar			641	29	36	110	14	

**Tabel A1-2 Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor kavel V variant 8 MW**

Scheepstype	Rammen		Driften		Totaal	
	Aantal per jaar	Eens in de ... jaar	Aantal per jaar	Eens in de ... jaar	Aantal per jaar	Eens in de ... jaar
R-schepen	0.001557	642	0.028159	36	0.029716	34
N-schepen >24m	0.035050	29	0.009117	110	0.044167	23
Totaal schepen >24m	0.036607	27	0.037276	27	0.073883	14
N-schepen <24m	0.018498	54	0.002877	348	0.021375	47

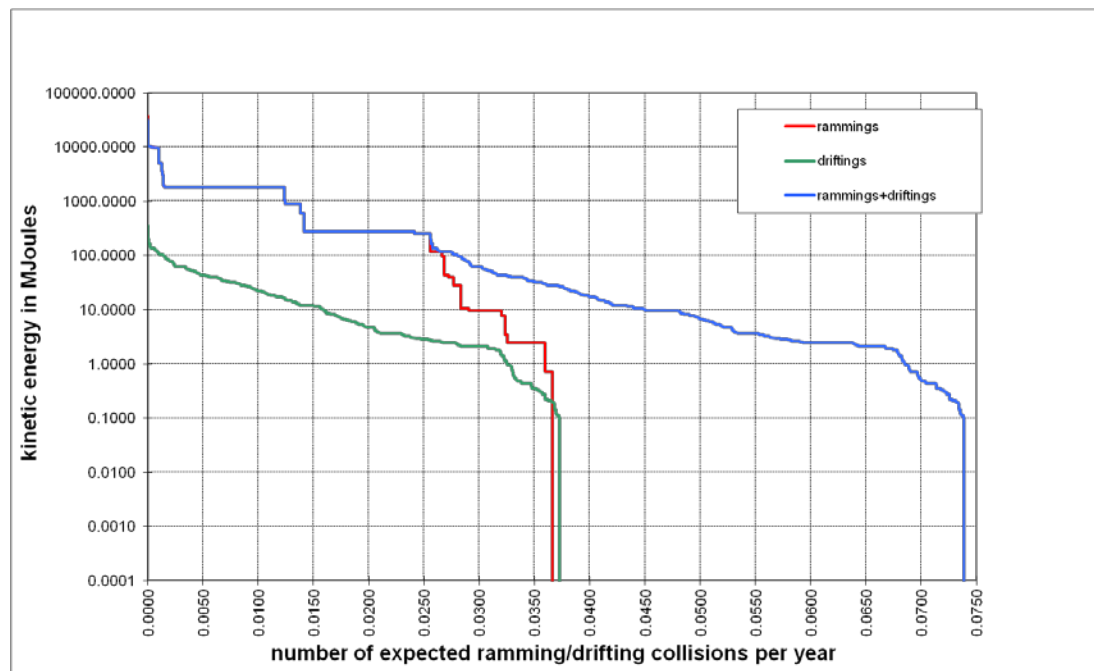
**Tabel A1-3 Kans op een bepaalde schade soort veroorzaakt door de verschillende scheepstypen**

Scheepstype	Soort schade			Totaal
	GosMos <sup>1</sup>	schade aan scheepshuid	geen schade	
Olietanker	0.000001	0.001167	0.000011	0.001179
Chemicaliëntanker	0.000000	0.003322	0.000014	0.003336
Gastanker	0.000000	0.000563	0.000000	0.000563
Container+ RoRo	0.000143	0.010043	0.001292	0.011478
Ferry	0.000003	0.000413	0.000054	0.000470
Overige R-schepen	0.000008	0.012154	0.000524	0.012686
N-schepen >24m	0.000670	0.001263	0.042233	0.044166
Alle schepen >24m	0.000825	0.028925	0.044128	0.073878
N-schepen <24m	0.000000	0.000000	0.021375	0.021375

**Tabel A1-4 Schade aan het totale windpark in kavel V variant 8 MW**

Schade aan turbine	Rammen				Driften		Totaal		Aantal per jaar	Eens in de ... jaar
	frontaal		Schampen		R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen						
Geen	0.000000	0.002749	0.000000	0.033534	0.001427	0.010666	0.001427	0.046949	0.048376	21
Scheef	0.000000	0.000977	0.000000	0.001283	0.013137	0.001252	0.013137	0.003511	0.016648	60
Omvalen	0.000140	0.001502	0.001264	0.012838	0.013591	0.000076	0.014996	0.014416	0.029411	34
GosMos <sup>1</sup>	0.000016	0.000156	0.000140	0.000799	0.000000	0.000000	0.000155	0.000955	0.001110	901
Totaal	0.000156	0.005384	0.001404	0.048453	0.028155	0.011994	0.029715	0.065831	0.095546	10

<sup>1</sup> Gondel en mastdeel vallen op schip na plastische vervorming



**Figuur A1-2** *Totale aanvaringsfrequentie per jaar boven een bepaald kinetisch energieniveau (routegebonden en niet-routegebonden verkeer >24m)*

**Tabel A1-5** *Verdeling aanvaar- en aandrijfkansen over de scheepstypen en energieklassen voor alle windturbines in kavel V variant 8 MW*

Kinetische energie in MJ	Rammen			Driften			Totaal		
	R-schepen	N-schepen	Totaal	R-schepen	N-schepen	Totaal	R-schepen	N-schepen	Totaal
<1	0.0%	18.2%	18.2%	0.2%	7.8%	8.0%	0.2%	26.0%	26.2%
1-3	0.0%	5.4%	5.4%	5.3%	3.3%	8.6%	5.3%	8.7%	14.0%
3-5	0.0%	0.2%	0.2%	5.1%	0.0%	5.1%	5.1%	0.2%	5.3%
5-10	0.0%	3.4%	3.4%	3.5%	0.3%	3.8%	3.5%	3.7%	7.2%
10-15	0.0%	0.8%	0.8%	2.3%	1.3%	3.5%	2.3%	2.1%	4.3%
15-50	0.0%	1.5%	1.5%	8.7%	0.0%	8.7%	8.7%	1.5%	10.2%
50-100	0.0%	0.2%	0.2%	3.0%	0.0%	3.0%	3.0%	0.2%	3.3%
100-200	0.0%	1.1%	1.1%	1.4%	0.0%	1.4%	1.4%	1.1%	2.5%
>200	1.6%	25.2%	26.8%	0.1%	0.0%	0.1%	1.7%	25.2%	26.9%
Totaal	1.6%	56.2%	57.8%	29.6%	12.6%	42.2%	31.2%	68.8%	100.0%

**Tabel A1-6** *Frequentie en volume van een uitstroom van bunkerolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine*

Uitstroom van bunkerolie in m <sup>3</sup>	Kavel V variant 8 MW		
	Frequentie	Eens in de .... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m <sup>3</sup>
0.01-20	0.000002	516535	0.000
20-150	0.001353	739	0.128
150-750	0.000454	2205	0.148
750-3000	0.000130	7684	0.161
3000-10000	0.000027	37624	0.122
Totaal	0.001965	509	0.558



**Tabel A1-7** *Frequentie en volume van een uitstroom van ladingolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine*

Uitstroom van ladingolie in m <sup>3</sup>	Kavel V variant 8 MW		
	Frequentie	Eens in de .... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m <sup>3</sup>
20-150	0.000000		0.000
150-750	0.000002	618315	0.001
750-3000	0.000006	164864	0.011
3000-10000	0.000021	47119	0.113
10000-30000	0.000016	63959	0.245
30000-100000	0.000006	175683	0.257
Totaal	0.000051	19776	0.667

**Tabel A1-8** *Uitstroom van ladingolie en bunkerolie als gevolg van een aandrijving met een windturbine*

Kavel V variant 8 MW	Bunkerolie			Ladingolie			Totaal
	Frequentie	Eens in de .... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m <sup>3</sup>	Frequentie	Eens in de .... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m <sup>3</sup>	Eens in de ... jaar
	0.001965	509	0.558	0.000051	19776	0.667	496

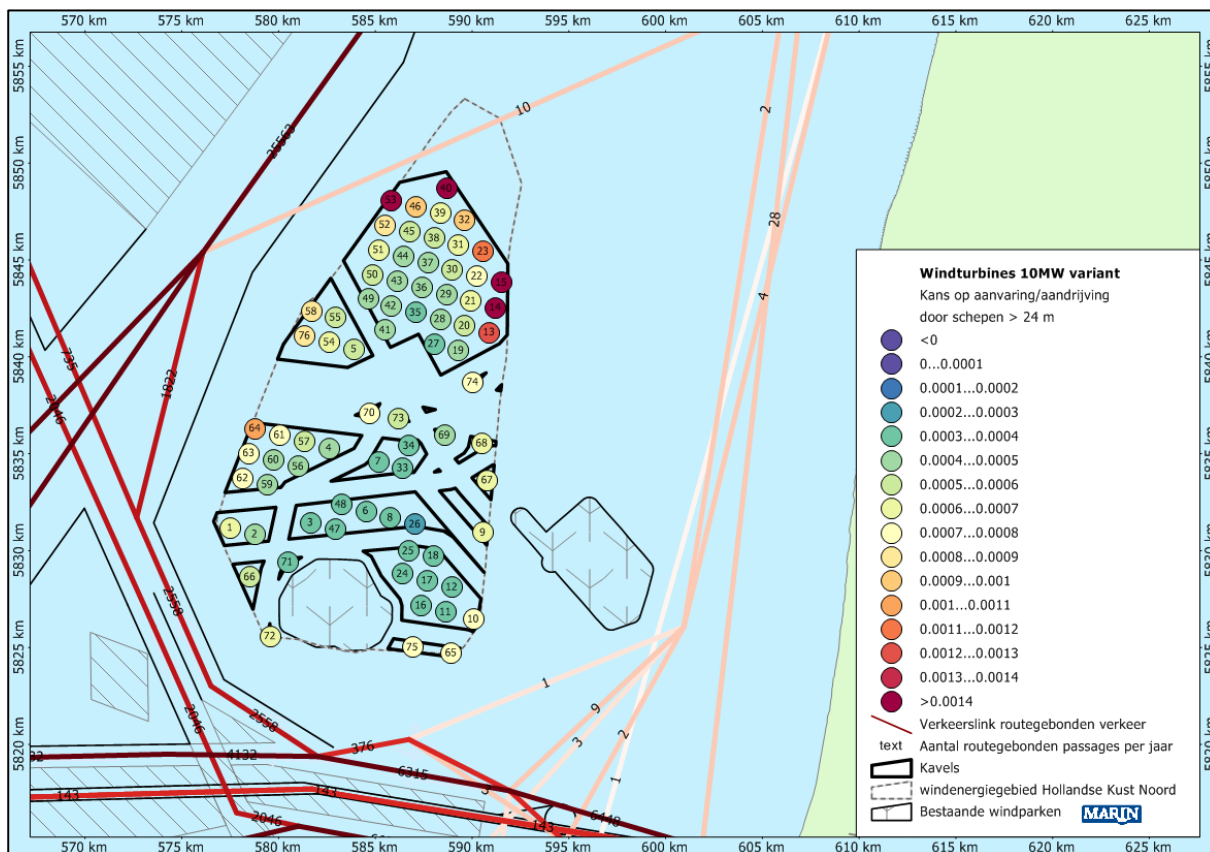
**Tabel A1-9** *Frequentie van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aandrijving van een windturbine*

Ecologische risico-indicator	
Zeer hoog ecologisch risico	0.000055
Hoog ecologisch risico	0.000015
Gemiddeld ecologisch risico	0.000011
Gering ecologisch risico	0.000092
Verwaarloosbaar ecologisch risico	0.000052
Totaal	0.000226
Eens in de ... jaar	4429

**Tabel A1-10** *Overlijdensrisico bij aanvaren en aandrijven van een windturbine waarbij de mast met gondel op het schip valt*

Scheepstype	Aanvaringstype Aantal per jaar		Samen eens in de ...jaar	Directe doden		Groepsrisico Eens in de ... jaar meer dan 10 doden
	Frontaal	Schampen		Gemiddeld aantal doden per keer	Gemiddeld aantal doden per jaar	
Olietanker	0.000000	0.000001	1111111	1.41	0.000001	-
Chemicaliëntanker	0.000000	0.000000	2500000	1.68	0.000001	-
Gastanker	0.000000	0.000000	-	-	0.000000	-
Container + RoRo	0.000014	0.000129	6997	2.12	0.000302	167926
Ferry	0.000000	0.000003	344828	64.47	0.000187	344828
Overige R-schepen	0.000001	0.000007	123686	1.49	0.000012	-
N-schepen	0.000127	0.000542	1494	0.83	0.000559	-
Totaal	0.000143	0.000682	1213	1.29	0.001062	112931

## APPENDIX A2: RESULTATEN HOLLANDSE KUST (NOORD) KAVEL V VARIANT 10 MW



**Figuur A2-1** Lay-out en aanvaar- en aandrijfkansen turbines kavel V variant 10 MW voor verkeer >24m

**Tabel A2-1** Locatie, aanvaar- en aandrijfkansen turbines kavel V variant 10 MW voor verkeer >24m

Windturbine	Positie		Rammen		Driften		Totaal	Eens in de ... jaar
	NB ggmm.m	OL ggmm.m	R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen		
001.HKN_10MWZ	5237.5	408.7	0.000008	0.000226	0.000373	0.000069	0.000675	1481
002.HKN_10MWZ	5237.3	409.8	0.000002	0.000038	0.000348	0.000061	0.000450	2224
003.HKN_10MWZ	5237.6	412.4	0.000000	0.000005	0.000299	0.000058	0.000363	2758
004.HKN_10MWZ	5239.7	413.3	0.000002	0.000092	0.000292	0.000069	0.000455	2197
005.HKN_10MWN	5242.4	414.5	0.000011	0.000132	0.000321	0.000076	0.000540	1852
006.HKN_10MWZ	5237.9	414.9	0.000000	0.000003	0.000250	0.000060	0.000314	3189
007.HKN_10MWZ	5239.3	415.5	0.000000	0.000030	0.000253	0.000069	0.000352	2840
008.HKN_10MWZ	5237.7	416.1	0.000000	0.000003	0.000236	0.000060	0.000300	3336
009.HKN_10MWZ	5237.2	420.3	0.000000	0.000391	0.000198	0.000092	0.000681	1469
010.HKN_10MWZ	5234.8	419.7	0.000001	0.000384	0.000230	0.000097	0.000712	1405
011.HKN_10MWZ	5235.1	418.5	0.000001	0.000069	0.000237	0.000083	0.000390	2561
012.HKN_10MWZ	5235.7	418.8	0.000000	0.000077	0.000223	0.000084	0.000384	2604
013.HKN_10MWN	5242.8	420.8	0.000000	0.000903	0.000210	0.000142	0.001255	797
014.HKN_10MWN	5243.5	421.1	0.000001	0.001222	0.000215	0.000160	0.001597	626
015.HKN_10MWN	5244.2	421.4	0.000001	0.001495	0.000217	0.000174	0.001887	530
016.HKN_10MWZ	5235.3	417.4	0.000001	0.000023	0.000239	0.000071	0.000334	2996
017.HKN_10MWZ	5235.9	417.7	0.000000	0.000017	0.000230	0.000070	0.000318	3147
018.HKN_10MWZ	5236.6	418.0	0.000000	0.000020	0.000221	0.000078	0.000319	3136
019.HKN_10MWN	5242.3	419.3	0.000001	0.000153	0.000223	0.000103	0.000479	2086
020.HKN_10MWN	5243.0	419.6	0.000001	0.000237	0.000228	0.000113	0.000579	1728
021.HKN_10MWN	5243.7	419.9	0.000002	0.000317	0.000233	0.000121	0.000672	1487
022.HKN_10MWN	5244.4	420.2	0.000002	0.000420	0.000236	0.000130	0.000789	1268
023.HKN_10MWN	5245.1	420.5	0.000004	0.000723	0.000248	0.000146	0.001121	892

Windturbine	Positie		Rammen		Driften		Totaal	Eens in de ... jaar
	NB ggmm.m	OL ggmm.m	R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen		
024.HKN_10MWZ	5236.1	416.6	0.000000	0.000005	0.000238	0.000064	0.000308	3246
025.HKN_10MWZ	5236.8	416.9	0.000000	0.000006	0.000231	0.000065	0.000302	3310
026.HKN_10MWZ	5237.5	417.2	0.000000	0.000008	0.000224	0.000065	0.000298	3355
027.HKN_10MWN	5242.5	418.2	0.000001	0.000057	0.000245	0.000091	0.000395	2533
028.HKN_10MWN	5243.2	418.5	0.000002	0.000080	0.000249	0.000098	0.000430	2328
029.HKN_10MWN	5243.9	418.8	0.000003	0.000100	0.000259	0.000103	0.000466	2145
030.HKN_10MWN	5244.6	419.1	0.000005	0.000143	0.000265	0.000109	0.000522	1915
031.HKN_10MWN	5245.3	419.4	0.000008	0.000252	0.000270	0.000119	0.000648	1543
032.HKN_10MWN	5246.0	419.7	0.000010	0.000533	0.000280	0.000136	0.000959	1043
033.HKN_10MWZ	5239.1	416.7	0.000000	0.000017	0.000236	0.000068	0.000322	3109
034.HKN_10MWZ	5239.7	417.0	0.000000	0.000047	0.000233	0.000074	0.000354	2824
035.HKN_10MWN	5243.4	417.3	0.000005	0.000032	0.000275	0.000085	0.000397	2519
036.HKN_10MWN	5244.1	417.7	0.000008	0.000037	0.000288	0.000087	0.000419	2387
037.HKN_10MWN	5244.8	418.0	0.000012	0.000055	0.000295	0.000095	0.000457	2189
038.HKN_10MWN	5245.5	418.3	0.000016	0.000095	0.000307	0.000103	0.000521	1919
039.HKN_10MWN	5246.2	418.6	0.000021	0.000245	0.000321	0.000112	0.000699	1430
040.HKN_10MWN	5246.8	418.9	0.000025	0.001069	0.000333	0.000151	0.001578	634
041.HKN_10MWN	5242.9	416.0	0.000007	0.000026	0.000295	0.000080	0.000408	2450
042.HKN_10MWN	5243.6	416.3	0.000011	0.000017	0.000313	0.000079	0.000421	2378
043.HKN_10MWN	5244.3	416.6	0.000018	0.000022	0.000324	0.000082	0.000446	2241
044.HKN_10MWN	5245.0	416.9	0.000027	0.000041	0.000337	0.000087	0.000492	2031
045.HKN_10MWN	5245.7	417.2	0.000032	0.000101	0.000352	0.000095	0.000580	1724
046.HKN_10MWN	5246.4	417.5	0.000045	0.000416	0.000374	0.000113	0.000948	1055
047.HKN_10MWZ	5237.4	413.5	0.000000	0.000002	0.000274	0.000056	0.000332	3008
048.HKN_10MWZ	5238.1	413.8	0.000000	0.000006	0.000274	0.000059	0.000338	2956
049.HKN_10MWN	5243.8	415.2	0.000026	0.000020	0.000347	0.000077	0.000470	2130
050.HKN_10MWN	5244.5	415.4	0.000045	0.000034	0.000367	0.000081	0.000526	1900
051.HKN_10MWN	5245.2	415.7	0.000062	0.000079	0.000387	0.000086	0.000614	1628
052.HKN_10MWN	5245.9	416.0	0.000086	0.000243	0.000410	0.000099	0.000838	1193
053.HKN_10MWN	5246.5	416.3	0.000130	0.000845	0.000437	0.000122	0.001533	652
054.HKN_10MWN	5242.6	413.4	0.000026	0.000204	0.000360	0.000076	0.000667	1499
055.HKN_10MWN	5243.3	413.7	0.000042	0.000048	0.000374	0.000074	0.000539	1856
056.HKN_10MWZ	5239.2	411.9	0.000003	0.000041	0.000317	0.000064	0.000424	2358
057.HKN_10MWZ	5239.9	412.2	0.000004	0.000167	0.000313	0.000070	0.000555	1803
058.HKN_10MWN	5243.5	412.6	0.000114	0.000267	0.000430	0.000078	0.000890	1124
059.HKN_10MWZ	5238.7	410.4	0.000004	0.000062	0.000345	0.000060	0.000471	2124
060.HKN_10MWZ	5239.4	410.7	0.000006	0.000069	0.000340	0.000064	0.000479	2086
061.HKN_10MWZ	5240.1	411.0	0.000010	0.000296	0.000346	0.000071	0.000723	1382
062.HKN_10MWZ	5238.9	409.3	0.000009	0.000297	0.000372	0.000069	0.000747	1338
063.HKN_10MWZ	5239.6	409.6	0.000015	0.000303	0.000378	0.000068	0.000765	1308
064.HKN_10MWZ	5240.3	409.9	0.000026	0.000500	0.000409	0.000072	0.001007	993
065.HKN_10MWZ	5233.9	418.7	0.000006	0.000386	0.000261	0.000101	0.000755	1325
066.HKN_10MWZ	5236.1	409.6	0.000003	0.000104	0.000357	0.000070	0.000534	1873
067.HKN_10MWZ	5238.7	420.5	0.000000	0.000392	0.000191	0.000091	0.000674	1483
068.HKN_10MWZ	5239.7	420.3	0.000000	0.000341	0.000198	0.000092	0.000631	1585
069.HKN_10MWZ	5240.0	418.6	0.000000	0.000181	0.000215	0.000084	0.000480	2081
070.HKN_10MWZ	5240.6	415.2	0.000002	0.000409	0.000270	0.000079	0.000760	1316
071.HKN_10MWZ	5236.5	411.3	0.000001	0.000012	0.000312	0.000064	0.000388	2575
072.HKN_10MWZ	5234.5	410.4	0.000010	0.000166	0.000366	0.000073	0.000615	1626
073.HKN_10MWZ	5240.5	416.5	0.000001	0.000270	0.000244	0.000080	0.000595	1681
074.HKN_10MWN	5241.4	419.9	0.000000	0.000431	0.000208	0.000103	0.000743	1347
075.HKN_10MWZ	5234.1	417.0	0.000009	0.000328	0.000277	0.000094	0.000708	1413
076.HKN_10MWN	5242.8	412.2	0.000068	0.000292	0.000401	0.000076	0.000837	1195
Totaal per jaar			0.001003	0.017185	0.022088	0.006698	0.046974	21
Dit is eens in .. jaar			997	58	45	149	21	

**Tabel A2-2 Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor kavel V variant 10 MW**

Scheepstype	Rammen		Driften		Totaal	
	Aantal per jaar	Eens in de ... jaar	Aantal per jaar	Eens in de ... jaar	Aantal per jaar	Eens in de ... jaar
R-schepen	0.000999	1001	0.022087	45	0.023086	43
N-schepen >24m	0.017185	58	0.006698	149	0.023883	42
Totaal schepen >24m	0.018184	55	0.028785	35	0.046969	21
N-schepen <24m	0.007232	138	0.001663	601	0.008895	112

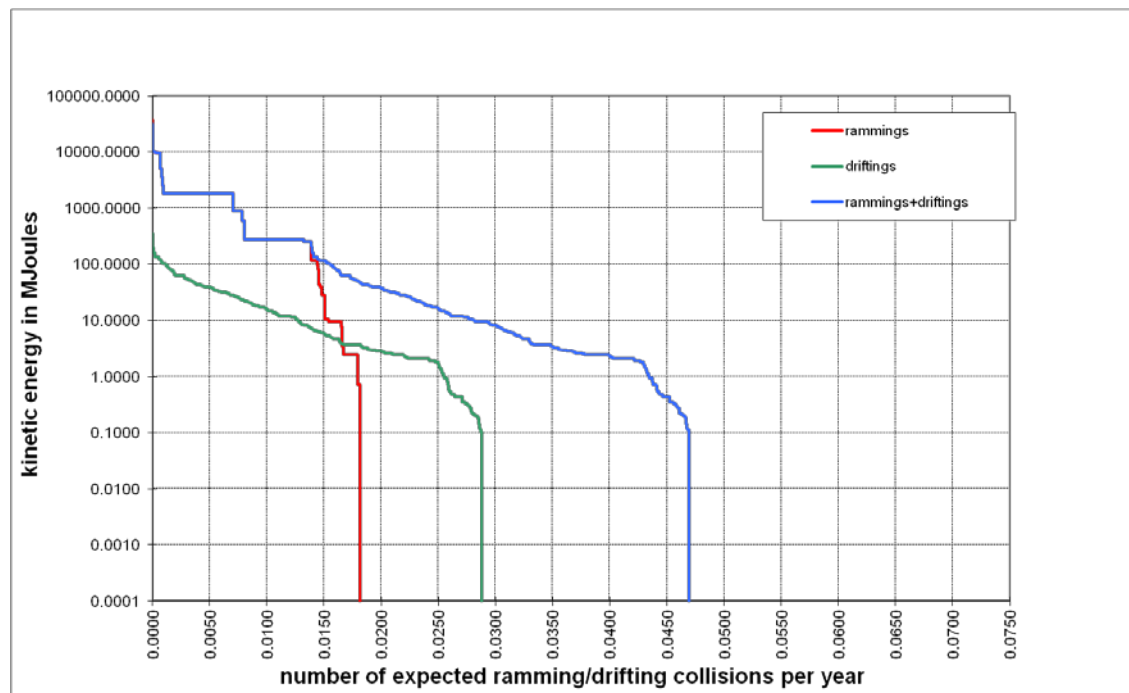
**Tabel A2-3 Kans op een bepaalde schade soort veroorzaakt door de verschillende scheepstypen**

Scheepstype	Soort schade			Totaal
	GosMos <sup>1</sup>	schade aan scheepshuid	geen schade	
Olietanker	0.000001	0.000950	0.000010	0.000961
Chemicaliëntanker	0.000000	0.002639	0.000013	0.002652
Gastanker	0.000000	0.000431	0.000000	0.000431
Container+ RoRo	0.000092	0.007976	0.000830	0.008898
Ferry	0.000002	0.000334	0.000036	0.000372
Overige R-schepen	0.000005	0.009416	0.000356	0.009777
N-schepen	0.000371	0.001012	0.022500	0.023883
Alle schepen >24m	0.000470	0.022758	0.023746	0.046974
N-schepen <24m	0.000000	0.000000	0.008895	0.008895

**Tabel A2-4 Schade aan het totale windpark kavel V variant 10 MW**

Schade aan turbine	Rammen				Driften		Totaal		Aantal per jaar	Eens in de ... jaar
	Frontaal		Schampen		R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen						
Geen	0.000000	0.001060	0.000000	0.013838	0.001037	0.007297	0.001037	0.022195	0.023232	43
Scheef	0.000000	0.000478	0.000000	0.000681	0.010112	0.001003	0.010112	0.002162	0.012274	81
Omvallen	0.000090	0.000834	0.000814	0.007157	0.010940	0.000061	0.011844	0.008052	0.019896	50
GosMos <sup>1</sup>	0.000010	0.000087	0.000090	0.000447	0.000000	0.000000	0.000100	0.000534	0.000634	1578
Totaal	0.000100	0.002458	0.000904	0.022124	0.022089	0.008361	0.023093	0.032943	0.056036	18

<sup>1</sup> Gondel en mastdeel vallen op schip na plastische vervorming



**Figuur A2-2** Totale aanvaringsfrequentie per jaar boven een bepaald kinetisch energieniveau (routegebonden en niet-routegebonden verkeer >24m)

**Tabel A2-5** Verdeling aanvaar- en aandrijfkansen over de scheepstypen en energieklassen voor kavel V variant 10 MW

Kinetische energie in MJ	Rammen			Driften			Totaal		
	R-schepen	N-schepen	Totaal	R-schepen	N-schepen	Totaal	R-schepen	N-schepen	Totaal
<1	0.0%	12.0%	12.0%	0.3%	8.6%	8.8%	0.3%	20.6%	20.9%
1-3	0.0%	3.6%	3.6%	6.9%	4.3%	11.1%	6.9%	7.8%	14.7%
3-5	0.0%	0.2%	0.2%	6.6%	0.0%	6.6%	6.6%	0.2%	6.8%
5-10	0.0%	2.2%	2.2%	4.7%	0.4%	5.1%	4.7%	2.6%	7.3%
10-15	0.0%	0.5%	0.5%	3.0%	1.7%	4.7%	3.0%	2.3%	5.3%
15-50	0.0%	1.0%	1.0%	11.9%	0.0%	11.9%	11.9%	1.0%	12.9%
50-100	0.0%	0.2%	0.2%	4.2%	0.0%	4.2%	4.2%	0.2%	4.3%
100-200	0.0%	1.0%	1.0%	2.0%	0.0%	2.0%	2.0%	1.0%	2.9%
>200	1.8%	23.0%	24.8%	0.1%	0.0%	0.1%	1.9%	23.0%	24.9%
Totaal	1.8%	43.7%	45.5%	39.5%	15.0%	54.5%	41.3%	58.7%	100.0%

**Tabel A2-6** Frequentie en volume van een uitstroom van bunkerolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine

Uitstroom van bunkerolie in m <sup>3</sup>	Kavel V variant 10 MW		
	Frequentie	Eens in de .... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m <sup>3</sup>
0.01-20	0.000001	722123	0.000
20-150	0.001025	976	0.097
150-750	0.000355	2820	0.116
750-3000	0.000105	9544	0.130
3000-10000	0.000022	46414	0.099
Totaal	0.001507	663	0.442



**Tabel A2-7** *Frequentie en volume van een uitstroom van ladingolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine*

Uitstroom van ladingolie in m <sup>3</sup>	Kavel V variant 10 MW		
	Frequentie	Eens in de .... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m <sup>3</sup>
20-150	0.000000		0.000
150-750	0.000001	808602	0.001
750-3000	0.000005	204331	0.009
3000-10000	0.000017	58464	0.091
10000-30000	0.000013	77963	0.201
30000-100000	0.000005	210206	0.215
Totaal	0.000041	24337	0.550

**Tabel A2-8** *Uitstroom van ladingolie en bunkerolie als gevolg van een aandrijving met een windturbine*

Kavel V variant 10 MW	Bunkerolie			Ladingolie			Totaal
	Frequentie	Eens in de .... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m <sup>3</sup>	Frequentie	Eens in de .... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m <sup>3</sup>	Eens in de ... jaar
	0.001507	663	0.442	0.000041	24337	0.550	646

**Tabel A2-9** *Frequentie van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aandrijving van een windturbine*

Ecologische risico-indicator	
Zeer hoog ecologisch risico	0.000044
Hoog ecologisch risico	0.000012
Gemiddeld ecologisch risico	0.000009
Gering ecologisch risico	0.000072
Verwaarloosbaar ecologisch risico	0.000040
Totaal	0.000177
Eens in de ... jaar	5656

**Tabel A2-10** *Overlijdensrisico bij aanvaren en aandrijven van een windturbine waarbij de mast met gondel op het schip valt*

Scheepstype	Aanvaringstype Aantal per jaar		Samen eens in de ...jaar	Directe doden		Groepsrisico
	Frontaal	Schampen		Gemiddeld aantal doden per keer	Gemiddeld aantal doden per jaar	Eens in de ... jaar meer dan 10 doden
Olietanker	0.000000	0.000001	1111111	1.60	0.000001	-
Chemicaliëntanker	0.000000	0.000000	2500000	1.70	0.000001	-
Gastanker	0.000000	0.000000	-	-	0.000000	-
Container + RoRo	0.000009	0.000083	10904	2.15	0.000197	303030
Ferry	0.000000	0.000002	555556	76.12	0.000137	555556
Overige R-schepen	0.000000	0.000004	207469	1.64	0.000008	-
N-schepen	0.000070	0.000300	2698	0.84	0.000313	-
Totaal	0.000080	0.000390	2126	1.40	0.000657	196078