



BETTER SHIPS, BLUE OCEANS

EFFECTEN OP SCHEEPVAARTVEILIGHEID VOOR WINDENERGIEGEBIED HOLLANDSE KUST (West)

Rapport nr. : 31909-1-MO-rev.0.3
Datum : 25 september 2019
Versie : 0.3
Eindrapport

EFFECTEN OP SCHEEPVAARTVEILIGHEID VOOR WINDENERGIEGEBIED HOLLANDSE KUST (West)

Opdrachtgever : Pondera Consult
Welbergweg 49
7556 PE HENGELO

Gerapporteerd door : Y. Koldenhof, K. Kauffman

Paraaf management



Versie	Datum	Status	Gecontroleerd door
0.1	2 juli 2019	Concept	K. Kauffman
0.2	28 augustus 2019	Concept, na commentaar RWS/EZ	
0.3	25 september 2019	Eindrapportage	

INHOUD	PAGINA
1	INTRODUCTIE.....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
3.3.1.1	Routegebonden verkeer.....5
3.3.1.2	Niet-routegebonden verkeer.....8
3.3.2	Gebruikte modellen.....11
3.4	Gevolgschade.....11
3.4.1	Schade aan windturbine en schip.....12
3.4.2	Milieuschade.....13
3.4.3	Bepalen van persoonlijk letsel.....14
3.4.4	Kantekeningen bij de modelering van de gevolgschade.....15
3.5	Effecten voor de scheepvaart als gevolg van een wijziging in de routestructuur en cumulatieve effecten.....16
3.6	Kruisende scheepvaart.....16
4	RESULTATEN SAMSON BEREKENINGEN.....26
4.1	Configuraties.....26
4.2	Aanvaar-/ aandrijffrequenties windenergiegebied.....28
4.3	Gevolgschade.....30
4.3.1	Schade aan het schip.....30
4.3.2	Schade aan de windturbines.....31
4.3.3	Milieuschade.....32
4.3.4	Persoonlijk letsel.....33
4.4	Effecten en overige risico's voor de scheepvaart als gevolg van een wijziging in de routestructuur.....34
4.5	Het effect van het werkverkeer op het risico.....35
4.6	Kruisende scheepvaart.....36
5	MAATREGELEN.....40
5.1	Maatregelen voor de scheepvaartveiligheid.....40
5.1.1	AIS-basestation en VHF-antenne.....40
5.1.2	Vessel Traffic Management/ VTM (bron [Ref 11.]).....40
5.1.3	Aanvullende markering en identificatie windturbines in de windparken (bron [Ref 11.]) 41
5.2	Mitigerende maatregelen.....41
5.2.1	ETV (Emergency Towing Vessel) (bron [Ref 11.]).....41
5.2.2	Extra SAR-capaciteit (bron [Ref 11.]).....41
5.2.3	Oliebestrijding (bron [Ref 11.]).....41
6	CONCLUSIES.....42

REFERENTIES	43
APPENDICES:.....	44
APPENDIX A1: RESULTATEN HOLLANDSE KUST (WEST) KAVEL VI	A1
APPENDIX A2: RESULTATEN HOLLANDSE KUST (WEST) KAVEL VI-ALTERNATIEF	A7
APPENDIX A3: RESULTATEN HOLLANDSE KUST (WEST) KAVEL VII	A13
APPENDIX B: MANAGEMENT SUMMARY STUDIE NAAR CUMMULATIEVE EFFECTEN SCHEEPVAARTVEILIGHEID [REF 11.].....	B1

1 INTRODUCTIE

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 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).

In 2018 is er door MARIN in opdracht van onder andere RWS en I&W een studie uitgevoerd naar de cumulatieve effecten van de uitrol van Wind op Zee 2030 op de scheepvaartveiligheid [Ref 11.]. Binnen deze studie zijn verschillende verkeersdatabases aangemaakt die de toekomstige situatie beschrijven en ook is er al naar de indirecte effecten van de windparken samen gekeken. Voor een volledig beeld is de management samenvatting van deze studie in zijn geheel opgenomen in de bijlage van dit rapport (appendix B). Binnen de huidige studie voor Hollandse Kust (West) wordt gebruik gemaakt van de resultaten en conclusies van deze studie. Daarom zal deze rapportage op verschillende punten afwijken van eerder opgeleverde rapportages.

Dit rapport beschrijft de veiligheidsstudie voor kavel VI en VII van het windenergiegebied Hollandse Kust (West) die MARIN in opdracht van Pondera Consult heeft uitgevoerd. De resultaten van deze studie zullen worden verwerkt in het 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. De resultaten van de veiligheidsstudie voor Kavel VI en VII van het windenergiegebied Hollandse Kust (West) worden gegeven in Hoofdstuk 4. In Hoofdstuk 5 wordt ingegaan op eventuele maatregelen die het risico voor de scheepvaart kunnen verkleinen. Hoofdstuk 6 bevat de conclusies van de studie.

2 DOELSTELLING

Het doel van de studie is om voor twee inrichtingsvarianten van Kavel VI en een inrichtingsvariant van Kavel VII van windenergiegebied Hollandse Kust (West) 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. In 3.3 worden tevens de modelinvoer en uitgangspunten beschreven zoals deze gebruikt worden in deze studie.

3.1 SAMSON

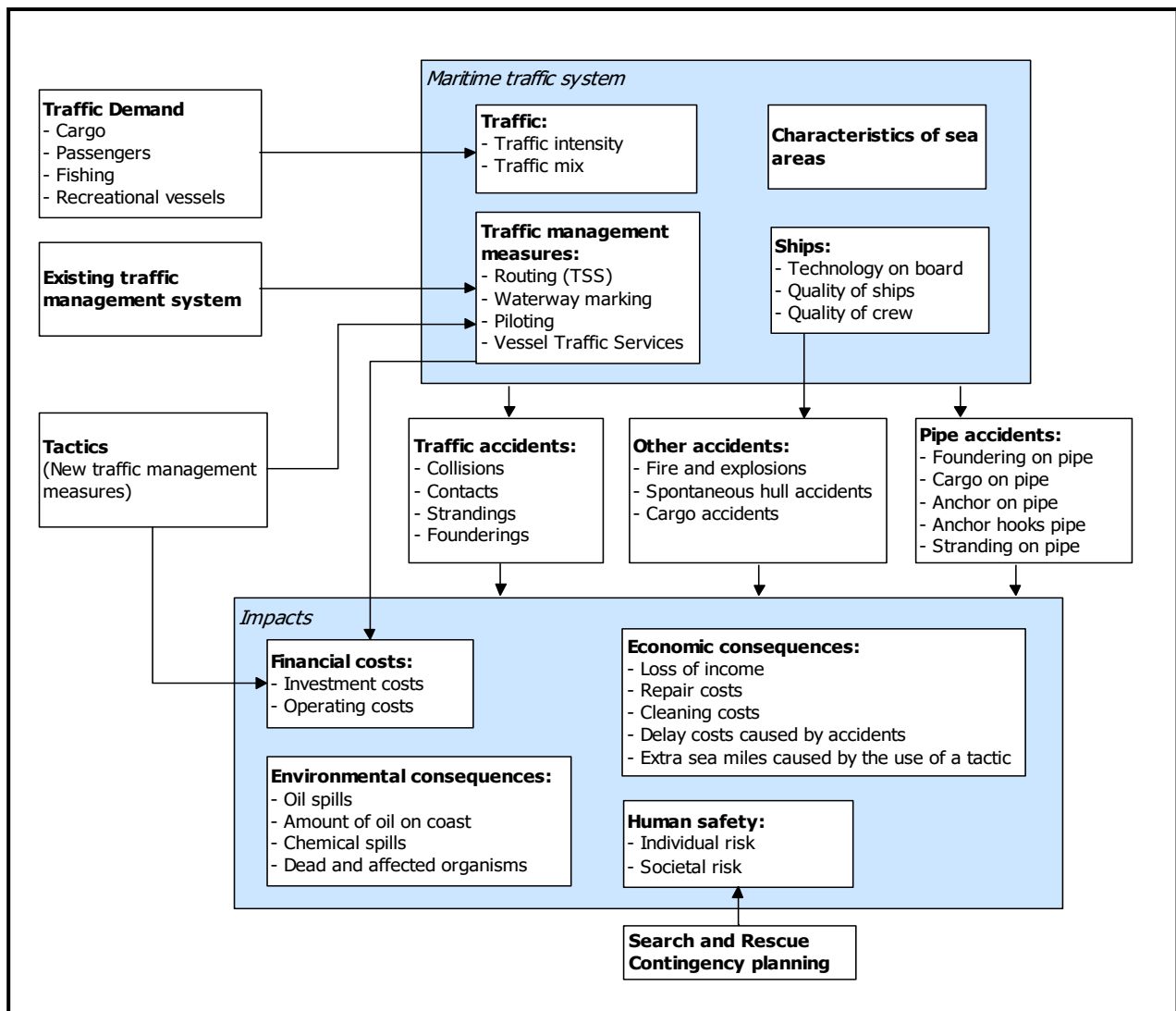
Het SAMSON-model (Safety Assessment Model for Shipping and Offshore on the North Sea) is ontwikkeld voor het voorspellen van effecten van ruimtelijke ontwikkelingen in de Noordzee, van ontwikkelingen in de scheepvaart zelf en van maatregelen ten aanzien van de scheepvaart.

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 [Ref 1.]. In de executive summary van POLSSS, Policy for Sea Shipping Safety [Ref 2.], wordt beschreven op welke wijze SAMSON gebruikt is om de kosten en gevolgen van een groot aantal beleidsmaatregelen te voorspellen. Een globale beschrijving van SAMSON wordt ook weergegeven op: <https://www.iala-aism.org/wiki/iwrap/index.php/SAMSON>.

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 ongevals-frequentie 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. Bovenstaande effecten worden de "indirecte" gevolgen genoemd.

Er treden echter ook nieuwe typen ongevallen op (directe gevolgen), 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. Binnen de huidige studie is hierbij de verkeersmodellering gebruikt zoals deze aangemaakt is voor een studie naar de cumulatieve effecten van alle windenergiegebieden die verwacht worden gebouwd te zijn in 2030 [Ref 11.]. Vervolgens kunnen de ongevalsmodellen van SAMSON toegepast worden voor het doorrekenen van de effecten van het windpark voor de scheepvaart.

3.3 Modelinvoer en uitgangspunten

De volgende uitgangspunten (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 overal mag varen, zolang men de regels in acht neemt. Het aandeel van het verkeer dat buiten de routes vaart is echter zeer klein, aangezien de links de kortste en veiligste verbindingen tussen havens omvatten waarbij rekening wordt gehouden met ondieptes en andere obstakels. De verkeersdatabase die gebruikt is in de huidige studie is dezelfde verkeersdatabase die aangemaakt is voor de studie naar de cumulatieve effecten van Wind op Zee 2030.

De routestructuur is gemaakt op basis van de routes zoals deze in 2017 gevaren zijn. Hierdoor is een zeer actueel beeld van het verkeer als basis genomen, waarbij ook de bestaande infrastructuur, zoals de bestaande windparken, is meegenomen. De bouw van de windparken voor de Routekaart 2023 is in 2017 nog niet begonnen.

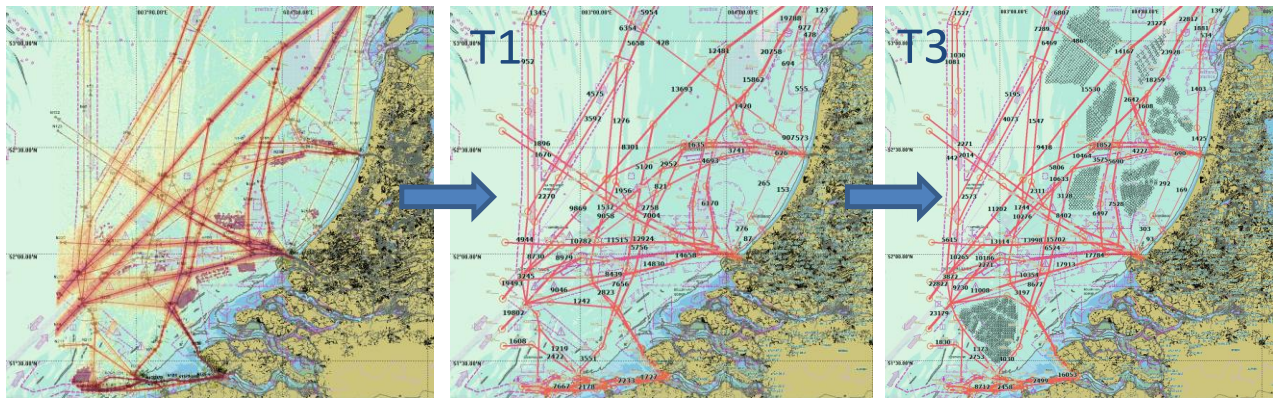
Werkwijze aanpassingen routegebonden verkeer

Met behulp van AIS-data is de verkeersdatabase voor 2017 ontwikkeld (zogenaamde T0-scenario). Tot en met 2017 waren er geen bouwwerkzaamheden voor de routekaart 2023. Om deze reden is de T0 verkeersdatabase een goed startpunt voor het opbouwen van de verkeersdatabase. Door de Erasmus Universiteit zijn in het kader van de studie [Ref 11.] groeicijfers aangeleverd. Deze cijfers zijn gebruikt om de situatie voor 2030 te modelleren (eerst zonder de bouw van extra windenergiegebieden).

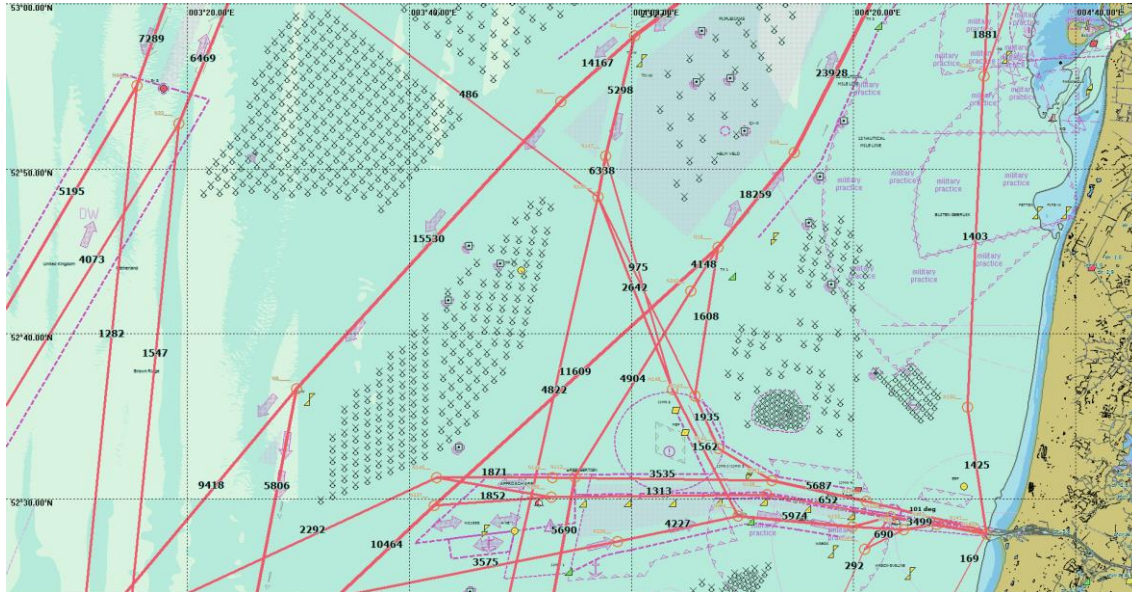
Voor de situatie inclusief de bouw van alle windparken van de routekaart 2030 is vervolgens de intensiteit van het scheepvaartverkeer gelijk gehouden (dus de situatie voor 2030), maar is alleen op een drietal plaatsten de routestructuur gewijzigd. De wijzigingen zijn niet groot, omdat bij de herindeling van de routestructuur in 2013 al rekening gehouden is met de beoogde windparken. Wel is voor het nieuwe scenario de laterale verdeling van een aantal routes, die “tussen” de windparkgebieden door gaan, iets verkleind. Dit is gebaseerd op de verwachting dat schepen (met name in het begin) dichter naar het midden van de vaarbaan zullen gaan varen. In Figuur 3-2 is het proces weergegeven voor het aanmaken van de verkeersdatabase.

De routestructuur is uiteindelijk slechts op drie locaties aangepast:

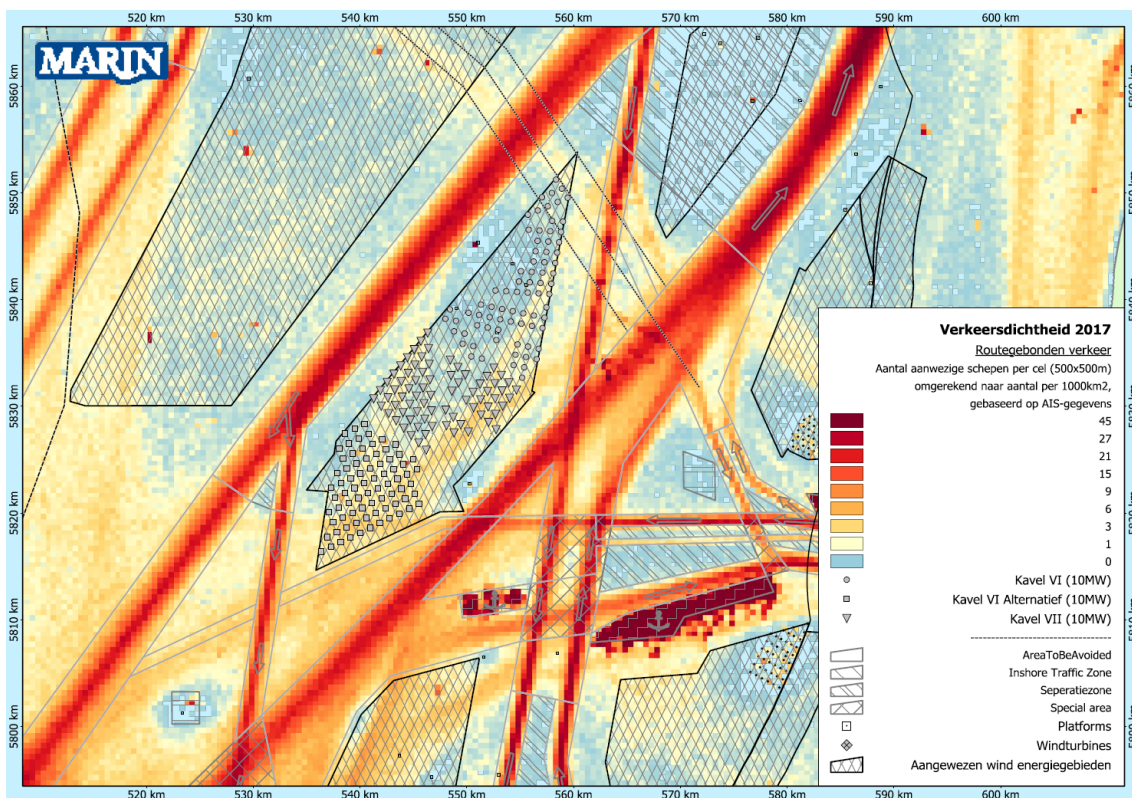
- Rond windpark Hollandse Kust Noord, met name de route van de ferry die nu door het park loopt en wellicht dit straks niet meer doet.
- Rond windpark Borssele, in de huidige situatie zal de bestaande verkeersstroom er aan de noordzijde van het gebied door varen dus deze schepen zullen straks door het park gaan.
- In de huidige situatie zijn er schepen die richting IJmuiden de “bocht” afsnijden door de locatie van het toekomstige windpark Hollandse Kust(zuidwest). In het ontwerp van de routestructuur ingevoerd in 2030 is wel opgenomen dat schepen om het aangewezen gebied gaan varen, maar in de praktijk doen ze dit nu nog niet.



Figuur 3-2 Proces van het opbouwen van de verkeersdatabase (links AIS-data met de route structuur, midden situatie met alleen de groeifactoren toegepast, rechts situatie inclusief de aanpassingen van de routestructuur)



Figuur 3-3 Verkeersdatabase zoals gebruik in de huidige studie voor Kavel VI en VII (gebaseerd op de verkeersdatabase gebruikt in [Ref 11.]



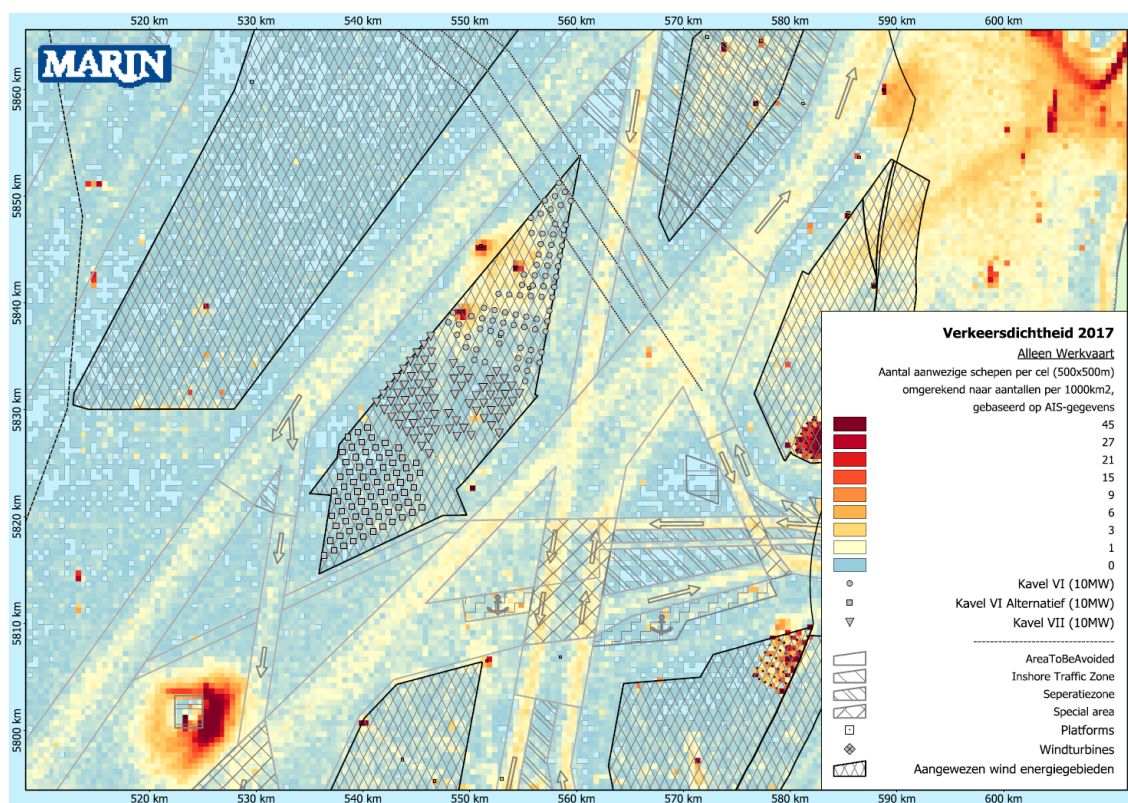
Figuur 3-4 Verkeersdichtheid (gebaseerd op AIS-data over 2017), alleen routegebonden verkeer.

3.3.1.2 Niet-routegebonden verkeer

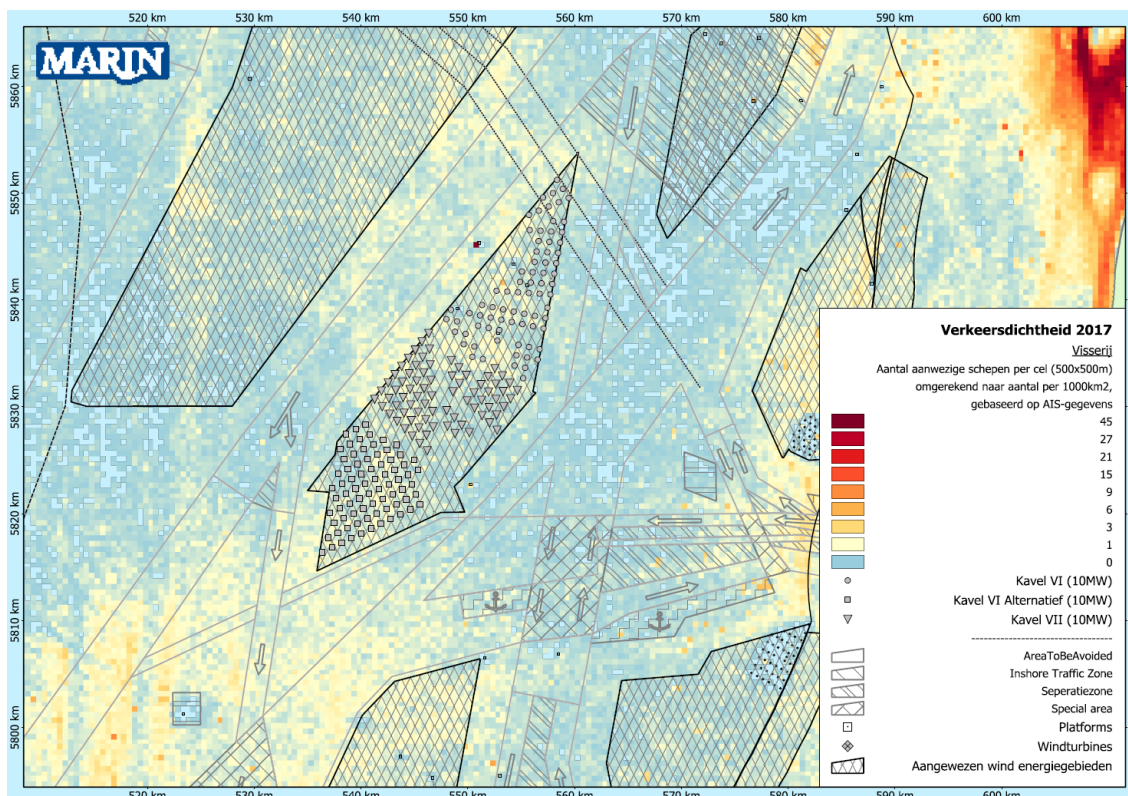
Het *niet-routegebonden* verkeer (visserij, supplyvaart, werkvaart en recreatievaart) kan niet op de voorgaande wijze worden gemodelleerd. Het gedrag van dit verkeer op zee is duidelijk anders. Men vaart niet van haven A naar haven B langs duidelijke routes, maar van haven A naar een of meerdere bestemmingen 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 een analyse van de AIS-data over 2017 voor deze categorieën schepen.

In Figuur 3-5, Figuur 3-6 en Figuur 3-7 zijn nogmaals verschillende dichtheidskaarten weergegeven rond het gebied van Kavel VI en Kavel VII, hierbij is onderscheid gemaakt in alleen werkvaart, alleen visserij en alleen recreatievaart.

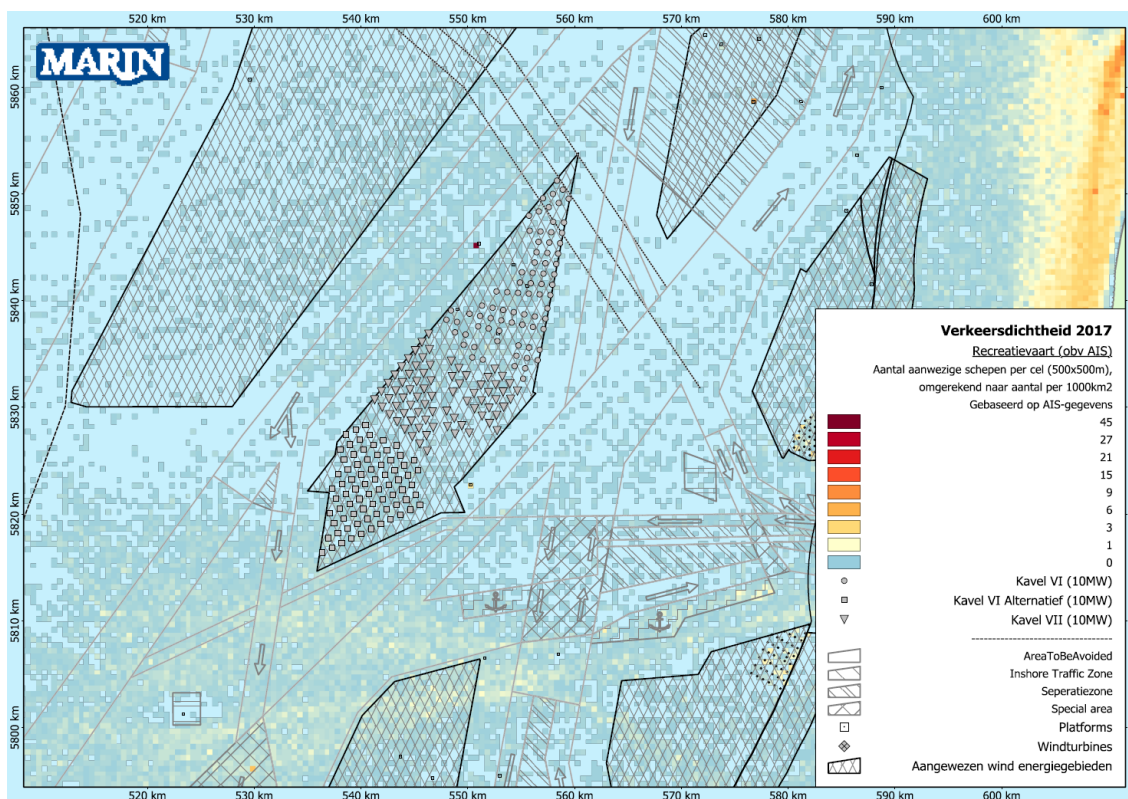
In Figuur 3-5 (werkvaart) is duidelijk het verkeer rond de drie bestaande platformen in het gebied zichtbaar. En in de kaart voor de visserij (Figuur 3-6) zijn vier verschillende gebieden weergegeven waar visserij gevaren en/of gevestigd heeft in 2017. Tenslotte is in Figuur 3-7 de dichtheid weergegeven voor de recreatievaartuigen die waargenomen zijn op basis van AIS-data. Duidelijk zichtbaar is de verhoogde intensiteit dichtbij de kust. Daarnaast zijn er enkele “verkeersstromen” aan de zuidkant van het park zichtbaar, dit zijn schepen varend vanuit IJmuiden richting Engeland.



Figuur 3-5 Verkeersdichtheid (gebaseerd op AIS-data over 2017), alleen werkverkeer.



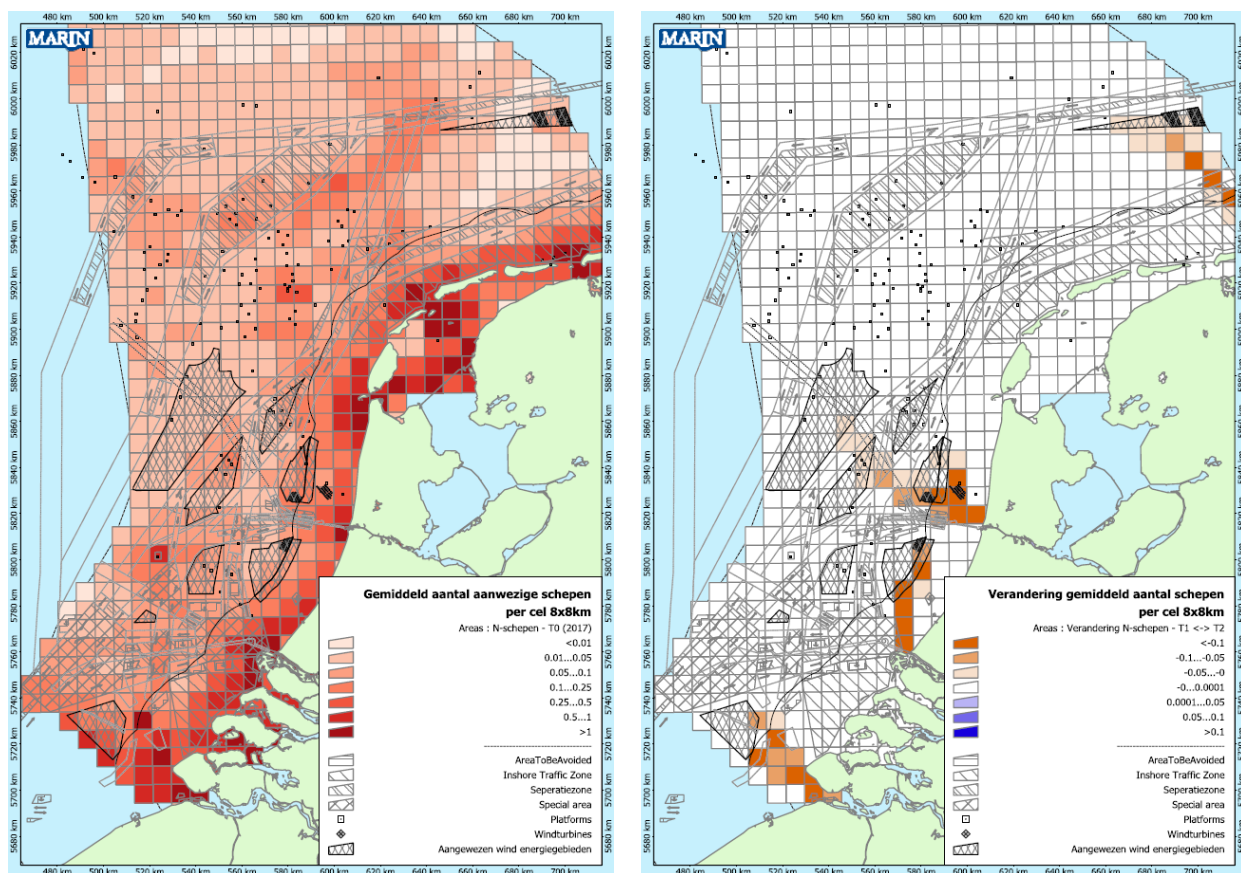
Figuur 3-6 Verkeersdichtheid (gebaseerd op AIS-data over 2017), alleen visserij



Figuur 3-7 Verkeersdichtheid (gebaseerd op AIS-data over 2017), alleen recreatieverkeer (waargenomen op basis van AIS)

In de studie naar de cumulatieve effecten [Ref 11.] is voor zowel de situatie in 2017 als voor het groeiscenario 2030 dezelfde niet-routegebonden verkeerdatabse gebruikt. Dit is gebaseerd op de bevindingen van de Erasmus Universiteit. Hierbij is aangenomen dat de intensiteit en locatie van de visserij gelijk blijft evenals van de werkvaart.

Voor de situatie waarbij de windparken uit de routekaart 2030 gebouwd zijn is een toename van het werkverkeer van en naar de windparken gemodelleerd. De intensiteit is gebaseerd op het aantal verwachte turbines en op aantallen bezoeken voor onderhoud aan windturbines gevonden in de huidige monitoring van de bestaande windparken. Hierbij is aangenomen dat naar IJmuiden Ver minder onderhoudsschepen zullen varen, maar dat dit wel grotere schepen zullen zijn, die daar langere tijd aanwezig zijn. De rechter kaart in Figuur 3-8 laat de verandering in niet-routegebonden verkeer zien in de situatie met de windparken ten opzichte van de situatie zonder de parken.



Figuur 3-8 Links: Aantal aanwezige niet-routegebonden schepen per gridcel (8x8km) voor het T0 en T1 scenario. Rechts: De verandering van het aantal aanwezige niet-routegebonden schepen in T2 ten opzichte van T1 (oranjekleur is toename)

Afhankelijk van het doorvaarscenario (24m, 45m of 80m) is de verkeersintensiteit van het niet-routegebonden verkeer (werkvaart en visserij) in de windparken aangepast. De verkeersintensiteit van de schepen die niet in het windpark mogen varen is verplaatst naar een gridcel van 8x8 km net buiten het park. Hiermee wordt geen rekening gehouden met mogelijk afwijkend gedrag van het niet-routegebonden verkeer als gevolg van de aanwezigheid van windparken.

Na de uitvoering van de studie naar de cumulatieve effecten [Ref 11.] is de vraag gesteld of de gridcellen niet kleiner gekozen hadden moeten worden. Dit om het effect van de mogelijke verhoogde intensiteit in de berm tussen de vaarroutes en de windparken beter inzichtelijk te maken. Door de keuze van de grotere gridcellen is hier slechts deels rekening mee gehouden. In werkelijkheid zal het niet-routegebonden verkeer mogelijk meer geconcentreerd uitwijken naar de berm (2 nm of 3.7 km breed) dan naar het gehele naastliggende grid (4.3 nm of 8 km breed). Echter, nu is het nog onzeker waar de

schepen die nu in het gebied varen in de toekomst zullen gaan varen. Door de gridcellen groter te kiezen wordt door een grotere spreiding wel rekening gehouden met deze onzekerheid in het toekomstige gedrag van de niet-routegebonden schepen.

Een van de aanbevelingen naar aanleiding van de studie naar de cumulatieve effecten was dan ook te kijken naar het effect van een kleiner grid. Er was echter onvoldoende tijd tussen de cumulatieve studie en de studie voor Hollandse Kust (West) om de resultaten van dit onderzoek mee te nemen.

Omdat de aanname is dat de recreatievaart veelal kleiner is dan 24m is de dichtheid van deze categorie schepen niet aangepast.

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
- Aanvaring met een vast object (in dit geval bestaande offshore platformen)
 - als gevolg van een navigatiefout (ramming)
 - als gevolg van een motorstoring (drifting)

De effecten op de aanvaar- en aandrijfkansen voor pieren en voor stranden als gevolg van een verandering in de verkeersafwikkeling worden in deze studie niet berekend. De pieren en de kustlijn op de Noordzee liggen namelijk zo dat de gewijzigde verkeersstromen deze kansen niet veranderen. Voor de huidige studie zijn geen nieuwe berekeningen uitgevoerd voor het bepalen van het indirecte effect, maar er is gebruik gemaakt van de resultaten van de studie naar de cumulatieve effecten [Ref 11.].

3.4 Gevolgschade

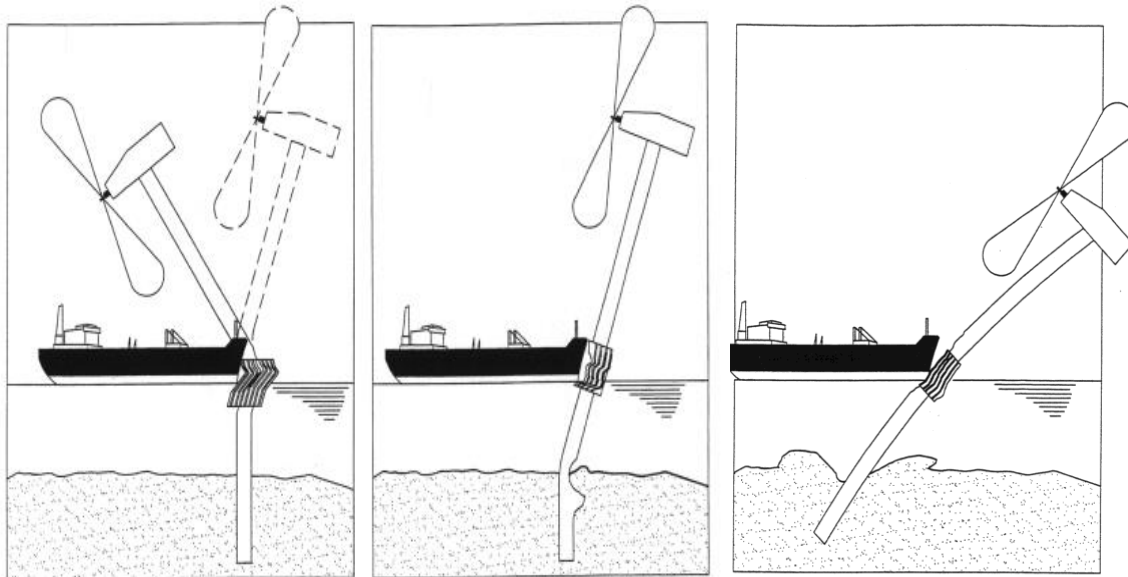
Als gevolg van een aandrijving of een aanvaring van een windturbine kan schade ontstaan, zogenaamde gevolgschade. Deze schade bestaat uit schade aan de windturbine, schade aan het schip, milieuschade als gevolg van een uitstroom van olie bij schade aan een schip en persoonlijk letsel als gevolg van de 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 [Ref 5.]. Hieruit bleek dat bij 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) omvergeduwd. 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 3-9 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 [Ref 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 zal er 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 uitwaaiende 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 middenschips (100%)			Lateraal excentrisch (0%)		
		Aan-deel	Beschadiging		Aan-deel	Beschadiging		Aan-deel	Beschadiging		Aan-deel	Beschadiging	
			Tur-bine	Schip		Tur-bine	Schip		Tur-bine	Schip		Tur-bine	Schip
Knikken	<500	0%	Nee	Geen	0%	Nee	Geen						
	500-1000	0%	Ja	Geen	0%	Nee	Geen						
	1000-1600	5%	Gos Mos ¹	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						
Scharnieren	<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

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.

¹ GosMos = Gondel Op Schip en Mast Op Schip na plastische vervorming

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 vervangen zijn 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.
- 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.

In deze kansberekening is geen rekening gehouden met persoonlijk letsel dat kan ontstaan doordat een schip een windturbine schampt ter hoogte van bemannings- of passagiersverblijven. Ook dit effect is onderdeel van de aanbeveling voor vervolgonderzoek naar de gevolgen van aanvaringen en aandrijvingen van windturbines.

3.4.4 Kantekeningen bij de modelering van de gevolgschade

De modellering en de schadematrix zoals hierboven beschreven in 3.4.1 tot en met 3.4.3 geven een weergave van de modellering zoals deze tot nu toe binnen alle uitgevoerde studies voor een M.E.R. gebruikt zijn. Deze modellen en aannames zijn gebaseerd op onderzoek uitgevoerd in 2005. Ondertussen zijn de turbines (en ook de schepen) groter geworden en kunnen er bij verschillende onderdelen vragen gesteld worden over de toepasbaarheid van bijvoorbeeld de schadematrix voor de huidige situatie. Binnen de studie naar de cumulatieve effecten op de scheepvaartveiligheid van alle windparken samen [Ref 11.], is dan ook besloten deze verouderde kennis niet als basis te nemen, ook omdat wellicht niet alle relevante scenario's voldoende belicht worden. Binnen [Ref 11.] zijn dus ook geen detail gevolgberoevingen gedaan en zijn de berekeningen middels het SAMSON-model niet opnieuw uitgevoerd op basis van de aanmerkingen. Daardoor is als aanbeveling opgenomen, vervolgonderzoek te doen naar de effecten van een aanvaring of aandrijving van de huidige en toekomstige windturbines met verschillende scheepstype en -grootte.

Binnen de studie naar de effecten op scheepvaartveiligheid van Hollandse Kust (West) in het kader van de M.E.R. is wel gekozen voor het gebruik van de verouderde aannames. Er is hier voor gekozen omdat op deze wijze geen trendbreuk ontstaat in de aanpak en resultaten ten opzichte van de studies voor de andere locaties, zoals Hollandse Kust (Noord) en (Zuid) en Borssele. Daarnaast zijn er al wel initiatieven gestart voor vervolgonderzoek naar de gevolgen van de aanvaring/aandrijving, maar er was onvoldoende tijd voor gedegen onderzoek naar de gevolgen tussen de studie naar de cumulatieve effecten [Ref 11.] en de start voor de studie voor Hollandse Kust (West)

Dit betekent dat de gevolgschade zoals deze berekend is in dit rapport als indicatief beschouwd kan worden, omdat er waarschijnlijk verschillende gevolgscenario's missen.

Bijvoorbeeld de verwachting is dat het schampen van een 8- of 10 MW windturbine wel degelijk grotere gevolgen kan hebben voor een schip. De sterkere, uitstekende constructieonderdelen van windturbines zouden de zwakkere scheepshuid kunnen doorboren en het schip openrijten. Deze schade zal dan waarschijnlijk boven de waterlijn veroorzaakt worden en levert daardoor vrijwel geen gevaar op voor het drijfvermogen, maar mogelijk wel voor personen die zich in de accommodatie bevinden. Echter,

afhankelijk van het type schip en locatie kunnen dit soort situaties wel milieuschade veroorzaken bij het lekragen van een brandstoftank of persoonlijk letsel wanneer bemannings- en passagiershutten zich direct achter de scheepshuid bevinden.

Binnen de studie naar de cumulatieve effecten van de uitrol van Wind op Zee 2030 [Ref 11.] is de volgende aanbeveling hierover opgenomen.

“Schademodel; Door schaalvergroting van de windmolens in combinatie met de drifteigenschappen van schepen met zeer grote windvang zoals ultra grote cruise en containerschepen wordt aanbevolen om meer onderzoek te doen naar de gevolgen van een aanvaring/aandrijving van een schip met een windturbine. Hierbij is niet alleen de schade aan de windturbine belangrijk, maar ook het risico voor bemanning en passagiers, de schade aan het schip en mogelijke milieuverontreiniging.

De volledige management samenvatting van de studie [Ref 11.] is integraal opgenomen in Appendix B.

3.5 Effecten voor de scheepvaart als gevolg van een wijziging in de routestructuur en cumulatieve effecten

Het gebied van een windpark indien het eenmaal gebouwd is, vormt een “verboden” gebied voor alle scheepvaart groter dan 24 m of 45 m (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. In 2018 is een separate studie uitgevoerd in opdracht van verschillende ministeries die de effecten op de scheepvaartveiligheid van Wind op Zee 2030 in kaart gebracht heeft [Ref 11.]. Hierbij zijn berekeningen uitgevoerd om het aantal aanvaringen tussen schepen, aanvaringen met platformen en windturbines te bepalen. Daarnaast zijn tijdens verschillende expertsessies ook nog andere mogelijke risico's in kaart gebracht. Voor het bepalen van de effecten voor de scheepvaart als gevolg van de wijzigingen in de routestructuur wordt binnen deze huidige studie voor Kavel VI en VII gebruik gemaakt van de resultaten van de cumulatieve studie.

3.6 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” [Ref 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 windpark² 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 3-12). De simulatorrun is zo

² Het gaat hier om een willekeurig windpark en niet het specifieke windpark dat in deze studie wordt onderzocht.

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 schip (om het probleem te vergroten) vroegtijdig te signaleren, de koers en snelheid van dit schip te bepalen en eventueel een manoeuvre in te zetten om de aanvaring te voorkomen.

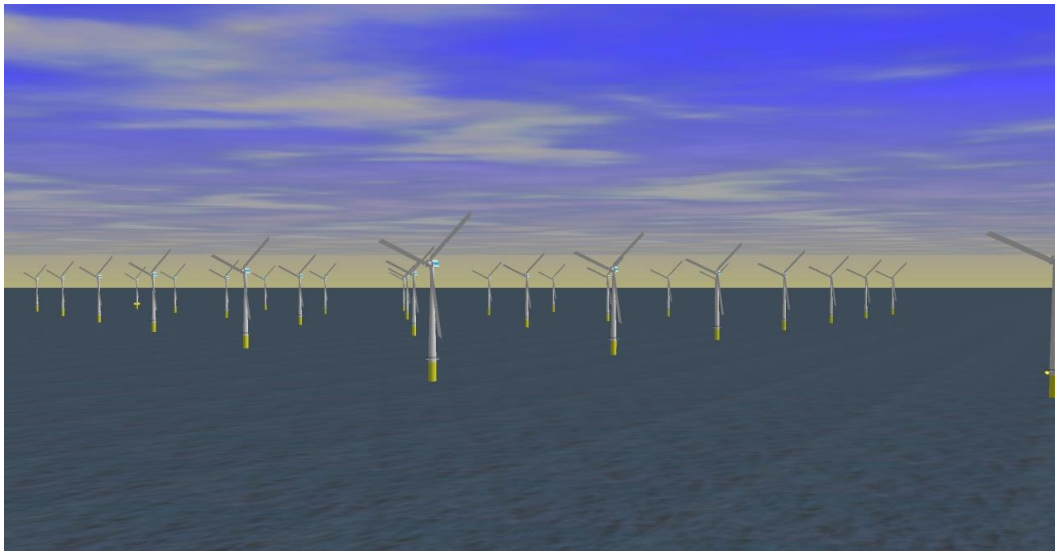
Er is specifiek voor dit "worst-case" scenario gekozen omdat een schip in de ontmoetingssituatie, om een aanvaring te voorkomen, in eerste instantie naar stuurboord zal uitwijken. Hier doet zich dan een probleem voor omdat het windpark zich aan deze kant bevindt. Figuur 3-10 en Figuur 3-11 zijn twee 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 3-10 is nog geen tweede schip te zien en in Figuur 3-11 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:

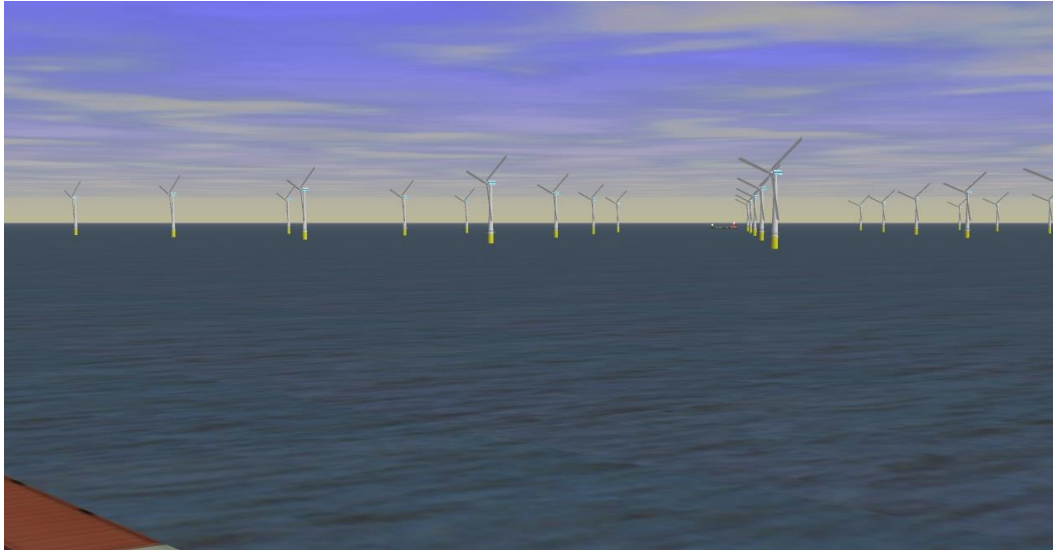
1. Dag en nacht;
2. Configuratie van het windpark;
3. Afstand tot het windpark.

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°.



Figuur 3-10 Windpark gezien vanaf het eigen schip



Figuur 3-11 Windpark gezien vanaf het schip met een klein schip in het buitenbeeld

De runs zijn uitgevoerd voor een passageafstand van 500 m en 1000 m 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 m 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 zeemanschap). 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.

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 3-12, 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 3-13 en in Figuur 3-14. 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.

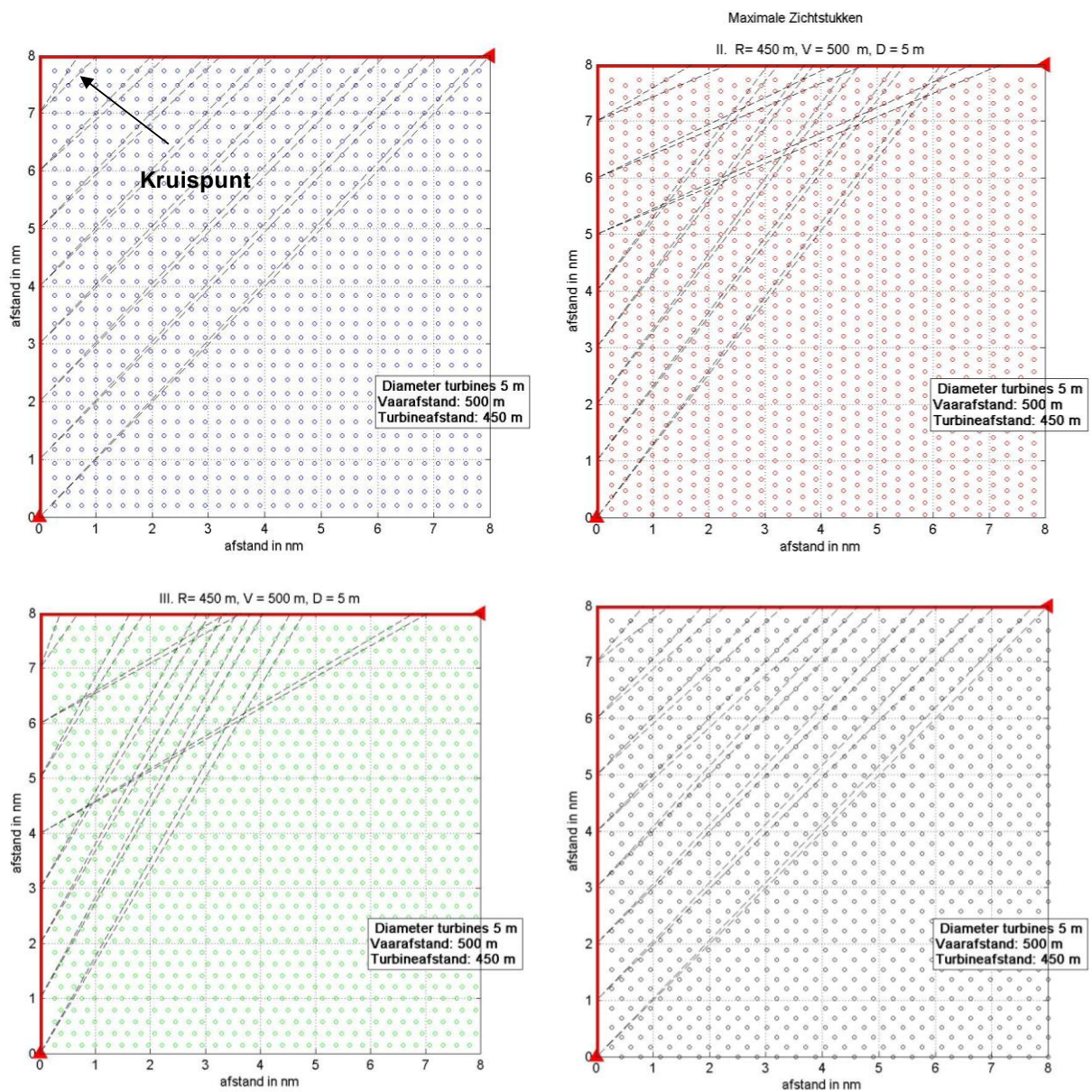
De doorzichtbaarheid verandert als de afstand tot het windpark groter wordt en ook wanneer de afstand tussen de windturbines anders wordt. Om dit te onderzoeken zijn er nog drie opstellingen met elkaar vergeleken, maar dan alleen voor de eerste opstelling met de windturbines in een vierkant. De eerste opstelling in Figuur 3-15 is gelijk aan die van Figuur 3-12. Figuur 3-15 bevat ook dezelfde opstelling maar dan voor een vaarafstand van 1000 m en 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 3-16 en Figuur 3-17. 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 m 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.

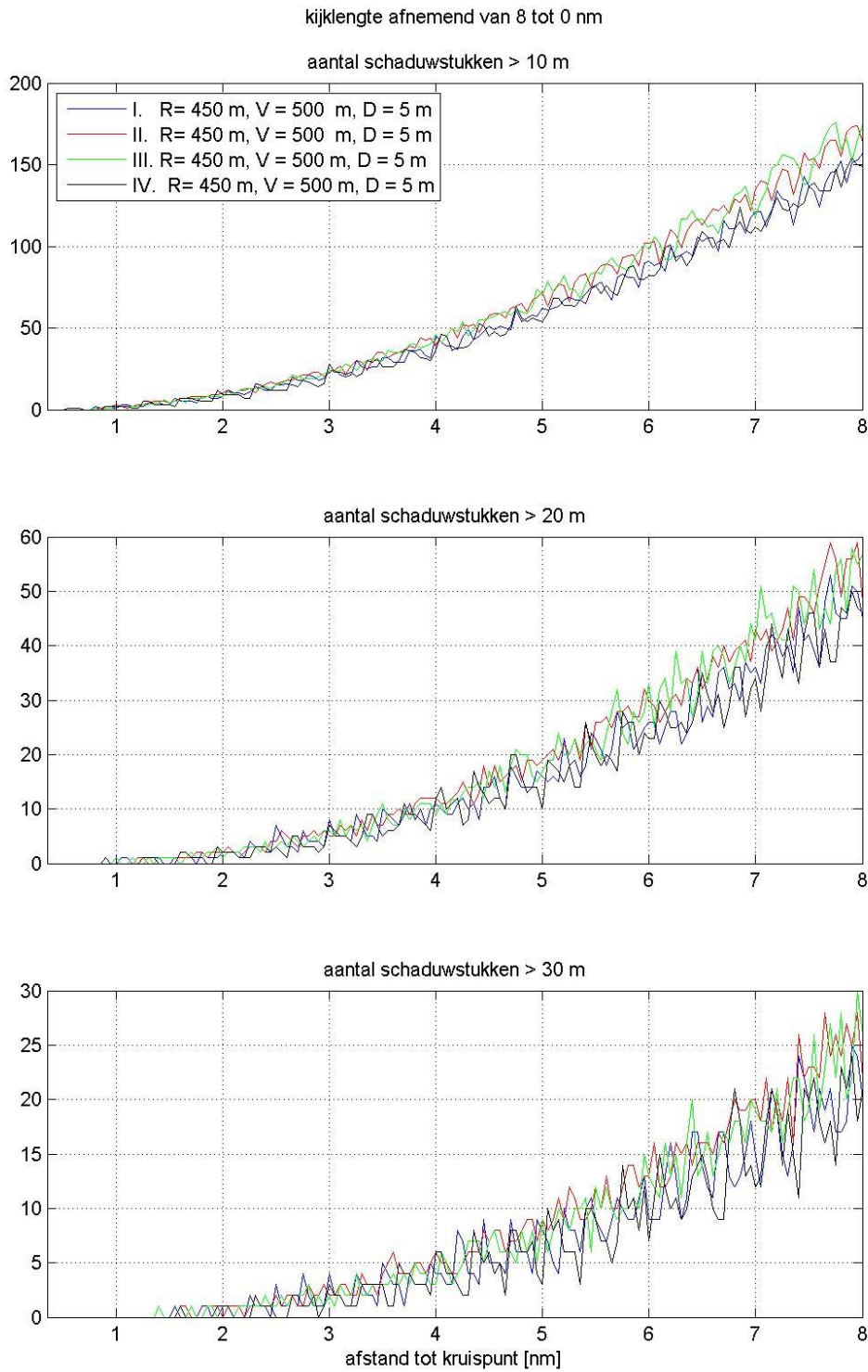
Conclusie

Uit het voorgaande kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

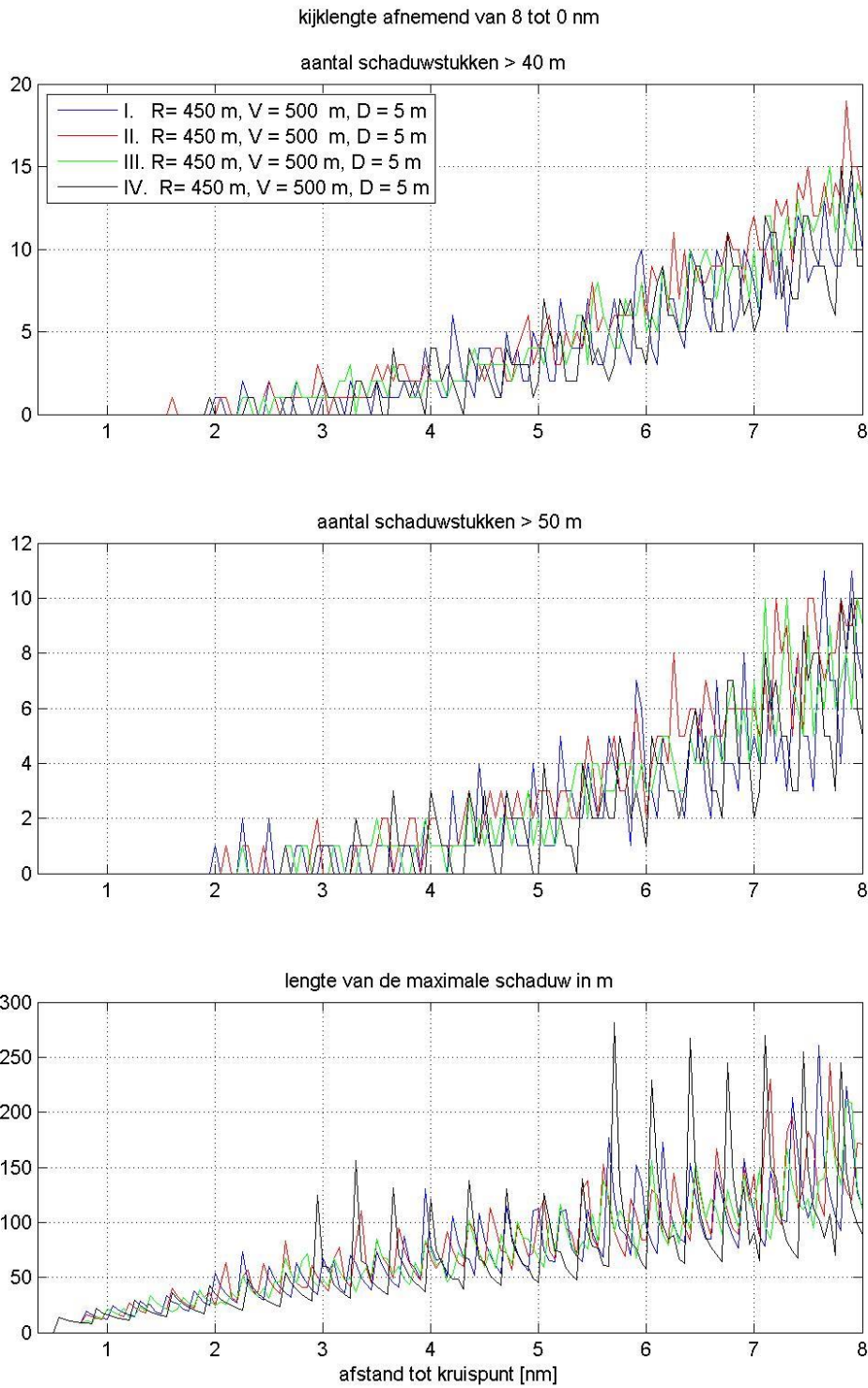
- De ondoorzichtbaarheid van een windpark is niet erg gevoelig voor de opstelling van de windturbines, mits regelmatig opgesteld in rijen, de versprongen opstelling heeft wel als voordeel dat er meer turbines op dezelfde oppervlakte kunnen worden geplaatst;
- De ondoorzichtbaarheid wordt bij langs varen 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.



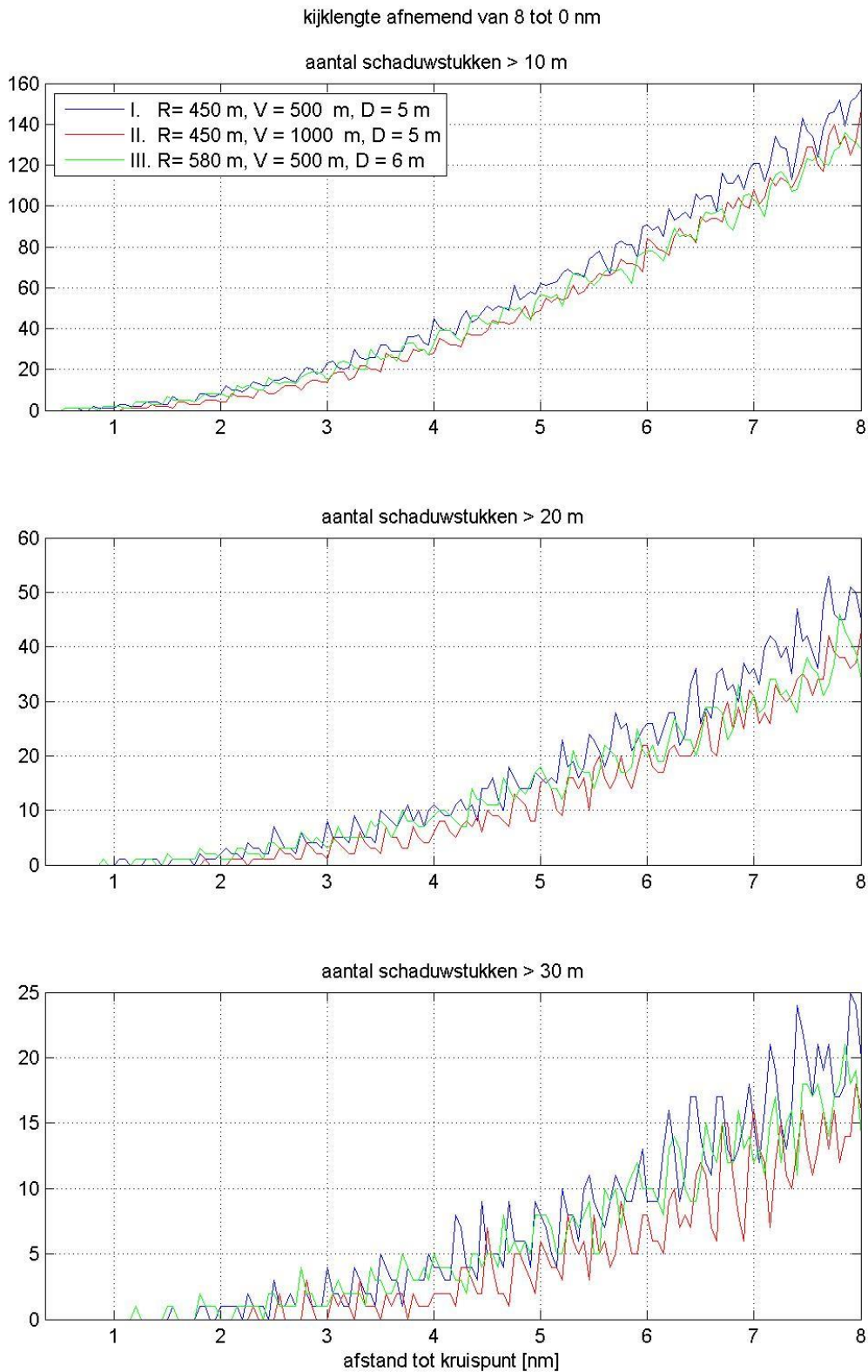
Figuur 3-12 Linksboven: Opstelling windturbines in vierkant evenwijdig aan vaarlinks (I), rechtsboven: Opstelling windturbines in dichte opstelling versprongen (II), linksonder: Opstelling versprongen maar net als II maar 90° gedraaid (III) en rechtsonder: Opstelling vierkant als I maar dan 45° gedraaid (IV)



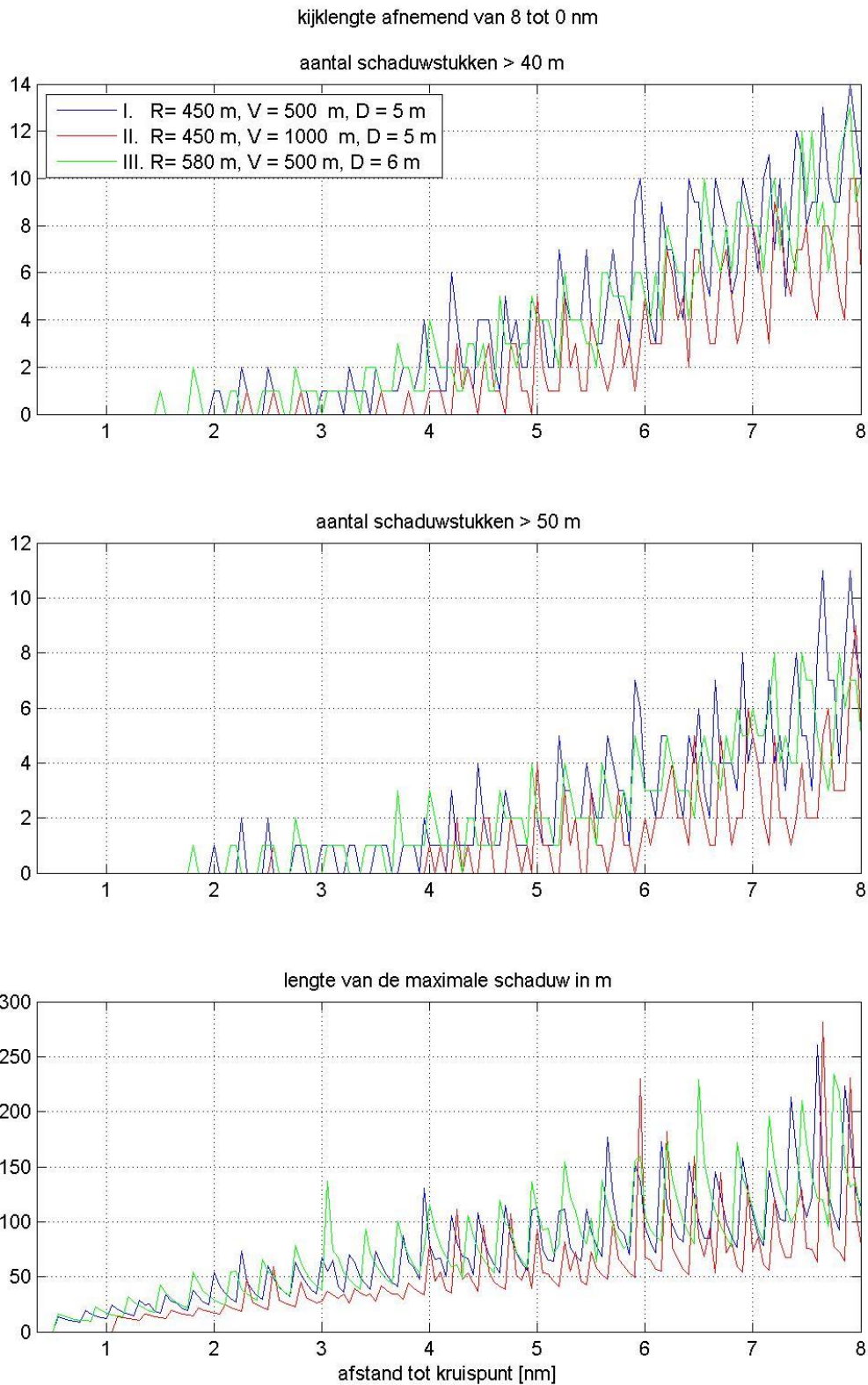
Figuur 3-13 Schaduwstukken > 10 m, > 20 m en > 30 m



Figuur 3-14 Schaduw > 40 m, > 50 m en maximale lengte van een schaduwstuk



Figuur 3-16 Schaduw > 10 m, > 20 m en > 30 m lengte van een schaduwstuk voor de gevoeligheidsanalyse



Figuur 3-17 Schaduw > 40 m, > 50 m en maximale lengte van een schaduwstuk voor de gevoeligheidsanalyse

4 RESULTATEN SAMSON BEREKENINGEN

In 4.1 worden eerst de doorgerekende varianten beschreven, gevolgd door de aanvaar- en aandrijffrequenties en de gevolgschade voor de varianten. Gedetailleerde resultaten per kavel en variant worden gegeven in verschillende tabellen in de appendices. Voor beide kavels (VI en VII) en de beide varianten van Kavel VI is daarin eenzelfde set tabellen gegeven. Voor kavel VI zijn twee varianten doorgerekend, deze liggen echter ook op een andere locatie, daarom is ervoor gekozen de twee kavels VI en VII als drie “varianten” te beschrijven in dit hoofdstuk. Dus waar over varianten gesproken wordt, wordt soms ook verschillende kavels bedoeld. In de naamgeving van de “varianten” is wel het onderscheidt tussen Kavel VI en VII aangegeven.

In de tekst in dit hoofdstuk wordt voor de drie 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 4.3.

4.1 Configuraties

In deze studie zijn twee kavels bekeken: Kavel VI en VII. Alleen voor Kavel VI zijn twee “configuraties” (inrichtingsvarianten) doorgerekend waarbij het totale vermogen ongeveer 760 MW is. Deze twee configuraties liggen op twee verschillende locaties in het zoekgebied Hollandse Kust (West).

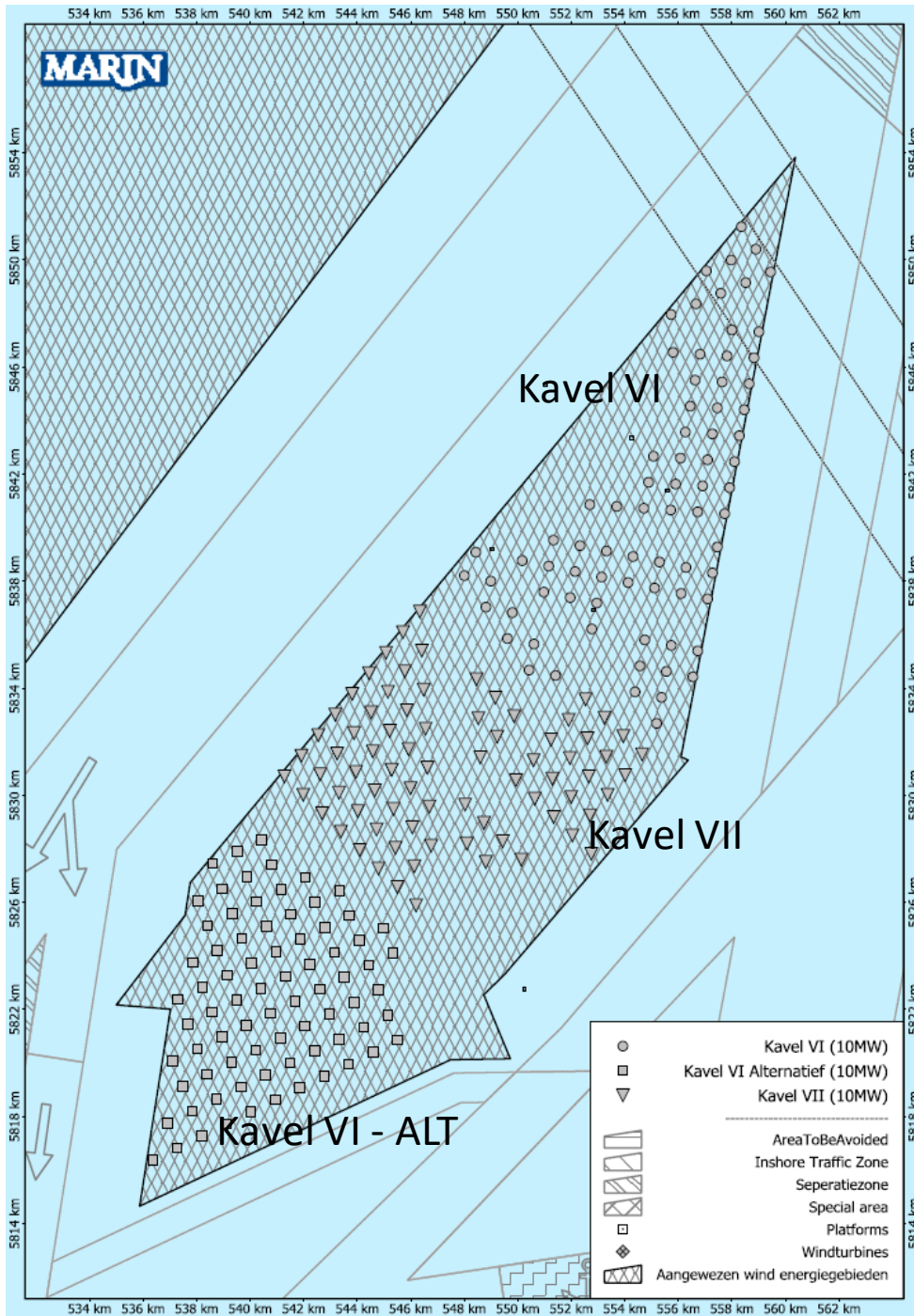
Er is, voor alle varianten, een configuratie gekozen met 76 windturbines met een vermogen van 10 MW, geplaatst op monopiles (aangeduid als de 10 MW-variant).

In eerdere studies is ervoor gekozen twee configuraties te kiezen met verschillend aantal turbines, een met 8 MW-turbines op jackets en een met 10 MW turbines op monopiles. Deze twee configuraties geven samen een goede indicatie van de bandbreedte van de aanvaringskansen van turbines. Hierbij werd de 8 MW variant als worst-case beschouwd, aangezien meer turbines en een grotere fundering de kans op aanvaring in de berekeningen altijd zullen vergroten. De algemene conclusie was echter in de vorige studies, dat minder turbines kleinere verwachte aanvaar-en aandrijfkansen opleverden, dus een kleinere kans per MW. Binnen de studie voor Hollandse Kust (West) is er daarom voor gekozen om geen vergelijking tussen twee configuratie (inrichtingen) te maken, maar een vergelijking tussen verschillende locaties binnen het aangewezen windenergiegebied.

De gehanteerde gegevens per configuratie zijn gegeven in Tabel 4-1, en in Figuur 4-1 zijn de locaties van de verschillende turbines weergegeven.

Tabel 4-1 Configuratiegegevens varianten windenergiegebied Hollandse Kust (west) kavel VI en VII

Variant	Turbines			Fundering	
	Aantal	Vermogen	Rotor diameter	Type	Afmeting
Kavel VI 10MW	76	10 MW	221 m	monopile	Ø 10 m
Kavel VI ALT 10MW	76	10 MW	221 m	monopile	Ø 10 m
Kavel VII 10 MW	76	10 MW	221 m	monopile	Ø 10 m



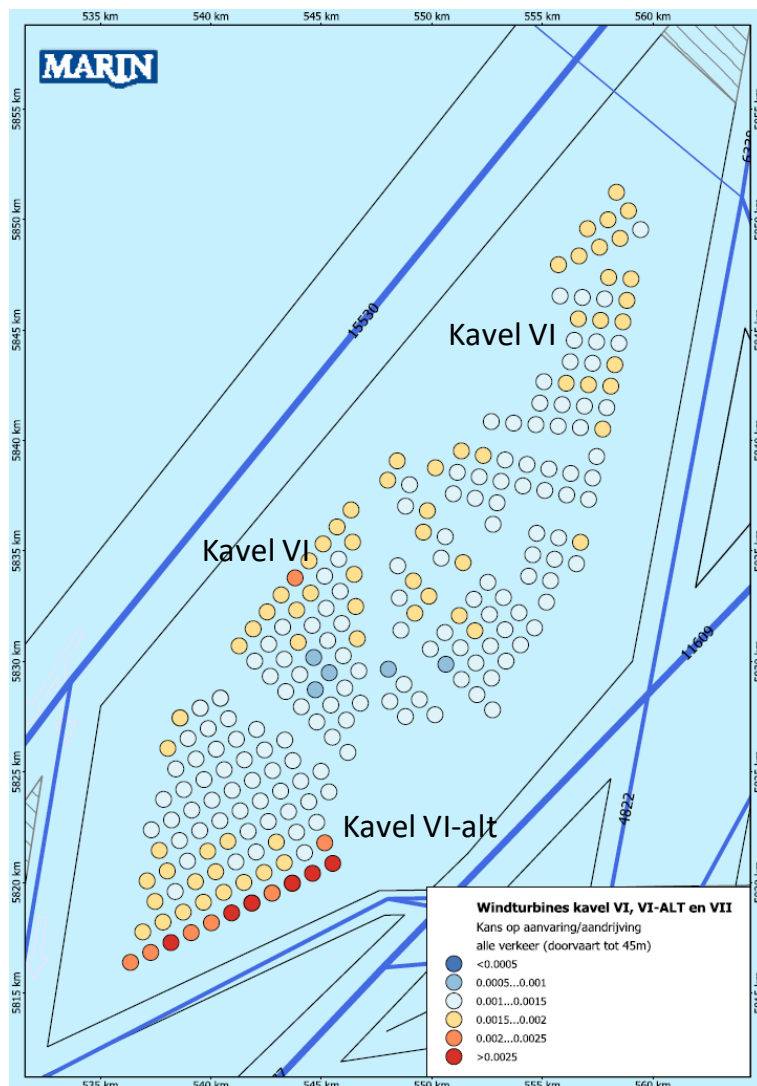
Figuur 4-1 Overzicht van de drie "varianten": kavel VI, kavel VI-ALT en kavel VII.

4.2 Aanvaar-/ aandrijffrequenties windenergiegebied

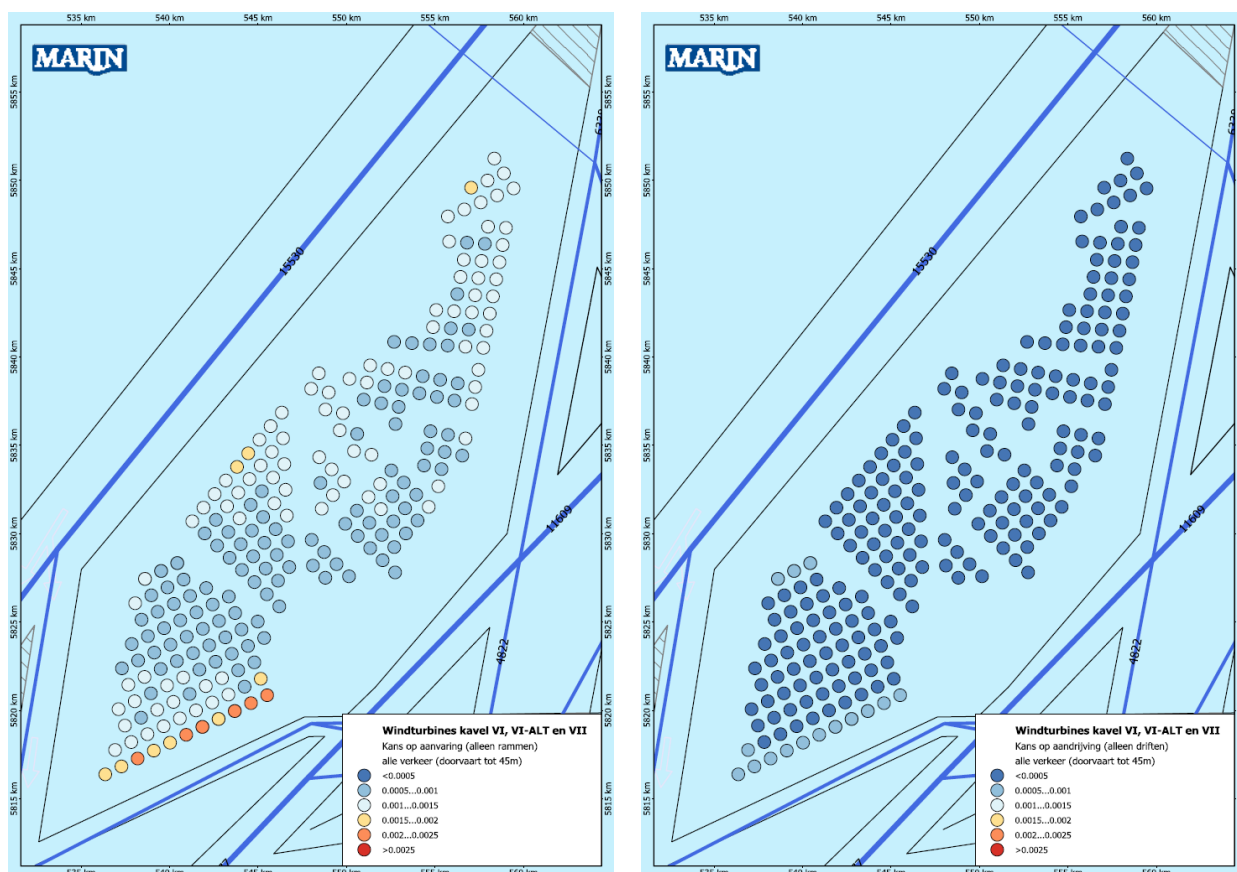
Door de aanwezigheid van het windpark op Kavel VI en VII is een nieuw type risico ontstaan op die locatie op zee, namelijk de kans dat een schip tegen één van de windturbines aanvaart (rammen) of aandrijft (driften). De frequenties voor deze ongevallen zijn bepaald met het SAMSON-model. De resultaten 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 Kavel VI de aanvaar- en aandrijffrequenties per windturbine door alle schepen (doorvaartsceenario 45 m). Figuur A1-1 toont een grafische weergave hiervan. Voor de Kavel VI-alt variant staan deze frequenties in Tabel A2-1 en Figuur A2-1. Omwille van de leesbaarheid zal in het vervolg alleen worden verwezen naar het tabel- of figuurnummer van de eerste variant.

In Figuur 4-2 zijn grafisch de individuele aanvaar- en aandrijffrequenties voor alle turbines (Kavel VI, Kavel VI-alt en Kavel VII) weergegeven. Uit de tabellen en de verschillende figuren blijkt dat de windturbines aan de zuidoostzijde van Kavel VI-alt relatief de hoogste aanvaar- en aandrijffrequentie hebben. Dit wordt grotendeels veroorzaakt door aanvaringen van de grotere schepen in de verschillende drukke verkeerroutes rond de locatie.



Figuur 4-2 Verwachte totale aanvaar- en aandrijffrequentie per turbine voor de drie beschouwde kavels (Kavel VI, Kavel VI-alternatief en Kavel VII)



Figuur 4-3 Verwachte aanvaarfrequentie/rammen (links) en aandrijffrequentie/driften (rechts) per turbine voor de drie beschouwde kavels (Kavel VI, Kavel VI-alternatief en Kavel VII)

Tabel 4-2 bevat de kans op een aanvaring/aandrijving per jaar voor beide varianten, gesommeerd over alle windturbines. Hierbij zijn dus de totale frequenties weergegeven door zowel route- als niet-routegebonden verkeer (in en buiten het park). Uit de tabel blijkt dat de totale aanvaar- en aandrijffrequentie voor Kavel IV-alternatief (kavel aan de zuidpunt) het hoogst is. De totale aanvaar- en aandrijffrequenties voor Kavel VII (middelste locatie) is het laagst. De relatief hogere frequentie voor de beide alternatieven voor Kavel VI ten opzichte van de kansen voor Kavel VII wordt veroorzaakt door de ligging van Kavel VI en Kavel VI-alternatief ten opzichte van de omringende verkeerroutes.

De totale aanvaar- en aandrijffrequentie door voor Kavel VI is 0.109282, en 0.117949 voor de alternatieve ligging van Kavel VI. Dit is equivalent aan respectievelijk eens per 9.2 jaar en 8.5 jaar. De totale frequentie voor Kavel VII is 0.101195 (eens in de 9.9 jaar).

Van de aantallen ram-aanvaringen wordt aangenomen (zie Tabel 3-1) dat 10% frontaal plaatsvindt, en 90% van de schepen schampt. Op basis hiervan wordt in 4.3 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 4-2. Voor de Kavel VI voor routegebonden schepen is dit dus bijvoorbeeld 0.000635 (eens per 1575 jaar).

Tabel 4-2 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	Totaal	R-schepen	N-schepen	Totaal		
Kavel VI	76	0.006352	0.074331	0.080683	0.025862	0.002737	0.028599	0.109282	9.2
Kavel VI – ALT	76	0.018998	0.065514	0.084512	0.031093	0.002344	0.033437	0.117949	8.5
Kavel VII	76	0.004999	0.067178	0.072177	0.026671	0.002347	0.029018	0.101195	9.9

Omdat de kansen ook afhangen van het aantal turbines, zijn in Tabel 4-3 de gemiddelde kansen per turbine gegeven. Hieruit de gemiddelde kans op aanvaring/aandrijving per turbine voor Kavel VI 0.00144 bedraagt, oftewel eens per 695.4 jaar, en in voor Kavel VI-alternatief bedraagt het 0.00155 per jaar. Ook de gemiddelde aanvaarfrequentie per turbine is voor Kavel VI-alternatief het hoogst ten opzichte van de beide andere kavels (Kavel VI en Kavel VII)

De verwachte energieopbrengst per jaar is voor alle kavels en varianten 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 4-3 Verwacht aantal aanvaringen/aandrijvingen gemiddeld per turbine voor de kavels per variant

Variant	Aantal turbines	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar per turbine			Aantal aandrijvingen (driften) per jaar per turbine			Totaal aantal per jaar	Eens per ... jaar
		R-schepen	N-schepen	Totaal	R-schepen	N-schepen	Totaal		
Kavel VI	76	8.36E-05	9.78E-04	1.06E-03	3.40E-04	3.60E-05	3.76E-04	1.44E-03	695.4
Kavel VI – ALT	76	2.50E-04	8.62E-04	1.11E-03	4.09E-04	3.08E-05	4.40E-04	1.55E-03	644.3
Kavel VII	76	6.58E-05	8.84E-04	9.50E-04	3.51E-04	3.09E-05	3.82E-04	1.33E-03	751.0

4.3 Gevolgschade

Ondanks de beperkingen en kanttekeningen bij de gebruikte schadematrix en aannames, toegelicht in hoofdstuk 3.4.4, is er binnen deze studie wel voor gekozen de resultaten voor de gevolgschade weer te geven in de rapportage. Dit om geen trendbreuk te veroorzaken met eerder uitgevoerde studies voor bijvoorbeeld Hollandse Kust (noord) en (zuid). Binnen de studie naar de cumulatieve effecten van alle parken samen op de scheepvaartveiligheid [Ref 11.] is geconcludeerd dat de onderzoeken naar de gevolgschade uitgevoerd in 2005, mogelijk niet meer volledig de huidige situatie beschrijven en dat er bepaalde scenario's onderbelicht zijn door schaalvergroting van windturbines en het niet beoordelen van effecten op kleinere schepen. Daarom zijn de beschreven gevolgschades in de volgende paragraaf indicatief en waarschijnlijk ook niet alomvattend.

4.3.1 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 4-4 wordt voor beide varianten van Kavel VI het aandeel per scheepstype en per type schade in de totale frequentie gegeven, Tabel 4-5 laat de resultaten voor Kavel VII zien. Zo is bijvoorbeeld te zien dat in 10.5% van de aanvaringen of aandrijvingen met een turbine van Kavel VI sprake is van schade aan de scheepshuid van een container/RoRo-schip. Voor de Kavel VI-alternatief variant is dit 10.6%. En voor Kavel VII is dit 11.3%

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 24.7% van de aanvaringen of aandrijvingen door alle scheepstypen schade aan de scheepshuid optreedt bij Kavel VI tegen 27.2% van alle aanvaringen/aandrijvingen voor de alternatieve ligging (Kavel VI-Alternatief).

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

Scheepstype	Kavel VI				Kavel VI-ALT			
	Soort schade			Totaal	Soort schade			Totaal
	GosMos	schade aan scheepshuid	geen schade		GosMos	schade aan scheepshuid	geen schade	
Olietanker	0.0%	1.3%	0.0%	1.4%	0.3%	2.3%	2.3%	4.9%
Chemicaliëntanker	0.0%	3.0%	0.0%	3.1%	0.2%	4.1%	2.3%	6.7%
Gastanker	0.0%	0.9%	0.1%	0.9%	0.0%	1.0%	0.2%	1.2%
Container+ RoRo	0.5%	10.5%	4.8%	15.9%	0.6%	10.6%	6.0%	17.2%
Ferry	0.0%	0.3%	0.1%	0.4%	0.1%	0.3%	0.8%	1.1%
Overige R-schepen	0.0%	7.5%	0.3%	7.9%	0.3%	7.8%	3.2%	11.4%
N-schepen	0.1%	1.2%	69.2%	70.5%	0.1%	1.1%	56.4%	57.5%
Alle schepen	0.7%	24.7%	74.6%	100.0%	1.6%	27.2%	71.2%	100.0%

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

Scheepstype	Kavel VII			
	Soort schade			Totaal
	GosMos	schade aan scheepshuid	geen schade	
Olietanker	0.0%	1.8%	0.1%	1.9%
Chemicaliëntanker	0.0%	3.6%	0.0%	3.6%
Gastanker	0.0%	1.0%	0.1%	1.1%
Container+ RoRo	0.4%	11.3%	4.1%	15.8%
Ferry	0.0%	0.3%	0.1%	0.4%
Overige R-schepen	0.0%	8.2%	0.4%	8.6%
N-schepen	0.1%	1.3%	67.3%	68.7%
Alle schepen	0.6%	27.4%	72.0%	100.0%

4.3.2 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 voor Kavel VI is gegeven in Tabel A1-4 in de appendix. In Tabel 4-6 is voor de drie "varianten" per type gevolgschade het aandeel in de totale aanvarings- en aandrijvingsfrequentie gegeven. Hieruit blijkt bijvoorbeeld dat voor Kavel VI en Kavel VI-alternatief bij respectievelijk 11.3% en 11.2% van de aanvaringen of aandrijvingen de turbine als gevolg ervan scheef staat. Voor Kavel VII is dit percentage 12.5%. Voor Kavel VI en Kavel VI-alternatief zal er in 68.5% en 56.7% van de gevallen geen schade aan de turbine zijn.

Tabel 4-6 Aandeel in de totale aanvarings- of aandrijvingsfrequentie per variant en type schade aan de turbine

Schade aan turbine	Kavel VI		Kavel VI - ALT		Kavel VII	
	Aantal per jaar	Aandeel in frequentie	Aantal per jaar	Aandeel in frequentie	Aantal per jaar	Aandeel in frequentie
Geen	0.07486627	68.5%	0.06686728	56.7%	0.06683048	66.0%
Scheef	0.01233313	11.3%	0.01320116	11.2%	0.01264455	12.5%
Omvallen	0.02133532	19.5%	0.03596211	30.5%	0.02109755	20.8%
GosMos	0.00074754	0.7%	0.00191893	1.6%	0.00062289	0.6%
Totaal	0.10928227	100.0%	0.11794949	100.0%	0.10119548	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 Kavel VI ongeveer 26.2% van de contacten met turbines door driften wordt veroorzaakt, en 73.8% door rammen. Voor de andere kavels is deze verhouding vergelijkbaar.

Figuur A1-2 bevat nogmaals de aanvaringsfrequenties voor alle verkeer inclusief doorvaart tot 45m. 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 oranje lijn valt bij 204 MJ ($\approx 10^{2.2}$) samen met de y-as. Dit betekent dat er nooit aandrijvingen met een impact van meer dan 204 MJ plaatsvinden. De blauwe en grijze lijn vallen vanaf dat energieniveau samen. Alleen aanvaringen hebben dus een impact van meer dan 204 MJ.

4.3.3 Milieuschade

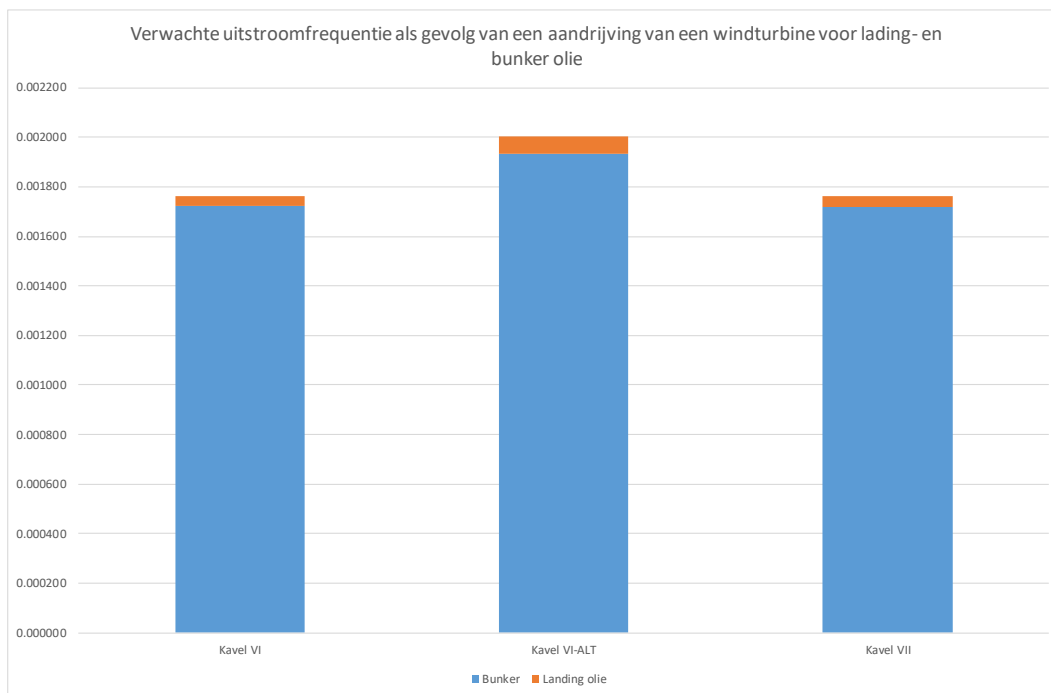
De schade aan het milieu als gevolg van een aanvaring/aandrijving van een windturbine wordt bepaald door de hoeveelheid olie die uit een schip stroomt. Er worden twee hoofdtypen olie onderscheiden: bunkerolie en ladingolie. In Tabel A1-6 wordt voor de eerste variant de frequentie voor de uitstroom van 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 4-7. Op basis van de frequenties is de gemiddelde tijd tussen twee uitstromingen van olie bepaald.

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 [Ref 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 Kavel VI toe met 0.4% ($= (0.001724+0.000037)/(0.353402+0.148723) \times 100\%$). Ook voor de alternatieven Kavel VI-alternatief en Kavel VII is dit percentage 0.4%

Tabel 4-7 Uitstroomfrequentie en hoeveelheid van bunkerolie en ladingolie

Variant	Bunkerolie			Ladingolie			Totaal
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Eens in de ... jaar
Kavel VI	0.001724	580	0.5159	0.000037	27184	0.4733	568
Kavel VI-ALT	0.001932	518	0.6127	0.000070	14287	0.9078	500
Kavel VII	0.001717	582	0.5307	0.000047	21208	0.6198	567
Gehele NCP (zonder windparken 2004) ³	0.353402	2.8	68.04	0.148723	6.7	1499.5	2



Figuur 4-4 Verwachte uitstroomfrequentie als gevolg van een aandrijving van een windturbines voor de drie doorgerekende varianten.

In Figuur 4-4 zijn de totale uitstroomfrequenties nogmaals grafisch weergegeven, uit de figuur en Tabel 4-7 volgt dat de uitstroomfrequentie voor Kavel VI en Kavel VII vergelijkbaar zijn. De uitstroomfrequentie voor de alternatieve ligging van Kavel VI, Kavel VI-alternatief, heeft een relatief hogere kans op een uitstroom van bunker- en/of ladingolie.

Verder volgt uit de tabel dat 97% tot 98% van de uitstroom veroorzaakt wordt door uitstroom van bunkerolie.

4.3.4 Persoonlijk letsel

Persoonlijk letsel 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 A1-9 is voor Kavel VI een overzicht gegeven van het aantal directe doden als gevolg van het op het dek vallen van de gondel en de mast.

³ De uitstroom als gevolg van een ongeval (alle verschillende typen) op het gehele NCP zonder windparken [Ref 7.]. Hierbij is nog uitgegaan van de oude routestructuur op de Noordzee, en niet de situatie vanaf augustus 2013.

Naast gevolgen voor personen door het vallen van een mast of gondel zijn ook andere scenario's denkbaar waarbij er gevolgen zijn voor personen aan boord, bijvoorbeeld wanneer een passagiersschip langs een turbine schampt en er schade aan de huid ontstaat ter hoogte van slaapvertrekken. Deze gevolgen zijn niet beschouwd in het onderzoek uitgevoerd in 2005 naar de gevolgschade. De gevolgen voor personen aan boord is dan ook zeker een belangrijk onderdeel in vervolgonderzoek naar schade aan schip en turbine na een aandrijving of aanvaring. Tijdens de uitvoering van de studie voor Hollandse Kust (West) was er nog onvoldoende kennis beschikbaar voor een goede kwantitatieve beschouwing van deze gevolgen.

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

Binnen de studie naar de cumulatieve effecten van de uitrol van Wind op Zee 2030 op de veiligheid van de scheepvaart zijn met behulp van SAMSON verschillende berekeningen uitgevoerd [Ref 11.]. Om de effecten voor de scheepvaart als gevolg van de wijziging in de routestructuur te bepalen is binnen de studie voor Hollandse Kus (West) gebruik gemaakt van de resultaten en conclusies van deze studie. In deze paragraaf zijn enkele delen overgenomen uit de management samenvatting van deze studie naar de cumulatieve effecten [Ref 11.], de volledige management samenvatting is opgenomen in Appendix B.

Beschouwde scenario's

Binnen de studie naar de cumulatieve effecten is gekeken naar een viertal scenario's. Het uitgangspunt van de huidige situatie (T0), deze werd in eerste instantie vergeleken met de autonome verkeerssituatie voor 2030, zonder extra windparken (T1) en met de situatie inclusief de geplande windparken tot 2030 (T2); geheel conform de routekaarten 2023 en 2030. Tenslotte is ook nog een plus variant onderzocht waarin alle beleidsmatig aangewezen windenergiegebieden (zoals vastgelegd in de Beleidsnota Noordzee 2016-2021) worden benut (T3). Dit T3 scenario heeft als basis gediend voor de studie naar de effecten voor Hollandse Kust (West).

Conclusies kwantitatieve risicoanalyse

Met behulp van SAMSON zijn de effecten op de kans op aanvaringen onderling en de kans op aanvaringen met vast objecten (platformen, bestaande windturbine en geplande turbines) bepaald. Een samenvatting van de resultaten is weergegeven in Tabel 4-8.

De autonome ontwikkeling (vergelijking T0 en T1) heeft vooral invloed op de aanvaring tussen schepen onderling (+13%) en een kleinere invloed op de aanvaring met olie en gasplatformen en windturbines (+4%). Met de bouw van de windparken stijgt het totaal aantal te verwachten aanvaringen van ca. 7.5 per jaar in T0 naar ca. 10 in T2.

In T0 en T1 is uitgegaan van het huidige aantal van 289 windturbines op de Noordzee. De beide routekaarten (T2) voorzien in bijna een verviervoudiging naar 1144 turbines. Als de resultaten voor de autonome ontwikkeling worden vergeleken met de resultaten voor de combinatie van de autonome ontwikkeling en de introductie van de windparken (vergelijk T1 en T2) dan zien we dat vooral de aanvarings- en aandrijvingskans van de windturbines toeneemt. Het aantal aanvaringen en aandrijvingen met windturbines neemt toe van ca. 0.1 aanvaring per jaar in T0 naar ca. 1.4 aanvaring per jaar in T2.

De bouw van de windparken en dus de aanpassingen van de routestructuur, heeft in veel mindere mate effect op de aanvaring tussen schepen, van 8.07 aanvaring per jaar in T1 (2030 zonder aanpassingen) naar 8.27 aanvaring per jaar in T2 (2030 inclusief aanpassingen). De aanvaarkans van platformen verandert nauwelijks. De resultaten voor T3 volgen deze zelfde trend.

In de cumulatieve studie [Ref 11.] is onderscheid gemaakt in het scenario doorvaart tot 24 m en doorvaart tot 45 m. In Tabel 4-8 is te zien dat het aantal aanvaringen met windturbines groter is bij doorvaart tot 45 m, namelijk 1.87 aanvaringen per jaar (voor het T2 scenario) ten opzichte van 1.43

aanvaringen per jaar. Dit is gebaseerd op de aanwezigheid van windparken conform de routekaart, dus niet enkel alleen de turbines in Hollandse Kust (West).

Tabel 4-8 Samenvatting van de resultaten voor: T0, T1, T2-doorvaart 24 m/(45 m) en T3-doorvaart 45 m
Bron:[Ref 11.]

Samenvatting van de resultaten				
Ongevalstype	Scenario T0	Scenario T1	Scenario T2	Scenario T3
	2017	2030	2030	2030
		Autonoom	Autonoom + windparken	Autonoom + doorvaart 45 m
	[1/jaar]	[1/jaar]	[1/jaar]	[1/jaar]
Aanvaringen tussen schepen	7.13	8.07	8.27/(8.25)	8.25
Aanvaringen met platformen	0.274	0.285	0.286	0.286
Aanvaringen met windturbines	0.0857	0.0913	1.43/(1.87)	2.412
Totaal	7.490	8.446	9.988/(10.406)	10.948

4.5 Het effect van het werkverkeer op het risico

Binnen de studie naar de cumulatieve effecten [Ref 11.] is ook rekening gehouden met extra werkverkeer door de bouw van de windparken, de effecten van dit extra verkeer is dus meegenomen in de kwantitatieve analyse uitgevoerd met SAMSON. Ook is het extra werkverkeer al meegenomen in de berekeningen uitgevoerd binnen deze studie.

In Tabel 4-9 zijn nogmaals enkele resultaten uit het onderzoek naar de cumulatieve effecten weergegeven [Ref 11.]. In de tabel staat per scenario het verwachte aantal aanvaringen onderling verdeeld over de verschillende scheepstypen. Uit de tabel en het onderzoek blijkt dat de kans op een aanvaring met een werkvaartuig stijgt van 3.36 in 2017 naar 3.51 in 2030 inclusief de aanleg van de windturbines 2030. Hieruit volgt dat de kans wel toeneemt. Het gaat hierbij wel om de totale toename van het onderhoudsverkeer naar alle windparken, dus niet specifiek Hollandse Kust (West).

Tabel 4-9 Aanvaarfrequentie per jaar voor schepen onderling voor de verschillende scenario's

SCHEEPSTYPE	T0	T1	T2	T3
	2017	2030 zonder windparken	2030 met windparken doorvaart 24m	2030 met windparken T3 en doorvaart 45m
GDC - BULK -CONTAINER	1.53	1.95	2.01	2.00
TANKER	1.13	1.46	1.48	1.48
PASSENGER-FERRY-RORO	0.35	0.45	0.46	0.46
FISHING	0.49	0.51	0.52	0.52
WORK VESSELS	3.36	3.43	3.52	3.51
RECREATION	0.27	0.28	0.28	0.28
TOTAAL	7.13	8.07	8.27	8.25

In een andere analyse van het huidige werkverkeer op de Noordzee tijdens de aanleg en onderhoud van de bestaande windparken is geconcludeerd dat tijdens de installatie het aantal extra scheepsbewegingen voor een park dichtbij de kust ligt op 1.6 beweging (heen en terug) per turbine per maand. Voor een park verder van de kust ligt dit op 0.5 beweging per maand per turbine. Echter, dit is gebaseerd op de bewegingen waargenomen op basis van AIS-data voor de parken Luchterduinen en de Gemini parken.

Uit de analyse bleek ook dat tijdens de onderhoudsfase van een park het aantal extra scheepsbewegingen per turbine per maand varieert tussen de 2.5 en 0.15, afhankelijk van de tijd van

het jaar en het park. Aangenomen wordt dat gemiddeld over een jaar per turbine er 0.5 scheepsbeweging extra per maand zal plaats vinden naar het park.

Opmerking

De extra scheepsbewegingen die hierboven genoemd worden zijn het gemiddeld aantal verwachte bewegingen per turbine per maand, gebaseerd op basis van de huidige situatie. Hierbij zijn niet de verschillende ontwikkelingen met betrekking tot aanleg en onderhouden meegenomen. Ook zal het aantal bewegingen in de praktijk minder gelijkmatig verspreid zijn in de tijd, waardoor tijdelijke “pieken” in intensiteit in tijd en locatie plaats zullen vinden.

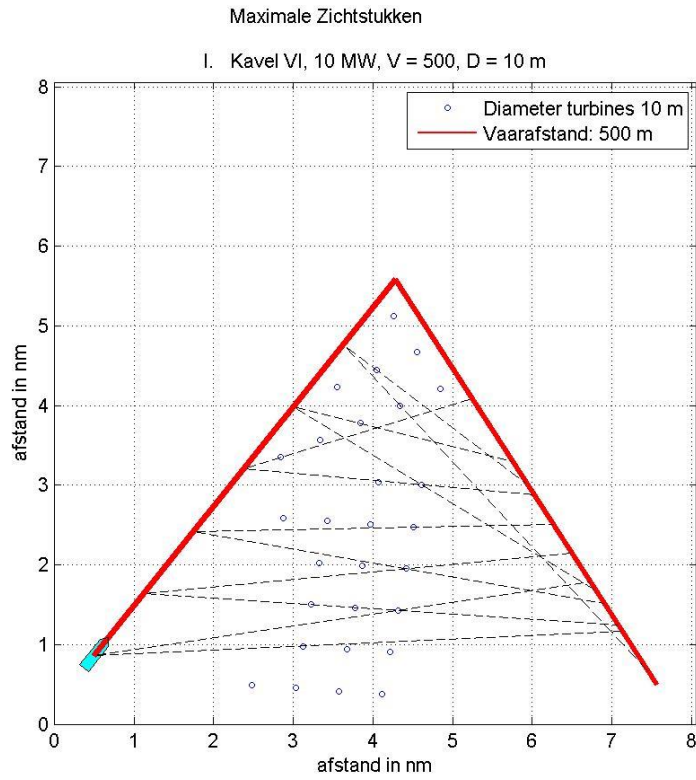
4.6 Kruisende scheepvaart

Op dezelfde wijze als in 3.7 is voor één locatie bij rond het gebied waarin de kavels liggen een analyse naar de zichtlijnen uitgevoerd. Hollandse Kust (West) is eigenlijk in zijn geheel omsloten door verschillende drukke verkeersroutes. Er is niet één specifiek punt aan te geven waar echt extra problemen verwacht worden. Daarnaast worden binnen deze studie niet verschillende configuraties binnen een en hetzelfde gebied bekeken, dus is er voor gekozen om niet voor heel veel locaties de zichtlijnanalyse uit te voeren.

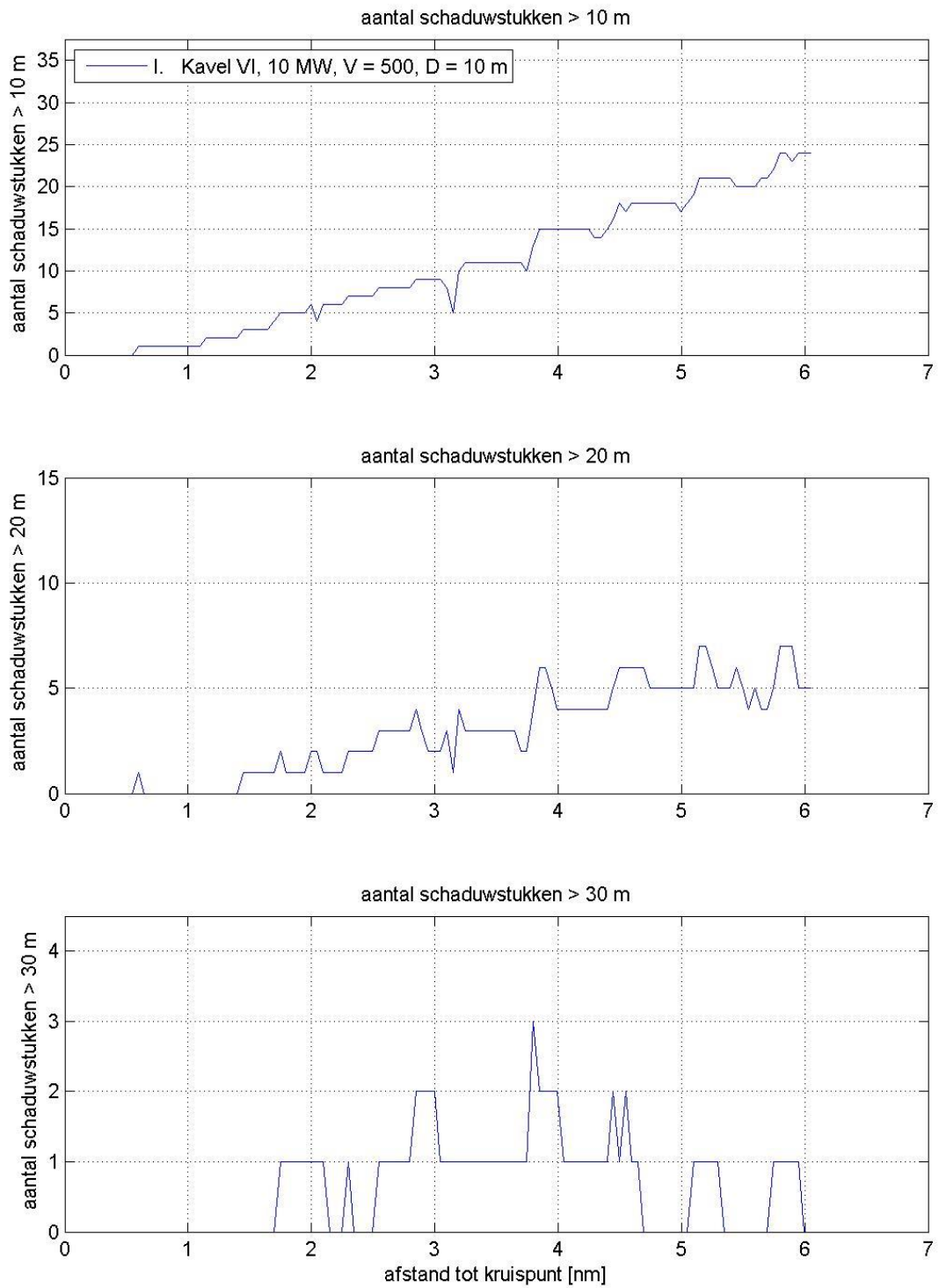
De resultaten van een niet-routegebonden schip dat aan de westkant langs het park vaart in noordelijke richting zijn weergegeven in Figuur 4-5 tot en met Figuur 4-7. Hierbij zijn de schaduwstukken bepaald op de route langs het park aan de oostzijde. Er is voor deze hoek gekozen omdat dit het punt is waar een ferry die richting de corridor in IJmuiden Ver vaart mogelijk een schip varend in de berm kan ontmoeten.

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

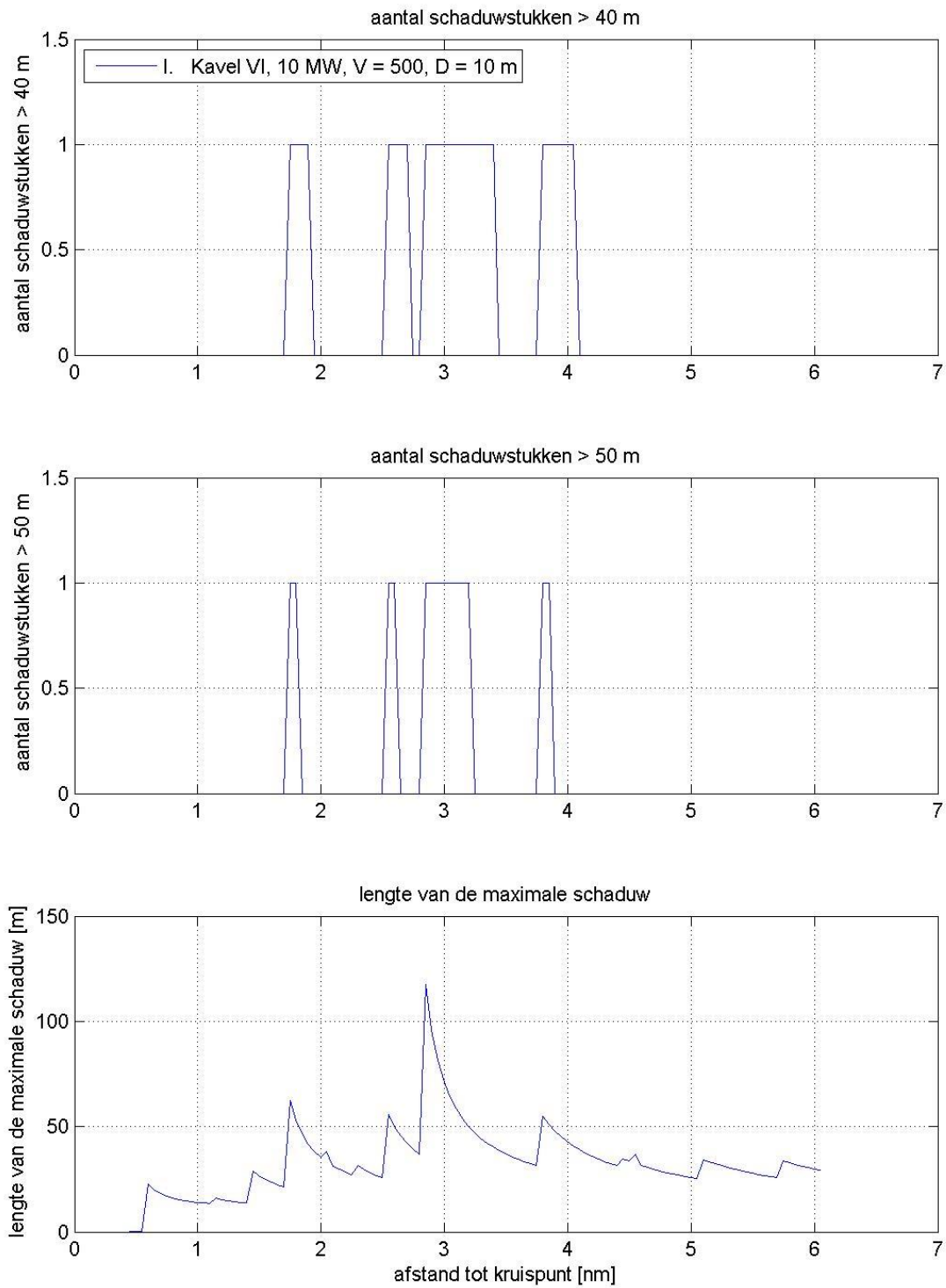
Aangenomen wordt dat, ook al zijn er soms grotere schaduwstukken op kortere afstand tot de ontmoeting, de niet-routegebonden schepen voldoende manoeuvreerbaar zijn om op korte afstand te reageren. Echter, hierbij is de verwachting dat niet zo zeer de beperking van het zicht een belangrijke rol speelt in de ontmoeting als wel het mogelijk verkeerd inschatten van de intenties en manoeuvreerbaarheid van de ander.



Figuur 4-5 Maximale zichstukken.



Figuur 4-6 Aantal schaduwstukken (>10m, >20m en >30m)



Figuur 4-7 Aantal schaduwstukken (>40m en >50m) en lengta van de maximale schaduwstukken.

5 MAATREGELLEN

Om de effecten op de scheepvaartveiligheid te verkleinen zijn verschillende maatregelen denkbaar. Het bepalen van mogelijke maatregelen en het “vaststellen” van hun effectiviteit was ook onderdeel van de studie naar de cumulatieve effecten [Ref 11.]. Deze maatregelen en de effectiviteit zijn bepaald binnen verschillende expertsessies. Niet alle binnen [Ref 11.] voorgestelde maatregelen zijn opgenomen in dit hoofdstuk, dit omdat deze maatregelen met name effectief zijn en relevant wanneer naar het totale plaatje van alle parken bij elkaar gekeken wordt. Voor “slechts” één park zijn sommige maatregelen wellicht minder relevant, echter, moet om de scheepvaartveiligheid op de Noordzee te waarborgen wel uiteindelijk gekeken worden naar het grotere plaatje en volstaan alleen individuele maatregelen voor de effecten van Hollandse Kust (West) niet. Een aantal relevante voorgestelde maatregelen is hieronder overgenomen, de volledige samenvatting van voorgestelde maatregelen is opgenomen in Appendix B.

5.1 Maatregelen voor de scheepvaartveiligheid

5.1.1 AIS-basestation en VHF-antenne

Sinds 1 januari 2005 zijn alle zeevaartschepen boven de 300 GT wettelijk verplicht om een AIS-transponder (Automatic Identification System), die de positie van het schip continu uitzendt, aan boord te hebben. In de buurt varende schepen kunnen deze signalen met hun eigen AIS ontvangen waarmee de positie, koers en snelheid van het andere schip bekend wordt. 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. Een aanbevolen maatregel is het uitrusten van een windpark met een AIS-basestation. Daarnaast is het aanbevolen om naast een dekkend AIS-beeld ook een dekkend radarbeeld te generen, in ieder geval voor een zone van minimaal 2 nm om het windpark heen. Tenslotte is het aanbevolen om ook een VHF antenne in het park geplaatst zodat Kustwacht met de scheepvaart kan communiceren

5.1.2 Vessel Traffic Management/ VTM (bron [Ref 11.]

De experts verwachten dat een VTM in de zuidelijke Noordzee een geringe positieve invloed heeft en het aantal aanvaringen (iets) zal verminderen. VTM heeft een positieve bijdrage aan een veilige afwikkeling van het verkeer; het kan het verkeer waarschuwen voor onverwachte of afwijkende omstandigheden, dreigend gevaar en kan het coördinerend optreden in het geval van een calamiteit. Opgemerkt moet worden dat de verwachting is dat de VTM niet effectief is in het geval van een driftend schip anders dan het coördineren van assistentie en het informeren van andere schepen in het gebied. Bij het instellen van doorvaartbeperkingen in de windparken kan een VTM ook het middel zijn om naleving van de regels af te dwingen en het in- en uitvoegend verkeer in/van de TSS meer gecoördineerd te laten verlopen waardoor de kans op botsingen met doorvaarders en werkverkeer kan worden verlaagd.

Van groot belang is dat het VTM goed wordt ingericht. Dit betreft niet alleen de invulling op het Kustwachtcentrum, maar ook de sensoren waarvan gebruik gemaakt kan worden. VTM werkt alleen goed in combinatie met andere maatregelen (AIS- en VHF-gebruik en dekking in het gehele gebied). Uitbreiding van de dekking van VTM-sensoren (radar, AIS, VHF, CCTV) is daarbij een randvoorwaarde. Om het effect van een VTM verder te vergroten is extra toezicht en handhaving genoemd om het effect op gedragsbeïnvloeding en alertheid te vergroten

5.1.3 Aanvullende markering en identificatie windturbines in de windparken (bron [Ref 11.]

De experts zijn het er ook over eens dat goede verlichting, markering en identificatie van windturbines een preventieve werking heeft op aanvaringen met windturbines met name voor werkvaart, visserij en recreatievaart in de situatie met doorvaart. Dit kan bijvoorbeeld als randvoorwaarde in de vergunningen worden meegenomen.

5.2 Mitigerende maatregelen

5.2.1 ETV (Emergency Towing Vessel) (bron [Ref 11.]

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.

Algemeen wordt ondersteund dat de inzet van een of meer ETV's in het gebied effectief is bij de opvang van driftende schepen en een mitigerende werking heeft bij aanvaringen en aandrijvingen met andere schepen en of windturbines. Wel moet hierbij worden opgemerkt dat ETV's weinig effect sorteren voor schepen die dicht bij windturbineparken een voortstuwingsstoring krijgen. Dan is de beschikbare responsetijd te kort. Wel zou een ETV effectief kunnen zijn om te verhinderen dat een schip verder een windpark in drijft, en dus meer schade kan voorkomen. Om de effectiviteit van de maatregel te kunnen bepalen is nader onderzoek noodzakelijk. Het aanpassen van de afstand tussen windparken en de scheepvaartroutes (herschikking windparken) heeft ook effect op het aantal ETV's dat nodig is en dus ook op de kosten voor ETV's. Het gebruik van ETV's is veruit de duurste mitigerende maatregel.

5.2.2 Extra SAR-capaciteit (bron [Ref 11.]

Dit heeft met name impact op de gevolgen van ongevallen voor bemanningen van schepen en werknemers in de windparken. Het is effectief voor alle schepen maar vanuit de expertgroep wordt er vooral gekeken naar recreatievaart, omdat die groep vaak het minst zelfredzaam is ten opzichte van de andere scheepvaart. De SAR-capaciteit dicht bij de kust is goed voorzien met de inzet van de KNMR en de SAR-helikopter van de Kustwacht. Incidenten verder op zee en vooral in windparken bij slechte omstandigheden wanneer de helikopter maar beperkt inzetbaar is, vragen mogelijk extra voorzieningen. De aanvaartijden vanaf het land worden dan beperkend. Dit is ook op te lossen door SAR-capaciteit te realiseren aan boord van ETV's of aan boord van andere schepen zoals bijvoorbeeld een Kustwacht multipurpose vaartuig (MPV) in het gebied.

5.2.3 Oliebestrijding (bron [Ref 11.]

Het risico op olieverontreiniging (na incidenten) zal enigszins toenemen door toename van de kans op aanvaringen tussen schepen en turbines. Aanvullende capaciteit voor oliebestrijding kan worden gerealiseerd door de nieuwe ETV en MPV uit te rusten met bestrijdingsmiddelen.

6 CONCLUSIES

Voor drie “windparkvarianten” in de kavel VI en Kavel VII van windenergiegebied Hollandse Kust (West) 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. Als uitgangspunt voor de berekeningen is de verkeersdatabase gebruikt die is aangemaakt voor een studie naar de cumulatieve effecten naar de uitrol van Wind op Zee [Ref 11.]. Deze verkeersdatabase beschrijft de situatie voor 2030 inclusief de aanleg van alle verschillende windenergiegebieden.

In deze studie zijn twee kavels bekeken: Kavel VI en VII. Alleen voor Kavel VI zijn twee “configuraties” (inrichtingsvarianten) doorgerekend waarbij het totale vermogen ongeveer 760 MW is. Deze twee configuraties liggen op twee verschillende locaties in het zoekgebied Hollandse Kust (West).

Er is, voor alle varianten, een configuratie gekozen met 76 windturbines met een vermogen van 10 MW, geplaatst op monopolies (aangeduid als de 10 MW-variant). Er bestaat een mogelijkheid dat in de toekomst schepen tot 45 m door de windparken mogen varen. Dit is, in overleg met RWS en EZK, als uitgangspunt genomen voor de verkeersdatabase voor het niet-routegebonden verkeer binnen deze studie. De aandrijffrequenties en aanvaringen door deze groep schepen, veelal niet-routegebonden schepen, zijn opgenomen in de verschillende resultaat tabellen.

Onderstaande tabel geeft de totale kansen per “variant”. Voor Kavel VI-alternatief (zuidelijke locatie) zijn de totale aanvaar- en aandrijffrequenties het hoogst, totaal eens in de 8.5 jaar.

De totale aanvaar- en aandrijffrequentie door voor Kavel VI is 0.109282, en 0.117949 voor de alternatieve ligging van Kavel VI. Dit is equivalent aan respectievelijk eens per 9.2 jaar en 8.5 jaar. De totale frequentie voor Kavel VII is 0.101195 (eens in de 9.9 jaar).

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 Kavel VI voor routegebonden schepen is dit dus bijvoorbeeld 0.000635 (eens per 1575 jaar).

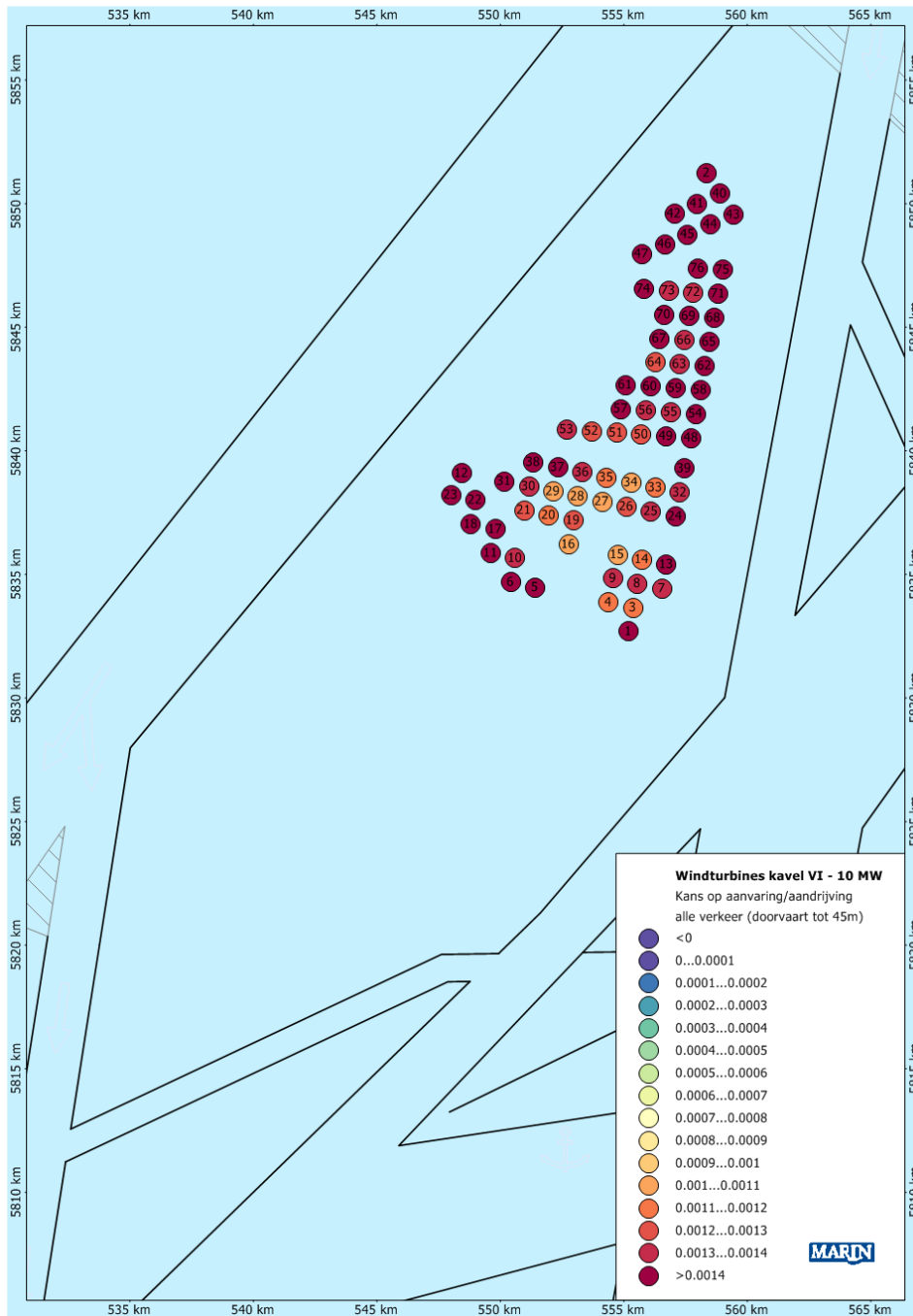
Variant	Aantal turbines	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar			Aantal aandrijvingen (driften) per jaar			Totaal aantal per jaar	Eens per ... jaar
		R-schepen	N-schepen	Totaal	R-schepen	N-schepen	Totaal		
Kavel VI	76	0.006352	0.074331	0.080683	0.025862	0.002737	0.028599	0.109282	9.2
Kavel VI – ALT	76	0.018998	0.065514	0.084512	0.031093	0.002344	0.033437	0.117949	8.5
Kavel VII	76	0.004999	0.067178	0.072177	0.026671	0.002347	0.029018	0.101195	9.9

REFERENTIES

- [Ref 1.] C. van der Tak, J.H. de Jong
Safety Management Assessment Ranking Tool (SMART)
8th International Symposium on Vessel Traffic Services 1996
- [Ref 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
- [Ref 3.] C. van der Tak
Risico voor de scheepvaart bij aanwijzing windgebied "Hollandse Kust"
MARIN, 26455-2-MSCN-rev.4, 19 september 2013
- [Ref 4.] L. van Schaijk
Netwerkevaluatie Noordzee na invoering nieuwe stelsel
MARIN, 27918-1-MSCN-rev.2, 7 november 2014
- [Ref 5.] J. Barentse
Nadere toelichting: Gevolgen van aanvaringen door de windturbine-installatie Jacobs Comrimo Nederland, juli 2000
- [Ref 6.] Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
Abschlussberichts der Unterarbeitsgruppe "Parameter für Risikoanalysen"
BSH 2005
- [Ref 7.] Y. Koldenhof, C. van der Tak
Risico vervoer (milieu)gevaarlijke stoffen op zee
MARIN, 19287.630/4, juli 2004
- [Ref 8.] Verdrag inzake de Internationale Bepalingen ter voorkoming van aanvaringen op zee (COLREGs)
Londen, 1972
- [Ref 9.] L. van Schaijk
Actualisatie SAMSON – Niet-routegebonden verkeersdatabase
MARIN, 28556.602-1-MSCN-rev.0, 15 maart 2016
- [Ref 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
- [Ref 11.] J.T.M. van Doorn, A.M. Duursma, Y. Koldenhof, J. Valstar
WIND OP ZEE 2030: Gevolgen voor scheepvaartveiligheid en mogelijke mitigerende maatregelen.
MARIN, 31132-3-MSCN-rev.1.0, 13 mei 2019

APPENDICES

APPENDIX A1: RESULTATEN HOLLANDSE KUST (WEST) KAVEL VI



Figuur A1-1 Lay-out en aanvaar- en aandrijfkansen turbines voor kavel VI variant 10 MW voor alle verkeer (inclusief doorvaart tot 45m)

Tabel A1-1 Locatie, aanvaar- en aandrijfkansen turbines kavel VI variant 10 MW voor alle verkeer
 (inclusief doorvaart tot 45m)

Windturbine	Positie		Rammen		Driften		Totaal	Eens in de ... jaar
	Easting ETRS89	Northing ETRS89	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
HKW_3_7821.0	555189	5832687	0.000105	0.000913	0.000365	0.000032	0.001415	707
HKW_3_7824.0	558356	5851237	0.000358	0.000992	0.000418	0.000032	0.001800	556
HKW_3_7825.1	555372	5833658	0.000089	0.000724	0.000355	0.000031	0.001199	834
HKW_3_7825.2	554382	5833862	0.000047	0.000767	0.000334	0.000032	0.001179	848
HKW_3_7826.1	551413	5834475	0.000011	0.001246	0.000310	0.000034	0.001600	625
HKW_3_7826.2	550423	5834680	0.000013	0.001112	0.000312	0.000034	0.001471	680
HKW_3_7828.1	556544	5834424	0.000161	0.000800	0.000374	0.000032	0.001367	732
HKW_3_7828.2	555554	5834628	0.000078	0.000907	0.000348	0.000031	0.001365	733
HKW_3_7828.3	554565	5834832	0.000042	0.000933	0.000329	0.000033	0.001337	748
HKW_3_7829.1	550606	5835650	0.000015	0.000948	0.000313	0.000033	0.001310	764
HKW_3_7829.2	549617	5835855	0.000022	0.001178	0.000322	0.000034	0.001556	642
HKW_3_7830.0	548433	5839081	0.000176	0.001107	0.000373	0.000037	0.001693	591
HKW_3_7831.1	556727	5835395	0.000146	0.000994	0.000365	0.000034	0.001539	650
HKW_3_7831.2	555737	5835599	0.000071	0.000742	0.000340	0.000032	0.001184	844
HKW_3_7831.3	554747	5835803	0.000038	0.000641	0.000324	0.000031	0.001034	967
HKW_3_7832.0	552768	5836211	0.000013	0.000709	0.000313	0.000032	0.001067	937
HKW_3_7833.1	549799	5836825	0.000029	0.001150	0.000327	0.000035	0.001542	649
HKW_3_7833.2	548810	5837030	0.000053	0.001042	0.000335	0.000035	0.001464	683
HKW_3_7834.1	552951	5837181	0.000015	0.000907	0.000314	0.000033	0.001269	788
HKW_3_7834.2	551961	5837386	0.000016	0.000765	0.000316	0.000033	0.001130	885
HKW_3_7834.3	550972	5837591	0.000023	0.000877	0.000322	0.000033	0.001255	797
HKW_3_7835.1	548993	5838000	0.000075	0.000998	0.000344	0.000035	0.001451	689
HKW_3_7835.2	548003	5838206	0.000148	0.001264	0.000365	0.000035	0.001812	552
HKW_3_7836.1	557093	5837336	0.000134	0.000898	0.000350	0.000033	0.001415	707
HKW_3_7836.2	556103	5837539	0.000065	0.000933	0.000329	0.000033	0.001360	735
HKW_3_7836.3	555113	5837743	0.000031	0.000836	0.000318	0.000033	0.001219	820
HKW_3_7836.4	554123	5837947	0.000018	0.000688	0.000314	0.000032	0.001052	950
HKW_3_7836.5	553134	5838152	0.000017	0.000635	0.000316	0.000032	0.001000	1000
HKW_3_7836.6	552144	5838356	0.000019	0.000684	0.000319	0.000034	0.001056	947
HKW_3_7836.7	551154	5838561	0.000031	0.000978	0.000328	0.000034	0.001371	730
HKW_3_7836.8	550165	5838766	0.000055	0.001304	0.000339	0.000036	0.001735	576
HKW_3_7837.1	557275	5838306	0.000134	0.000874	0.000346	0.000035	0.001388	720
HKW_3_7837.2	556286	5838510	0.000061	0.000717	0.000328	0.000034	0.001140	877
HKW_3_7837.3	555296	5838714	0.000028	0.000686	0.000317	0.000034	0.001065	939
HKW_3_7837.4	554306	5838918	0.000021	0.000770	0.000314	0.000034	0.001138	879
HKW_3_7837.5	553316	5839122	0.000020	0.001002	0.000317	0.000035	0.001374	728
HKW_3_7837.6	552327	5839326	0.000024	0.001215	0.000324	0.000038	0.001601	624
HKW_3_7837.7	551337	5839531	0.000042	0.001289	0.000335	0.000039	0.001706	586
HKW_3_7838.0	557458	5839277	0.000137	0.000908	0.000345	0.000038	0.001428	701
HKW_3_7851.1	558898	5850398	0.000275	0.000959	0.000395	0.000032	0.001661	602
HKW_3_7851.2	557973	5849992	0.000194	0.001098	0.000394	0.000032	0.001718	582
HKW_3_7851.3	557047	5849587	0.000197	0.001337	0.000399	0.000034	0.001967	508
HKW_3_7852.1	559447	5849546	0.000255	0.000797	0.000384	0.000034	0.001471	680
HKW_3_7852.2	558517	5849149	0.000148	0.001045	0.000376	0.000032	0.001600	625
HKW_3_7852.3	557588	5848752	0.000134	0.001232	0.000372	0.000034	0.001772	564
HKW_3_7852.4	556659	5848355	0.000137	0.000973	0.000380	0.000033	0.001524	656
HKW_3_7852.5	555730	5847958	0.000172	0.000970	0.000390	0.000034	0.001566	639
HKW_3_7921.1	557733	5840520	0.000141	0.001312	0.000340	0.000042	0.001835	545
HKW_3_7921.2	556724	5840587	0.000059	0.001031	0.000322	0.000040	0.001452	689
HKW_3_7921.3	555716	5840654	0.000031	0.000897	0.000317	0.000040	0.001285	778
HKW_3_7921.4	554708	5840722	0.000027	0.000851	0.000317	0.000039	0.001234	810
HKW_3_7921.5	553700	5840790	0.000025	0.000863	0.000321	0.000039	0.001248	801
HKW_3_7921.6	552691	5840858	0.000037	0.000941	0.000333	0.000039	0.001350	741
HKW_3_7922.1	557915	5841490	0.000141	0.000965	0.000340	0.000041	0.001488	672
HKW_3_7922.2	556907	5841558	0.000055	0.000897	0.000322	0.000041	0.001315	760
HKW_3_7922.3	555899	5841625	0.000038	0.000942	0.000319	0.000040	0.001340	746
HKW_3_7922.4	554890	5841693	0.000030	0.001082	0.000321	0.000039	0.001473	679
HKW_3_7923.1	558098	5842461	0.000133	0.001211	0.000339	0.000041	0.001724	580
HKW_3_7923.2	557090	5842528	0.000058	0.001261	0.000324	0.000042	0.001684	594
HKW_3_7923.3	556081	5842595	0.000044	0.001236	0.000324	0.000042	0.001646	607

Windturbine	Positie		Rammen		Driften		Totaal	Eens in de ... jaar
	Easting ETRS89	Northing ETRS89	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
HKW_3_7923.4	555073	5842663	0.000033	0.001039	0.000326	0.000040	0.001438	695
HKW_3_7924.1	558280	5843432	0.000133	0.001129	0.000340	0.000041	0.001643	609
HKW_3_7924.2	557272	5843499	0.000065	0.000938	0.000327	0.000041	0.001371	729
HKW_3_7924.3	556264	5843566	0.000049	0.000860	0.000328	0.000040	0.001277	783
HKW_3_7925.1	558463	5844402	0.000133	0.000964	0.000344	0.000041	0.001482	675
HKW_3_7925.2	557455	5844469	0.000070	0.000958	0.000331	0.000041	0.001400	714
HKW_3_7925.3	556446	5844536	0.000052	0.001060	0.000334	0.000040	0.001485	673
HKW_3_7926.1	558646	5845373	0.000131	0.001325	0.000349	0.000040	0.001846	542
HKW_3_7926.2	557637	5845440	0.000078	0.001266	0.000338	0.000041	0.001724	580
HKW_3_7926.3	556629	5845507	0.000057	0.001072	0.000341	0.000040	0.001511	662
HKW_3_7927.1	558828	5846343	0.000153	0.001008	0.000353	0.000039	0.001552	644
HKW_3_7927.2	557820	5846410	0.000081	0.000897	0.000344	0.000038	0.001360	735
HKW_3_7927.3	556812	5846477	0.000070	0.000859	0.000350	0.000038	0.001317	759
HKW_3_7927.4	555803	5846545	0.000091	0.000931	0.000361	0.000038	0.001421	704
HKW_3_7928.1	559011	5847314	0.000162	0.000961	0.000359	0.000035	0.001517	659
HKW_3_7928.2	558002	5847381	0.000087	0.001028	0.000353	0.000034	0.001502	666
Totaal per jaar			0.006352	0.074331	0.025862	0.002737	0.109282	9
Dit is eens in .. jaar			157	13	39	365	9	

Tabel A1-2 Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor kavel VI variant 10 MW voor alle verkeer (inclusief doorvaart tot 45m)

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	0.006352	157	0.025862	39	0.032215	39
N-schepen	0.074331	13	0.002737	350	0.077068	350
Totaal	0.080683	12	0.028599	35	0.109282	9

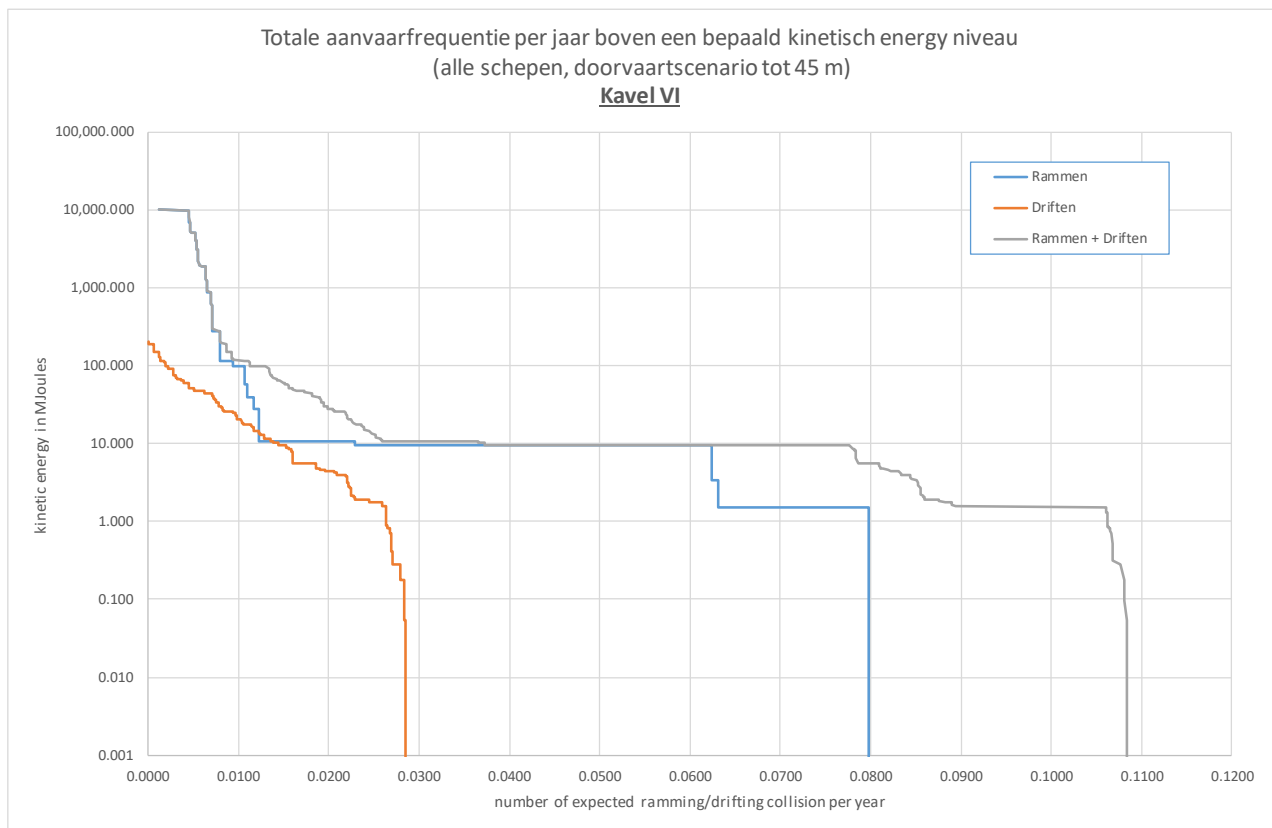
Tabel A1-3 Kans op een bepaalde schade soort veroorzaakt door de verschillende scheepstypen

Scheepstype	Soort schade			Totaal
	GosMos ¹	schade aan scheepshuid	geen schade	
Olietanker	0.000003	0.001465	0.000047	0.001515
Chemicaliëntanker	0.000003	0.003304	0.000033	0.003339
Gastanker	0.000004	0.000963	0.000063	0.001029
Container+ RoRo	0.000584	0.011452	0.005297	0.017333
Ferry	0.000014	0.000274	0.000132	0.000419
Overige R-schepen	0.000022	0.008188	0.000369	0.008579
N-schepen	0.000118	0.001345	0.075605	0.077068
Totaal	0.000748	0.026990	0.081544	0.109282

¹ Gondel en mastdeel vallen op schip na plastische vervorming

Tabel A1-4 Schade aan het totale windpark in kavel VI 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	0.007048	0.000000	0.064557	0.000589	0.002673	0.000589	0.074278	0.074866	12
Scheef	0.000000	0.000125	0.000000	0.000690	0.011462	0.000055	0.011462	0.000871	0.012333	69
Omvallen	0.000572	0.000238	0.005151	0.001555	0.013811	0.000008	0.019534	0.001801	0.021335	41
GosMos ¹	0.000064	0.000022	0.000566	0.000096	0.000000	0.000000	0.000629	0.000118	0.000748	1053
Totaal	0.000635	0.007433	0.005717	0.066898	0.025862	0.002737	0.032215	0.077068	0.109282	8



Figuur A1-2 Totale aanvaringsfrequentie per jaar boven een bepaald kinetisch energieniveau voor alle verkeer (inclusief doorvaart tot 45m)

Tabel A1-5 Verdeling aanvaar- en aandrijfkansen over de scheepstypen en energieklassen voor alle windturbines in kavel VI 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%	0.8%	0.8%	0.2%	1.8%	2.0%	0.2%	2.6%	2.8%
1-3	0.0%	15.3%	15.3%	3.5%	0.4%	3.9%	3.5%	15.7%	19.2%
3-5	0.0%	0.6%	0.6%	3.1%	0.2%	3.2%	3.1%	0.8%	3.9%
5-10	0.0%	36.2%	36.2%	3.8%	0.1%	3.8%	3.8%	36.3%	40.1%
10-15	0.0%	9.7%	9.7%	2.4%	0.0%	2.4%	2.4%	9.7%	12.1%
15-50	0.0%	1.2%	1.2%	6.1%	0.0%	6.1%	6.1%	1.2%	7.3%
50-100	0.0%	1.4%	1.4%	2.9%	0.0%	2.9%	2.9%	1.4%	4.3%
100-200	0.1%	1.3%	1.3%	1.7%	0.0%	1.7%	1.8%	1.3%	3.0%
>200	5.7%	1.5%	7.2%	0.0%	0.0%	0.0%	5.8%	1.5%	7.3%
Totaal	5.8%	68.0%	73.8%	23.7%	2.5%	26.2%	29.5%	70.5%	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 ³	Kavel VI (10 MW)		
	Frequentie	Eens in de Jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³
0.01-20	0.000086	11691	0.0012
20-150	0.001162	860	0.1132
150-750	0.000345	2897	0.1292
750-3000	0.000100	10031	0.1300
3000-10000	0.000031	32188	0.1424
Totaal	0.001724	580	0.5159

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

Uitstroom van ladingolie in m ³	Kavel VI (10 MW)		
	Frequentie	Eens in de Jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³
20-150	0.000000	--	0.0000
150-750	0.000001	720985	0.0009
750-3000	0.000002	433764	0.0040
3000-10000	0.000027	36704	0.1725
10000-30000	0.000003	357764	0.0483
30000-100000	0.000003	327402	0.2475
Totaal	0.000037	27184	0.4733

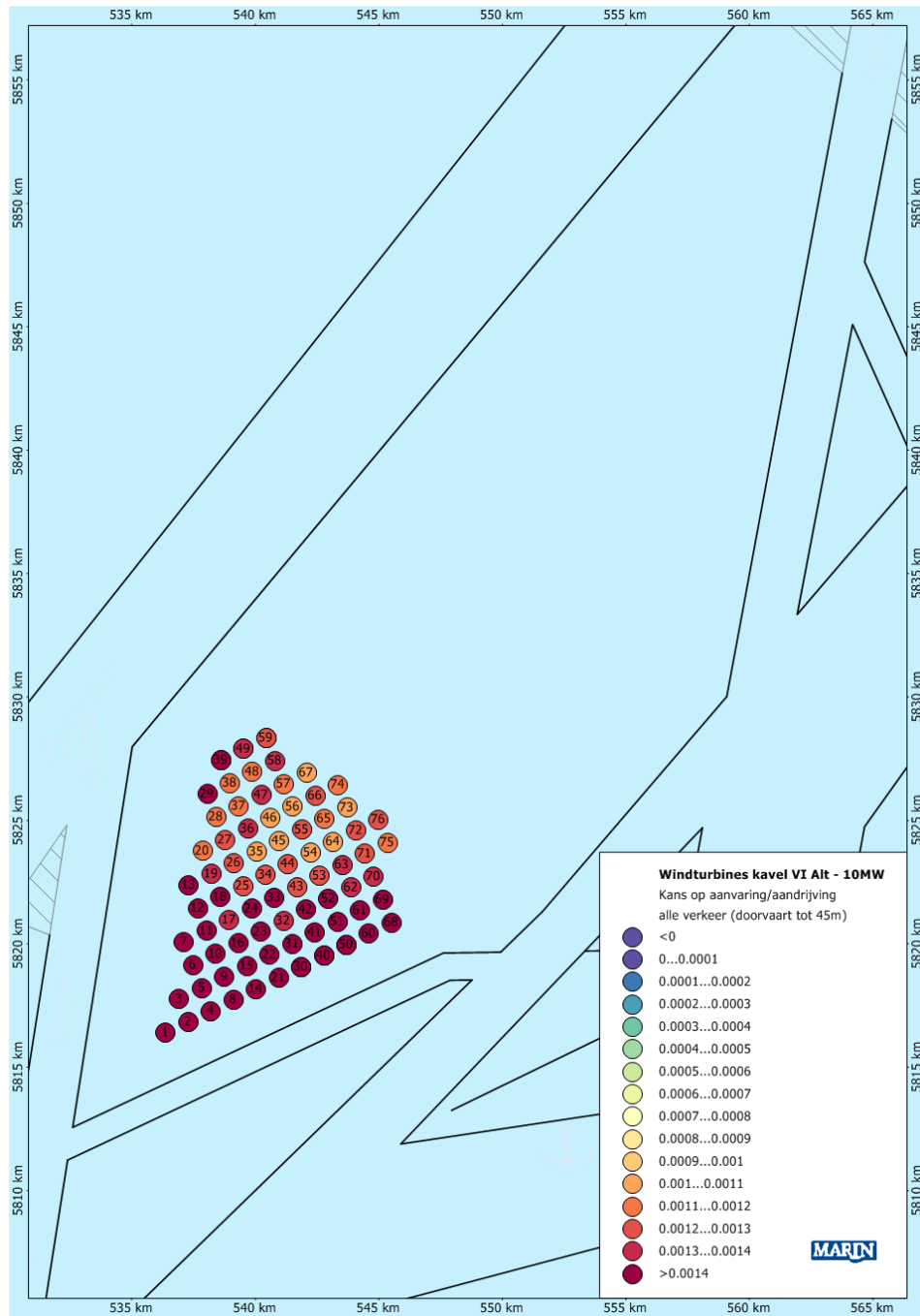
Tabel A1-8 *Uitstroom van ladingolie en bunkerolie als gevolg van een aandrijving met een windturbine (Kavel VI (10 MW))*

Kavel VI variant 10 MW	Bunkerolie			Ladingolie			Totaal
	Frequentie	Eens in de ... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Frequentie	Eens in de ... jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Eens in de ... jaar
	0.001724	580	0.5159	0.000037	27184	0.4733	568

Tabel A1-9 *Overlijdensrisico bij aanvaren en aandrijven van een windturbine waarbij de mast met gondel op het schip valt (Kavel VI (10 MW))*

Scheepstype	Aanvaringstype Aantal per jaar		Samen eens in de ... jaar	Directe doden	
	Frontaal	Schampen		Gemiddeld aantal doden per keer	Gemiddeld aantal doden per jaar
Olietanker	0.000003	0.000029	31228	0.146	0.000005
Chemicaliëntanker	0.000004	0.000032	27986	0.147	0.000005
Gastanker	0.000007	0.000060	15049	0.040	0.000003
Container + RoRo	0.000586	0.005271	171	0.516	0.003020
Ferry	0.000014	0.000123	7289	9.496	0.001303
Overige R-schepen	0.000022	0.000202	4464	0.152	0.000034
N-schepen	0.007433	0.066898	13	0.000	0.000037
Totaal	0.008068	0.072615	12	0.055	0.004406

APPENDIX A2: RESULTATEN HOLLANDSE KUST (WEST) KAVEL VI-ALTERNATIEF



Figuur A2-1 Lay-out en aanvaar- en aandrijfkansen turbines kavel VI alt variant 10 MW voor alle verkeer (inclusief doorvaart tot 45m)

Tabel A2-1 Locatie, aanvaar- en aandrijfkansen turbines kavel VI-alternatief variant 10 MW voor alle verkeer (inclusief doorvaart tot 45m)

Windturbine	Positie		Rammen		Driften		Totaal	Eens in de ... jaar
	NB gmm.m	OL gmm.m	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
HKW_4_8178.0	536363	5816384	0.000970	0.000910	0.000507	0.000037	0.002424	413
HKW_4_8179.1	537278	5816831	0.000896	0.001062	0.000494	0.000037	0.002488	402
HKW_4_8179.2	536918	5817762	0.000375	0.000899	0.000465	0.000035	0.001774	564
HKW_4_8180.1	538193	5817279	0.000882	0.001286	0.000494	0.000036	0.002697	371
HKW_4_8180.2	537833	5818210	0.000287	0.000926	0.000451	0.000035	0.001698	589
HKW_4_8180.3	537473	5819141	0.000164	0.000908	0.000438	0.000033	0.001543	648
HKW_4_8180.4	537112	5820072	0.000141	0.001267	0.000430	0.000033	0.001871	534
HKW_4_8181.1	539108	5817727	0.000911	0.000971	0.000485	0.000035	0.002402	416
HKW_4_8181.2	538748	5818658	0.000260	0.001217	0.000439	0.000036	0.001952	512
HKW_4_8181.3	538388	5819589	0.000132	0.000865	0.000427	0.000033	0.001457	686
HKW_4_8181.4	538027	5820520	0.000107	0.000945	0.000418	0.000032	0.001502	666
HKW_4_8181.5	537667	5821451	0.000082	0.001238	0.000413	0.000033	0.001766	566
HKW_4_8181.6	537306	5822382	0.000096	0.000865	0.000420	0.000031	0.001411	709
HKW_4_8182.1	540024	5818175	0.000896	0.000937	0.000474	0.000035	0.002342	427
HKW_4_8182.2	539663	5819105	0.000246	0.000964	0.000432	0.000033	0.001675	597
HKW_4_8182.3	539302	5820036	0.000077	0.001197	0.000412	0.000034	0.001721	581
HKW_4_8182.4	538942	5820967	0.000060	0.000834	0.000404	0.000031	0.001329	753
HKW_4_8182.5	538581	5821898	0.000059	0.001001	0.000399	0.000030	0.001490	671
HKW_4_8182.6	538221	5822829	0.000058	0.000901	0.000404	0.000030	0.001393	718
HKW_4_8182.7	537860	5823760	0.000075	0.000647	0.000413	0.000028	0.001163	860
HKW_4_8183.1	540939	5818622	0.000974	0.001242	0.000470	0.000036	0.002722	367
HKW_4_8183.2	540578	5819553	0.000242	0.000853	0.000429	0.000033	0.001556	642
HKW_4_8183.3	540217	5820484	0.000101	0.001029	0.000407	0.000032	0.001568	638
HKW_4_8183.4	539856	5821415	0.000043	0.001052	0.000388	0.000032	0.001515	660
HKW_4_8183.5	539496	5822346	0.000048	0.000782	0.000386	0.000030	0.001246	803
HKW_4_8183.6	539135	5823276	0.000053	0.000822	0.000388	0.000028	0.001291	774
HKW_4_8183.7	538774	5824207	0.000075	0.000720	0.000395	0.000028	0.001218	821
HKW_4_8183.8	538413	5825138	0.000095	0.000629	0.000406	0.000027	0.001157	864
HKW_4_8183.9	538053	5826069	0.000164	0.000914	0.000430	0.000027	0.001534	652
HKW_4_8184.1	541854	5819070	0.001005	0.001158	0.000471	0.000035	0.002668	375
HKW_4_8184.2	541493	5820001	0.000258	0.001051	0.000431	0.000034	0.001775	564
HKW_4_8184.3	541132	5820932	0.000102	0.000831	0.000402	0.000031	0.001367	731
HKW_4_8184.4	540771	5821862	0.000040	0.001143	0.000382	0.000031	0.001596	627
HKW_4_8184.5	540410	5822793	0.000037	0.000804	0.000373	0.000030	0.001243	804
HKW_4_8184.6	540049	5823724	0.000053	0.000610	0.000370	0.000027	0.001060	943
HKW_4_8184.7	539688	5824655	0.000054	0.000859	0.000378	0.000027	0.001317	759
HKW_4_8184.8	539327	5825585	0.000071	0.000660	0.000390	0.000027	0.001148	871
HKW_4_8184.9	538966	5826516	0.000120	0.000641	0.000408	0.000026	0.001194	837
HKW_4_8184.1	538606	5827447	0.000227	0.000910	0.000427	0.000027	0.001590	629
HKW_4_8185.1	542769	5819518	0.001047	0.000930	0.000476	0.000034	0.002488	402
HKW_4_8185.2	542408	5820449	0.000226	0.001226	0.000430	0.000033	0.001916	522
HKW_4_8185.3	542047	5821379	0.000101	0.000937	0.000401	0.000032	0.001472	679
HKW_4_8185.4	541686	5822310	0.000052	0.000807	0.000378	0.000030	0.001267	789
HKW_4_8185.5	541325	5823241	0.000031	0.000869	0.000370	0.000028	0.001299	770
HKW_4_8185.6	540964	5824171	0.000040	0.000641	0.000363	0.000027	0.001072	933
HKW_4_8185.7	540602	5825102	0.000048	0.000620	0.000361	0.000026	0.001056	947
HKW_4_8185.8	540241	5826033	0.000055	0.000854	0.000371	0.000028	0.001308	765
HKW_4_8185.9	539880	5826963	0.000087	0.000633	0.000388	0.000027	0.001134	881
HKW_4_8185.1	539519	5827894	0.000161	0.000705	0.000408	0.000026	0.001299	770
HKW_4_8186.1	543684	5819966	0.001139	0.000956	0.000487	0.000035	0.002616	382
HKW_4_8186.2	543323	5820896	0.000334	0.000859	0.000434	0.000032	0.001658	603
HKW_4_8186.3	542962	5821827	0.000119	0.001182	0.000399	0.000032	0.001732	578
HKW_4_8186.4	542600	5822757	0.000064	0.000757	0.000379	0.000030	0.001230	813
HKW_4_8186.5	542239	5823688	0.000057	0.000645	0.000364	0.000028	0.001094	914
HKW_4_8186.6	541878	5824619	0.000049	0.000855	0.000358	0.000028	0.001291	775
HKW_4_8186.7	541517	5825549	0.000040	0.000615	0.000360	0.000027	0.001042	960
HKW_4_8186.8	541155	5826480	0.000042	0.000669	0.000364	0.000026	0.001102	908
HKW_4_8186.9	540794	5827410	0.000064	0.000883	0.000371	0.000028	0.001346	743
HKW_4_8186.1	540433	5828341	0.000115	0.000658	0.000387	0.000026	0.001187	843
HKW_4_8187.1	544600	5820413	0.001054	0.000951	0.000490	0.000038	0.002533	395

Windturbine	Positie		Rammen		Driften		Totaal	Eens in de ... jaar
	NB ggmm.m	OL ggmm.m	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
HKW_4_8187.2	544238	5821344	0.000340	0.000648	0.000436	0.000034	0.001458	686
HKW_4_8187.3	543877	5822274	0.000185	0.000715	0.000404	0.000032	0.001336	749
HKW_4_8187.4	543515	5823205	0.000113	0.000872	0.000378	0.000031	0.001394	717
HKW_4_8187.5	543154	5824135	0.000073	0.000613	0.000369	0.000028	0.001084	923
HKW_4_8187.6	542792	5825066	0.000047	0.000682	0.000365	0.000027	0.001123	891
HKW_4_8187.7	542431	5825997	0.000033	0.000877	0.000358	0.000028	0.001296	772
HKW_4_8187.8	542069	5826927	0.000032	0.000635	0.000354	0.000027	0.001048	954
HKW_4_8188.1	545515	5820861	0.001234	0.000787	0.000496	0.000036	0.002553	392
HKW_4_8188.2	545153	5821792	0.000703	0.000897	0.000440	0.000036	0.002076	482
HKW_4_8188.3	544791	5822722	0.000324	0.000619	0.000402	0.000032	0.001377	726
HKW_4_8188.4	544430	5823652	0.000143	0.000705	0.000381	0.000030	0.001258	795
HKW_4_8188.5	544068	5824583	0.000072	0.000764	0.000370	0.000030	0.001236	809
HKW_4_8188.6	543706	5825513	0.000037	0.000629	0.000357	0.000028	0.001051	951
HKW_4_8188.7	543345	5826444	0.000025	0.000795	0.000347	0.000028	0.001195	837
HKW_4_8189.1	545344	5824100	0.000120	0.000647	0.000383	0.000031	0.001181	847
HKW_4_8189.2	544983	5825031	0.000055	0.000828	0.000366	0.000031	0.001281	781
Totaal per jaar			0.018998	0.065514	0.031093	0.002344	0.117949	8
Dit is eens in .. jaar			53	15	32	427	8	

Tabel A2-2 Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor kavel VI-Alternatief variant 10 MW voor alle verkeer (inclusief doorvaart tot 45m)

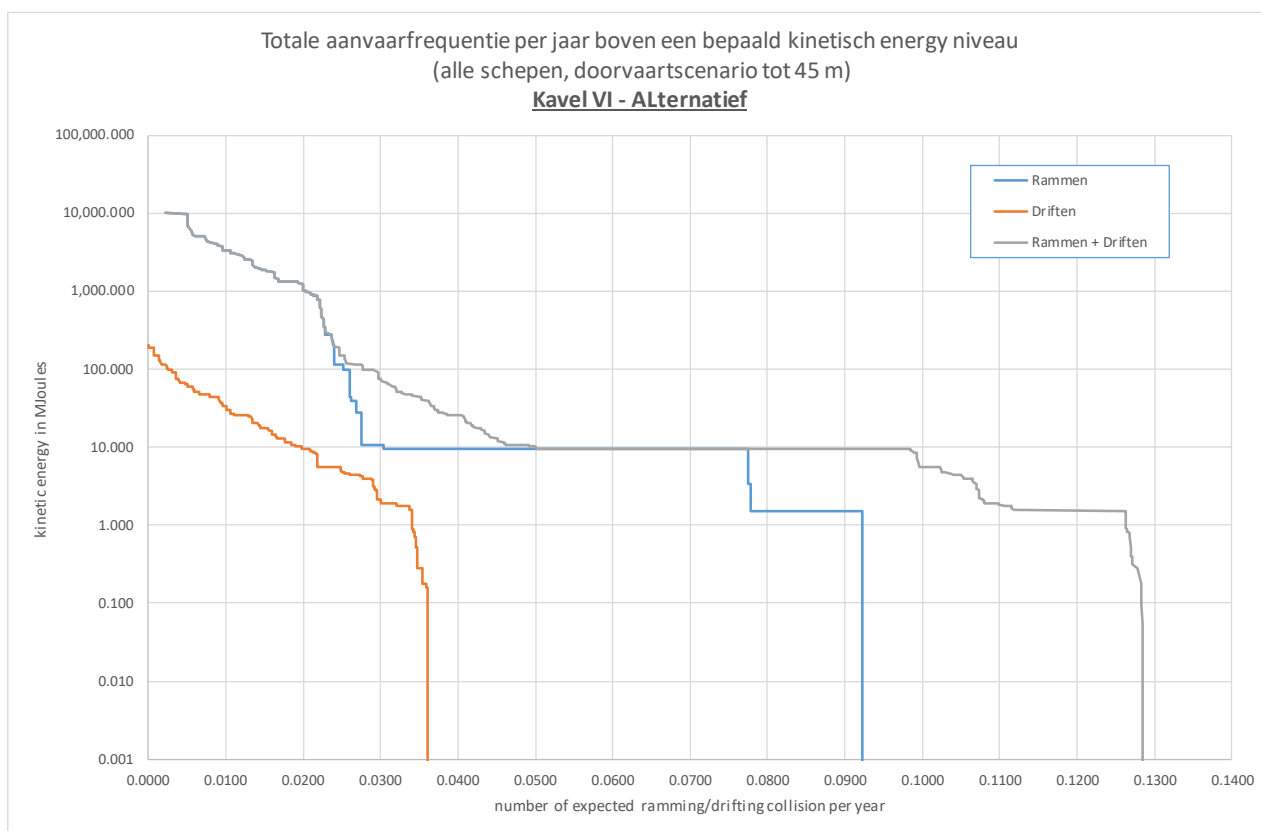
Scheepstype	Rammen		Driften		Totaal	
	Aantal per jaar	Eens in de ... jaar	Aantal per jaar	Eens in de ... jaar	Aantal per jaar	Eens in de ... jaar
R-schepen	0.018998	53	0.031093	39	0.050091	39
N-schepen	0.065514	15	0.002344	350	0.067858	350
Totaal	0.084512	12	0.033437	30	0.117949	8

Tabel A2-3 Kans op een bepaalde schade soort veroorzaakt door de verschillende scheepstypen voor Kavel VI-Alternatief

Scheepstype	Soort schade			Totaal
	GosMos ¹	schade aan scheepshuid	geen schade	
Olietanker	0.000301	0.002740	0.002756	0.005798
Chemicaliëntanker	0.000291	0.004848	0.002717	0.007856
Gastanker	0.000012	0.001200	0.000197	0.001410
Container+ RoRo	0.000766	0.012471	0.007053	0.020290
Ferry	0.000098	0.000318	0.000895	0.001310
Overige R-schepen	0.000387	0.009249	0.003792	0.013427
N-schepen	0.000064	0.001282	0.066512	0.067858
Totaal	0.001919	0.032108	0.083922	0.117949

Tabel A2-4 Schade aan het totale windpark kavel VI-Alternatief 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	0.006270	0.000001	0.057601	0.000706	0.002289	0.000708	0.066160	0.066867	12
Scheef	0.000000	0.000131	0.000000	0.000386	0.012636	0.000048	0.012636	0.000565	0.013201	69
Omvallen	0.001710	0.000138	0.015432	0.000924	0.017751	0.000007	0.034893	0.001069	0.035962	41
GosMos ¹	0.000190	0.000013	0.001665	0.000051	0.000000	0.000000	0.001855	0.000064	0.001919	1053
Totaal	0.001900	0.006551	0.017098	0.058962	0.031093	0.002344	0.050091	0.067858	0.117949	8



Figuur A2-2 Totale aanvaringsfrequentie per jaar boven een bepaald kinetisch energieniveau voor alle verkeer (inclusief doorvaart tot 45m) voor Kavel VI-ALT

Tabel A2-5 Verdeling aanvaar- en aandrijfkansen over de scheepstypen en energieklassen voor kavel VI-Alternatief 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%	1.0%	1.0%	0.2%	1.4%	1.7%	0.2%	2.4%	2.6%
1-3	0.0%	11.1%	11.1%	3.5%	0.2%	3.8%	3.5%	11.4%	14.9%
3-5	0.0%	0.2%	0.2%	3.2%	0.1%	3.3%	3.2%	0.4%	3.6%
5-10	0.0%	36.4%	36.4%	3.9%	0.1%	3.9%	3.9%	36.5%	40.3%
10-15	0.0%	2.2%	2.2%	2.9%	0.0%	2.9%	2.9%	2.2%	5.1%
15-50	0.0%	1.1%	1.1%	7.2%	0.0%	7.2%	7.2%	1.1%	8.3%
50-100	0.1%	0.6%	0.7%	3.2%	0.0%	3.2%	3.2%	0.6%	3.8%
100-200	0.3%	0.8%	1.1%	1.9%	0.0%	1.9%	2.2%	0.8%	3.0%
>200	17.1%	1.2%	18.3%	0.1%	0.0%	0.1%	17.1%	1.2%	18.4%
Totaal	17.5%	54.6%	72.1%	26.0%	1.9%	27.9%	43.5%	56.5%	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 ³	Kavel V variant 10 MW		
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³
0.01-20	0.000076	13239	0.0010
20-150	0.001268	789	0.0000
150-750	0.000438	2284	0.1758
750-3000	0.000118	8478	0.1627
3000-10000	0.000033	30553	0.1493
Totaal	0.001932	518	0.6127

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

Uitstroom van ladingolie in m ³	Kavel V variant 10 MW		
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³
20-150	0.000000	--	0.0000
150-750	0.000002	605989	0.0011
750-3000	0.000004	267123	0.0071
3000-10000	0.000053	18975	0.3312
10000-30000	0.000006	169094	0.1023
30000-100000	0.000006	167127	0.4661
Totaal	0.000070	14287	0.9078

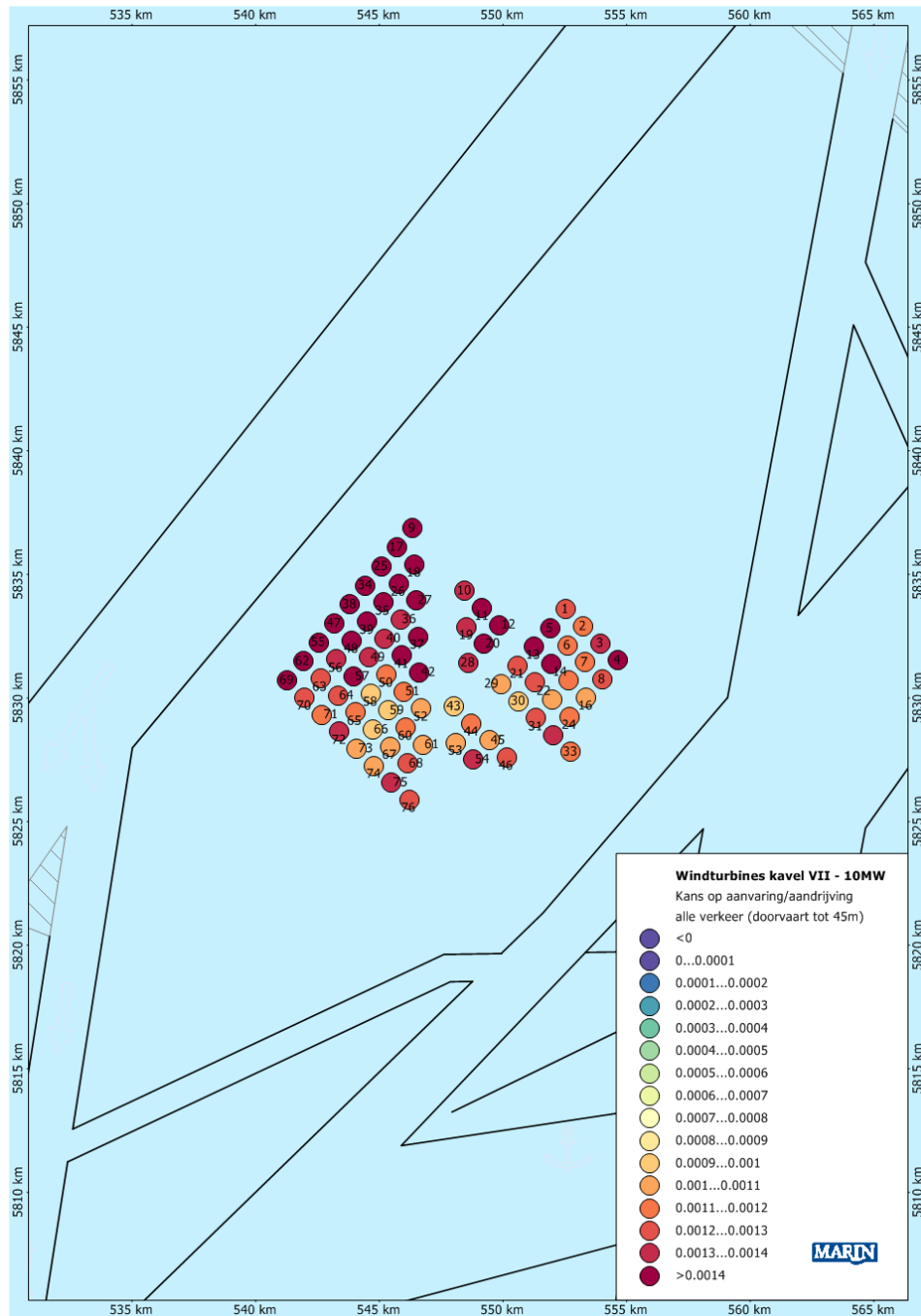
Tabel A2-8 *Uitstroom van ladingolie en bunkerolie als gevolg van een aandrijving met een windturbine*

Kavel V variant 10 MW	Bunkerolie			Ladingolie			Totaal
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Eens in de ... jaar
	0.001932	518	0.6127	0.000070	14287	0.9078	500

 Tabel A2-9 *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	
	Frontaal	Schampen		Gemiddeld aantal doden per keer	Gemiddeld aantal doden per jaar
Olietanker	0.000302	0.002722	331	0.155	0.000469
Chemicaliëntanker	0.000301	0.002707	332	0.162	0.000488
Gastanker	0.000021	0.000188	4779	0.043	0.000009
Container + RoRo	0.000779	0.007009	128	0.510	0.003969
Ferry	0.000098	0.000881	1022	8.337	0.008161
Overige R-schepen	0.000399	0.003591	251	0.145	0.000577
N-schepen	0.006552	0.058968	15	0.000	0.000023
Totaal	0.008452	0.076066	12	0.162	0.013696

APPENDIX A3: RESULTATEN HOLLANDSE KUST (WEST) KAVEL VII



Figuur A3-3 Lay-out en aanvaar- en aandrijfkansen turbines voor kavel VII variant 10 MW voor alle verkeer (inclusief doorvaart tot 45m)

Windturbine	Positie		Rammen		Driften		Totaal	Eens in de ... jaar
	Easting ETRS89	Northing ETRS89	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
HKW_2_7976.7	546764	5828114	0.000016	0.000650	0.000340	0.000029	0.001034	967
HKW_2_7977.1	541914	5831476	0.000219	0.000931	0.000401	0.000030	0.001580	633
HKW_2_7977.2	542617	5830787	0.000100	0.000702	0.000371	0.000027	0.001200	833
HKW_2_7977.3	543319	5830099	0.000049	0.000834	0.000357	0.000028	0.001267	789
HKW_2_7977.4	544022	5829410	0.000026	0.000727	0.000344	0.000029	0.001125	889
HKW_2_7977.5	544725	5828721	0.000017	0.000576	0.000338	0.000028	0.000959	1043
HKW_2_7977.6	545428	5828033	0.000014	0.000679	0.000336	0.000028	0.001058	946
HKW_2_7977.7	546131	5827344	0.000018	0.000881	0.000344	0.000031	0.001274	785
HKW_2_7978.1	541281	5830707	0.000220	0.001025	0.000406	0.000029	0.001680	595
HKW_2_7978.2	541984	5830018	0.000101	0.000705	0.000373	0.000028	0.001207	829
HKW_2_7978.3	542687	5829329	0.000049	0.000698	0.000354	0.000027	0.001128	886
HKW_2_7978.4	543389	5828641	0.000027	0.000919	0.000347	0.000028	0.001321	757
HKW_2_7978.5	544092	5827952	0.000018	0.000702	0.000340	0.000028	0.001088	919
HKW_2_7978.6	544795	5827263	0.000016	0.000641	0.000338	0.000028	0.001024	977
HKW_2_7978.7	545498	5826575	0.000022	0.000941	0.000346	0.000031	0.001340	746
HKW_2_7978.8	546201	5825886	0.000038	0.000795	0.000359	0.000031	0.001224	817
Totaal per jaar			0.004999	0.067178	0.026671	0.002347	0.101195	10
Dit is eens in .. jaar			200	15	37	426	10	

Tabel A3-11 Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor kavel VII variant 10 MW voor alle verkeer (inclusief doorvaart tot 45m)

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	0.004999	200	0.026671	39	0.031670	39
N-schepen	0.067178	15	0.002347	350	0.069525	350

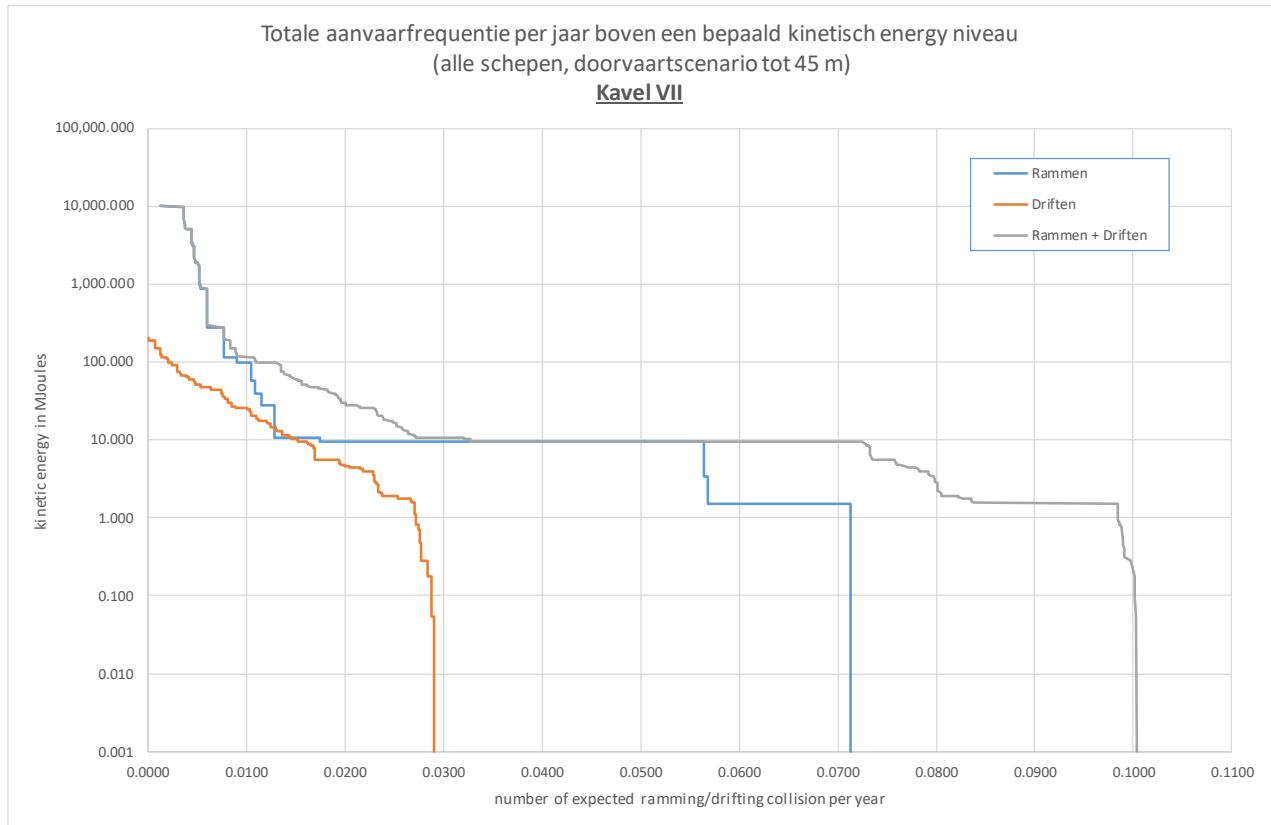
Tabel A3-12 Kans op een bepaalde schade soort veroorzaakt door de verschillende scheepstypen

Scheepstype	Soort schade			Totaal
	GosMos ¹	schade aan scheepshuid	geen schade	
Olietanker	0.000004	0.001868	0.000055	0.001927
Chemicaliëntanker	0.000002	0.003612	0.000015	0.003629
Gastanker	0.000003	0.001021	0.000053	0.001076
Container+ RoRo	0.000454	0.011393	0.004112	0.015960
Ferry	0.000012	0.000277	0.000118	0.000407
Overige R-schepen	0.000022	0.008272	0.000377	0.008671
N-schepen	0.000126	0.001290	0.068109	0.069525

Tabel A3-13 Schade aan het totale windpark in kavel VII 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	0.006163	0.000000	0.057775	0.000601	0.002291	0.000601	0.066230	0.066830	15
Scheef	0.000000	0.000256	0.000000	0.001004	0.011337	0.000047	0.011337	0.001308	0.012645	79
Omvalen	0.000450	0.000274	0.004052	0.001579	0.014734	0.000008	0.019236	0.001862	0.021098	47
GosMos ¹	0.000050	0.000024	0.000447	0.000102	0.000000	0.000000	0.000497	0.000126	0.000623	1605
Totaal	0.000500	0.006718	0.004499	0.060460	0.026671	0.002347	0.031670	0.069525	0.101195	10

¹ Gondel en mastdeel vallen op schip na plastische vervorming



Figuur A2-4 Totale aanvaarfrequentie per jaar boven een bepaald kinetisch energieniveau voor alle verkeer (inclusief doorvaart tot 45m)

Tabel A2-14 Verdeling aanvaar- en aandrijfkansen over de scheepstypen en energieklassen voor kavel VII 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%	0.8%	0.8%	0.2%	1.7%	1.9%	0.2%	2.5%	2.7%
1-3	0.0%	14.4%	14.4%	3.7%	0.4%	4.1%	3.7%	14.7%	18.4%
3-5	0.0%	0.4%	0.4%	3.3%	0.2%	3.5%	3.3%	0.6%	3.9%
5-10	0.0%	38.5%	38.5%	4.1%	0.1%	4.2%	4.1%	38.6%	42.7%
10-15	0.0%	4.7%	4.7%	2.8%	0.0%	2.8%	2.8%	4.7%	7.4%
15-50	0.0%	1.9%	1.9%	7.0%	0.0%	7.1%	7.0%	1.9%	8.9%
50-100	0.0%	1.9%	1.9%	3.2%	0.0%	3.2%	3.2%	1.9%	5.2%
100-200	0.1%	1.2%	1.3%	1.9%	0.0%	1.9%	2.0%	1.2%	3.2%
>200	4.9%	2.6%	7.5%	0.0%	0.0%	0.0%	4.9%	2.6%	7.6%
Totaal	4.9%	66.4%	71.3%	26.4%	2.3%	28.7%	31.3%	68.7%	100.0%

Tabel A2-15 *Frequentie en volume van een uitstroom van bunkerolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine*

Uitstroom van bunkerolie in m ³	Kavel V variant 10 MW		
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³
0.01-20	0.000074	13470	0.0009
20-150	0.001147	872	0.0000
150-750	0.000363	2754	0.1404
750-3000	0.000102	9813	0.1370
3000-10000	0.000031	32504	0.1405
Totaal	0.001717	582	0.5307

Tabel A2-16 *Frequentie en volume van een uitstroom van ladingolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine*

Uitstroom van ladingolie in m ³	Kavel V variant 10 MW		
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³
20-150	0.000000	--	0.0000
150-750	0.000001	773910	0.0008
750-3000	0.000003	381292	0.0048
3000-10000	0.000035	28270	0.2237
10000-30000	0.000004	260781	0.0662
30000-100000	0.000004	248176	0.3243
Totaal	0.000047	21208	0.6198

Tabel A2-17 *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 ³	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Eens in de ... jaar
	0.001717	582	0.5307	0.000047	21208	0.6198	567

Tabel A2-18 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	
	Frontaal	Schampen		Gemiddeld aantal doden per keer	Gemiddeld aantal doden per jaar
Olietanker	0.000004	0.000033	27153	0.143	0.000005
Chemicaliëntanker	0.000002	0.000015	59218	0.163	0.000003
Gastanker	0.000006	0.000050	17928	0.040	0.000002
Container + RoRo	0.000454	0.004087	220	0.229	0.001038
Ferry	0.000012	0.000109	8278	9.834	0.001188
Overige R-schepen	0.000023	0.000205	4391	0.156	0.000036
N-schepen	0.006718	0.060460	15	0.001	0.000040
Totaal	0.007218	0.064960	14	0.032	0.002311

APPENDIX B: MANAGEMENT SUMMARY STUDIE NAAR CUMMULATIEVE EFFECTEN SCHEEPVAARTVEILIGHEID [REF 11.]

Inleiding

De Noordzee is een van de drukst bevaren zeeën ter wereld en kent een hoge dynamiek. Door de bouw van windparken op zee (gecombineerde routekaart 2023 en routekaart 2030) neemt het aantal objecten op zee toe en is er een sterke groei van het scheepvaart(werk)verkeer van en naar die parken. Samen met de autonome groei in de scheepvaart zorgt dit voor een mogelijke toename van de kans op aanvaringen en aandrijvingen. In algemene zin zal er sprake zijn van meer afwijkende manoeuvres waarmee het verkeer rekening dient te houden. Bovengenoemde veranderingen hebben invloed op de mate van veiligheid, de vlotte doorstroom en de bereikbaarheid van de Nederlandse havens. De beleidsambitie is om tenminste het huidige veiligheidsniveau voort te zetten. Mogelijk zijn daarvoor mitigerende maatregelen nodig.

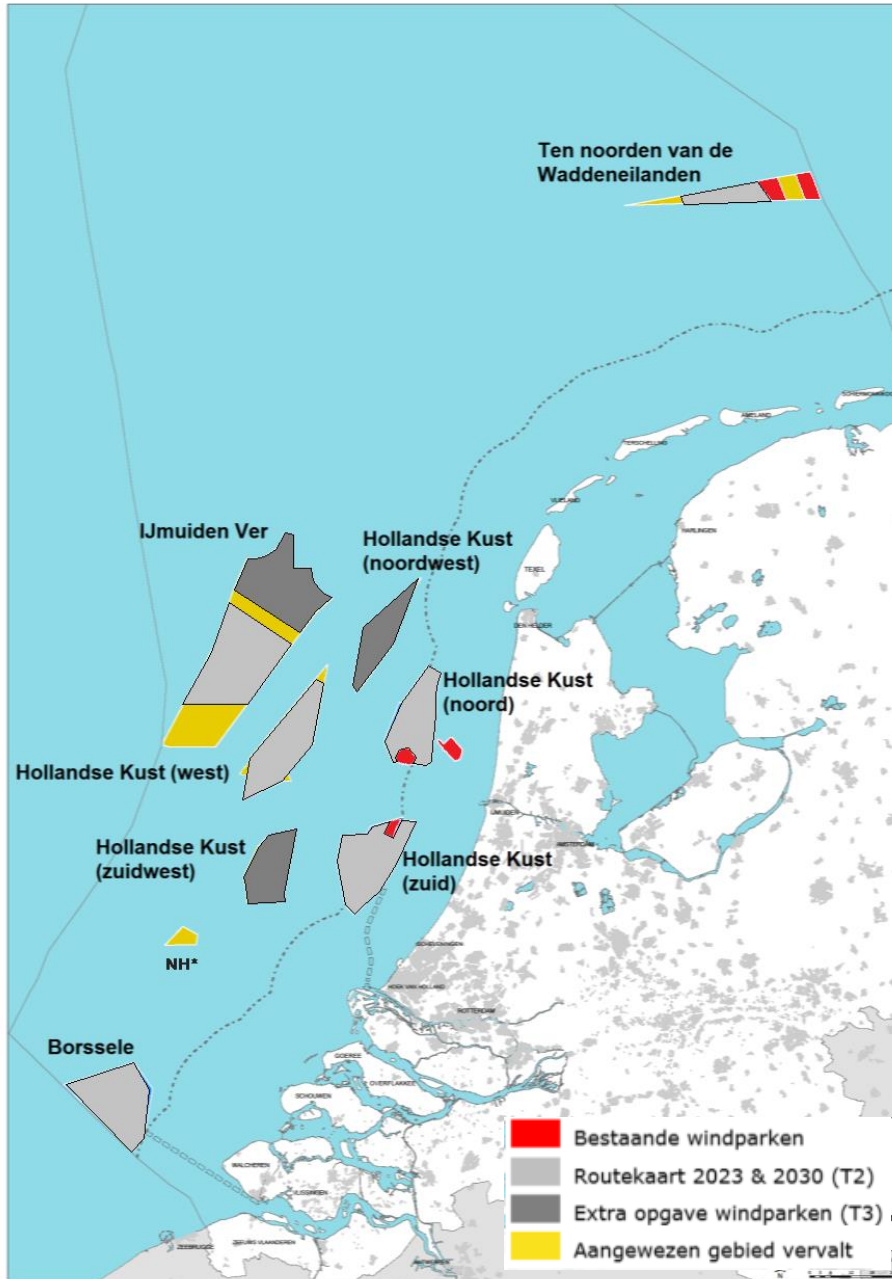
Om de verandering voor de scheepvaart veiligheid te bepalen is er in twee delen onderzoek naar het effect van windparken op de scheepvaartveiligheid uitgevoerd. Het eerste deel is een kwantitatieve analyse van het effect van de uitrol van windparken op de kans op aanvaring. Het tweede gedeelte is een kwalitatieve analyse met daarin de bevindingen van een groep experts wat betreft de risico's en effectiviteit van beheersmaatregelen. Deze onderzoeksopdracht is voor RWS Zee en Delta, mede namens EZK, I en W en BZK, uitgevoerd.

Doel van het onderzoek

Het doel van het onderzoek is drieledig:

1. Allereerst inzicht geven in de ontwikkeling van de scheepvaart op de Noordzee tot 2030 als gevolg van:
 - a. autonome ontwikkelingen met allen de huidige windparken;
 - b. het gecombineerd effect van de autonome ontwikkelingen en de uitrol van de windparken volgens de gecombineerde routekaart 2023 en de routekaart 2030.
2. Ten tweede een nadere onderbouwing van de scheepvaarteffecten en benodigde maatregelen, kosten en de effectiviteit daarvan in de twee categorieën:
 - a. nautische voorzieningen;
 - b. menskracht en materieel,
3. Als derde het aanreiken van bouwstenen om beleidskeuzes te maken over welke schepen wel en welke niet door de windparken mogen varen. Op basis van de te maken keuzes, bijbehorende maatregelen en kosten kan de rijksoverheid voorstellen doen voor de toedeling van de maatregelen en kosten. Daarbij gaat het om de scheepvaartsector, de windparkeigenaren en de verschillende overheidspartijen.

In dit onderzoek is de huidige situatie (T0) vergeleken met de autonome verkeerssituatie voor 2030, zonder extra windparken (T1) en met de geplande windparken tot 2030 (T2); geheel conform de routekaarten 2023 en 2030. Ook is nog een plus variant onderzocht waarin alle beleidsmatig aangewezen windenergiegebieden (zoals vastgelegd in de Beleidsnota Noordzee 2016-2021) worden benut (T3). De achterliggende reden hiervoor is dat de energietransitie mogelijk kan leiden tot een extra opgave voor windenergie op zee. Indien dat het geval is, is dit onderzoek hiervoor robuust genoeg.



Windenergiegebieden gecombineerde routekaart 2023 en 2030 (grijs) en nog te benutte (delen van) gebieden (donkergrijs)

RISICOANALYSE

Uit de kwantitatieve analyse zijn voor de volgende effecten de verschillende conclusies getrokken:

1. Het effect van de autonome ontwikkeling en de uitrol van windparken

Voor het onderzoeken van de autonome ontwikkeling is gekozen voor het meest optimistische groeiscenario dat door de Erasmus universiteit is bepaald. Dit geeft de grootste toename van het scheepvaartverkeer, en is het meest ongunstige scenario voor de scheepvaartveiligheid. Het T0 scenario (situatie 2017) is het scenario zonder autonome groei van de scheepvaart en is daarmee het meest gunstig scenario wat betreft scheepvaart veiligheid. Aangezien de intensiteit van de scheepvaart op de Noordzee al jaren licht daalt als gevolg van de schaalvergroting, bron MARIN [Ref 4.], zou een nulgroei een meer *realistisch* scenario zijn. De opdrachtgever heeft ervoor gekozen om het meest ongunstige scenario als uitgangspunt te kiezen voor dit onderzoek.

De autonome ontwikkeling (vergelijking T0 en T1) heeft vooral invloed op de aanvaring tussen schepen (+13%) en een kleinere invloed op de aanvaring met olie en gasplatformen en windturbines (+4%). Het totaal aantal te verwachten aanvaringen stijgt van ca. 7,5 per jaar in T0 naar ca. 8,4 in T1.

In T0 en T1 wordt uitgegaan van het huidige aantal van 289 windturbines op de Noordzee. De beide routekaarten (T2) voorzien in bijna een verviervoudiging naar 1144 turbines. Als de resultaten voor de autonome ontwikkeling worden vergeleken met de resultaten voor de combinatie van de autonome ontwikkeling en de introductie van de windparken (vergelijk T1 en T2) dan zien we dat vooral de aanvarings- en aandrijvingskans van de windturbines toeneemt. Het aantal aanvaringen en aandrijvingen met windturbines neemt toe van ca. 0,1 aanvaring per jaar in T0 naar ca. 1,4 aanvaring per jaar in T2.

De bouw van de windparken heeft in veel mindere mate effect op de aanvaring tussen schepen, van 8,07 aanvaring per jaar in T1 naar 8,27 aanvaring per jaar in T2. De aanvaarkans van platformen verandert nauwelijks. De resultaten voor T3 volgen deze zelfde trend.

In onderstaand overzicht worden de totaal resultaten van de vier scenario's samengevat:

Tabel B-1 Samenvatting van de resultaten voor: T0, T1, T2-doorvaart 24 m/(45 m) en T3-doorvaart 45 m

Samenvatting van de resultaten				
Ongevalstype	Scenario T0	Scenario T1	Scenario T2	Scenario T3
	2017	2030	2030	2030
		Autonoom	Autonoom + windparken	Autonoom + doorvaart 45 m
	[1/jaar]	[1/jaar]	[1/jaar]	[1/jaar]
Aanvaringen tussen schepen	7,13	8,07	8,27/(8,25)	8,25
Aanvaringen met platformen	0,274	0,285	0,286	0,286
Aanvaringen met windturbines	0,0857	0,0913	1,432/(1,87)	2,412
Totaal	7,490	8,446	9,988/(10,406)	10,948

Aangezien, door de opdrachtgever gekozen is voor een progressief scenario voor de scheepvaartintensiteit, is het aantal aanvaringen in T1, T2 en T3 relatief hoog. Voor het effect van de windparken op scheepvaartveiligheid is het zaak om de relatieve verschillen te beschouwen (van T0 naar T1, T1 naar T2, T0 naar T2 en T2 naar T3).

2. Gevolgen van het aanvaren van een windturbine

Op basis van dit onderzoek wordt geconcludeerd dat er geen actuele gegevens beschikbaar zijn over de gevolgen van een aanvaring/aandrijving met een windturbine omdat in de loop der tijd de afmetingen en daardoor de constructie van windturbines is veranderd. Ook een actuele kwalitatieve analyse was niet mogelijk door kennisleemtes. Daarnaast zijn de afmetingen van schepen ook toegenomen. Echter op basis van de oude gegevens kunnen we een grove schatting maken van de gevolgen. We beschouwen twee situaties te weten de mogelijke schade aan het schip en de mogelijke schade aan de windturbine. Voor de schade aan het schip verwachten we dat ongeveer 25% van alle aanvaringen zal resulteren in schade aan de scheepshuid met de mogelijkheid dat het schip zinkt met risico's voor opvarenden of dat er olievervuiling optreedt. In de resterende 75% is er alleen sprake van materiële schade zonder dat dit catastrofale of ernstige effecten heeft voor het schip en de bemanning. Hieronder vallen o.a. schampen, rammen en botsingen met meer of minder indeuking van de scheepsromp tot gevolg. Bij de mogelijke schade aan de windturbine is de energie van de impact een belangrijke parameter. Die is afhankelijk van de massa van het schip en de aanvaarsnelheid. Hierbij onderscheiden we drie niveaus, een aanvaring/aandrijving met een energieniveau van minder dan 1 megajoule. In dat geval is de schade aan de windturbine beperkt. Een aanvaring/aandrijving met een energie niveau tussen 1 en 10 megajoules, hierbij ontstaat er significante schade aan schip en windturbine. Waarbij de kans op bezwijken van de windturbine erg klein is. Bij een aanvaring/aandrijving met een energieniveau van meer dan 10 megajoules is de verwachting dat er significante schade aan de windturbine zal ontstaan met een grote kans op bezwijken. Ook is het niet ondenkbaar dat het schip nog een tweede of derde turbine raakt als deze door wind en stroming verder drift.

De verwachting is dat eens in de 10 jaar een groot schip een of meer windturbines aanvaart. De gevolgen zijn in dat geval altijd groot met tenminste het bezwijken van de paal van de windturbine en grote schade aan schip met groot risico op persoonlijk letsel in worstcase scenario mogelijk ook het zinken van het schip.

3. Het effect van verschillende doorvaarscenario's

Er is naar drie verschillende doorvaarscenario's gekeken. De resultaten van deze berekeningen worden samengevat in onderstaande tabel. In deze tabel is het resultaat voor de aanvaringen met platformen weggelaten, omdat dit niet door het doorvaarscenario wordt beïnvloed.

Tabel B-2 Effect van het toelaten van schepen in windparken, gebaseerd op T2

Effect van het toelaten van schepen in de windparken 2030			
Gebeurtenis	24 meter	45 meter	80 meter
	[1/jaar]	[1/jaar]	[1/jaar]
Aanvaringen tussen schepen	8,27	8,25	8,24
Aanvaringen met windturbines	1,43	1,87	2,05

We zien dat het aantal aanvaringen tussen schepen ca. 0,5% afneemt, maar dat het aantal aanvaringen met turbines toeneemt naarmate we grotere en dus meer schepen toelaten in de windparken. De toename wordt vooral veroorzaakt door vissersschepen en door werkvaart, dit kan voor de parken zelf zijn maar ook voor olie en gas. De recreatieve vaart leidt niet tot noemenswaardige veranderingen.

Bij doorvaart tot 45m (hieronder vallen de meeste vissersschepen) is de toename 0,44 aanvaringen per jaar en bij doorvaart tot 80m is de toename 0,62 aanvaringen per jaar. Vooraf was de verwachting dat het openstellen van de windparken een positief effect heeft op het aanvaringsrisico buiten de windparken. Uit de analyse blijkt dat dit effect erg klein is. Dit is besproken in de 2^e expertsessie waarbij

er tot geen duidelijk argumentatie is gekomen om deze analyse bij te stellen hoewel de hypothese ook niet aantoonbaar is weerlegt.

Ook de 3^{de} expertsessie heeft niet geleid tot meer eenduidigheid op dit punt. Daarom wordt geconcludeerd dat hiervoor nader onderzoek nodig is.

Bij het beschouwen van de resultaten van deze berekeningen moet het volgende worden meegewogen.

Het niet-routegebonden verkeer wordt in SAMSON gemodelleerd als een verkeersdichtheid. Dat betekent dat we niet de vaarroute opnemen in het model maar de aanwezigheid van het schip in een gridcel. Voor de huidige situatie hebben we dit gebaseerd op AIS-gegevens, dit is voor de huidige situatie een betrouwbare methode. Op het moment dat de windparken zijn gerealiseerd zal dit niet-routegebonden verkeer mogelijk een andere route kiezen. Helaas kennen wij die andere route niet, en om ervoor te zorgen dat het correcte aantal schepen in de berekening wordt meegenomen worden de dichtheden in de cellen in en buiten het park aangepast, afhankelijk van het scenario. Het is waarschijnlijk dat na de bouw van de windparken het niet-routegebonden verkeer zich zal aanpassen aan de nieuwe situatie. Wat voor effecten dit heeft op het aanvaarrisico is niet te kwantificeren.

Bij een nadere analyse zien we dat het grootste deel van de toename van het aantal aanvaringen met windturbines wordt veroorzaakt door het 'rammen' van de windturbines. De toename van de scheepslengte van 24 naar 45 meter voor doorvaart van de windparken geeft een toename van 0,442 aanvaringen per jaar en 98 procent hiervan zijn rammingen. Het rammen is gekoppeld aan menselijke fouten aan boord van het schip. Er wordt een inschattingfout gemaakt en het schip vaart tegen een windturbine aan. In het SAMSON-model is dit gemodelleerd door gebruik te maken van algemene aanvaringsdata, dus niet specifiek voor windparken, om de eenvoudige reden dat die data niet beschikbaar zijn.

Het is goed mogelijk dat de bemanning aan boord van schepen die door windparken varen zich zeer bewust is van de aanwezigheid van windturbines en het bijbehorende risico waardoor de kans op aanvaring lager is dan hier aangenomen. Het kan echter ook zijn dat men gewend raakt aan het varen door windparken en uiteindelijk net zo vaak de fout in gaat als in andere situaties. Hier speelt het gebrek aan concrete ervaringsdata een rol, dus gaan we ervan uit dat deze berekeningen een redelijke schatting geven van de kans op aanvaringen van een windturbine.

Verder moet worden opgemerkt dat de impact bij een aanvaring of aandrijving van schepen tot 24 meter relatief laag is, en in de categorie valt met relatief weinig gevolgen. De impact van schepen groter dan 45 meter valt in de categorie grote schade, met een grote kans op het bezwijken van de windturbine. De categorie van 24 tot 45 meter zit in het grijze gebied. Hier weten we niet zo heel goed wat er zal gebeuren bij een aanvaring. Er is een kans op het bezwijken van de windturbine maar die is niet groot.

Samenvattend zijn er drie elementen waarmee de conclusies worden gerelativeerd, te weten:

- Onzekerheid over het gedrag van het niet-routegebonden verkeer;
- Onzekerheid over de modellering;
- Inschatting van de schade.

Als we deze drie elementen combineren dan zijn de verschillen in het aantal aanvaringen voor de diverse doorvaarscenario's relatief klein. De experts verwachten een netto gunstig effect van een doorvaart tot 45 meter, onder de voorwaarde dat schepen voldoende manoeuvreerbaar zijn. De numerieke resultaten ondersteunen dit niet helemaal, maar gezien de onzekerheden kunnen we dit ook niet weerleggen.

4. Het effect van locatie

Uit de berekeningen volgt dat de locatie ten noorden van de Waddeneilanden een veel lagere kans op aanvaring geeft dan de locaties voor de kust van Holland en Zeeland. Dit komt omdat er slechts één verkeersroute langs deze parken loopt en de verkeersintensiteit ook lager is. Dit is ook benoemd in de expertsessie waar het verplaatsen van de windparken naar deze locatie als effectief werd gezien. Echter het verplaatsen of aanpassen van individuele windparken valt buiten de scope van deze studie. Plus dat men zich kan afvragen, gezien de hoge investeringen die met de windparken gemoeid zijn, of die een reële optie is.

MAATREGELEN; HUN EFFECTIVITEIT EN KOSTEN

De expertsessies zijn vooral gericht op nautische beheersmaatregelen. De volgende maatregelen worden als effectief beschouwd. Het is helaas niet mogelijk om een kwantitatieve schatting te maken van de effecten van deze maatregelen op het aantal aanvaringen en aandrijvingen. De maatregelen zijn onderverdeeld in: maatregelen voor scheepvaartveiligheid, mitigerende maatregelen en maatregelen gericht op handhaving. De hieronder genoemde kosten zijn indicaties exclusief BTW en exclusief indexering.

1. Maatregelen voor scheepvaart veiligheid

Vessel Traffic Management/ VTM (EUR 3.03 miljoen/jaar)

De experts verwachten dat een VTM in de zuidelijke Noordzee een geringe positieve invloed heeft en het aantal aanvaringen (iets) zal verminderen. VTM heeft een positieve bijdrage aan een veilige afwikkeling van het verkeer; het kan het verkeer waarschuwen voor onverwachte of afwijkende omstandigheden, dreigend gevaar en kan het coördinerend optreden in het geval van een calamiteit. Opgemerkt moet worden dat de verwachting is dat de VTM niet effectief is in het geval van een driftend schip anders dan het coördineren van assistentie en het informeren van andere schepen in het gebied. Bij het instellen van doorvaartbeperkingen in de windparken kan een VTM ook het middel zijn om naleving van de regels af te dwingen en het in- en uitvoegend verkeer in/van de TSS meer gecoördineerd te laten verlopen waardoor de kans op botsingen met doorvaarders en werkverkeer kan worden verlaagd.

Aanvullende markering en Identificatie windturbines in de windparken (EUR 1.25 miljoen/jaar)

De experts zijn het er ook over eens dat goede verlichting, markering en identificatie van windturbines een preventieve werking heeft op aanvaringen met windturbines met name voor werkvaart, visserij en recreatievaart in de situatie met doorvaart. Dit kan bijvoorbeeld als randvoorwaarde in de vergunningen worden meegenomen.

Herschikking van de (nog onbenutte) windenergiegebieden (kosten onbekend)

Uit het onderzoek blijkt dat sommige aangewezen windenergiegebieden meer dan anderen gevolgen hebben voor de scheepvaartveiligheid. Herschikken van die gebieden kan daarom een positief effect hebben op de scheepvaartveiligheid, maar valt – voor zover de parken deel uit maken van de routekaarten 2023 en 2030 – buiten de scope van het onderzoek. Het windenergiegebied Hollandse kust zuid west en ook HK NW, nu onderdeel van T3, wordt echter tot 2030 nog niet benut en zou eventueel verplaatst kunnen worden. In verband met de relatief grote risico's voor de scheepvaartveiligheid wordt geadviseerd dit te onderzoeken.

Betere spreiding van ankerende schepen over de ankergebieden (kosten onbekend)

De verwachting is dat als er in een ankergebied beter mobiel bereik is (4G), dit gebied aantrekkelijker wordt om te ankeren met als gevolg een betere spreiding van de ankerliggers. Hierdoor wordt het minder druk bij de andere ankergebieden voor aanloop van de Westerschelde of Rotterdam die ook

relatief dichtbij de windenergiegebieden liggen. Ook zou een VTM schepen aanwijzing kunnen geven om beter gebruik te maken van de ankergebieden. Het zal van de uiteindelijke taakverdeling afhangen welke VTM deze aanwijzingen gaat geven.

AIS voor alle recreatievaart (kosten eenmalig EUR 20.000)

Dit zal een positieve invloed hebben op de veiligheid van de recreatievaart. Wel moet worden opgemerkt dat deze maatregel voornamelijk effectief is voor aanvaring met andere schepen. De exacte vorm van invoering van deze verplichting roept ook vragen op wat betreft internationale afstemming en handhaving. Daarom wordt minimaal voorgesteld om een voorlichtingscampagne uit te voeren waarin gewezen wordt op de noodzaak van AIS-transponders voor zeegaande recreatievaart en een goede reisvoorbereiding conform SOLAS-V.

Bodem beroerende visserij

Het toelaten van bodem beroerende visserij in windparken zal mogelijk het aantal vissende schepen in de berm van de vaarroutes verminderen en zo een positief effect hebben op de scheepvaartveiligheid. In de expert sessie is geconcludeerd dat bodem beroerende visserij in windparken wat betreft nautische veiligheid mogelijk is. Hoewel vissende schepen minder manoeuvreerbaar zijn is de verwachting dat de bemanning alert is. Mede doordat de gevolgen van een aanvaring met een windturbine door de lage snelheid en relatief kleine afmetingen gering zijn. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat, om dit toe te laten, kabels voldoende diep moeten worden ingegraven. Daarnaast werd door de vissers opgemerkt dat ze verwachten dat er weinig of geen bodemvis te vinden is in de windparken, dit komt door de aanwezigheid van de elektriciteitskabels en het lawaai van de turbines.

2. Mitigerende maatregelen

ETV (Emergency Towing Vessel) (EUR 7.22 miljoen/jaar voor 1 ETV)

Algemeen wordt ondersteund dat de inzet van een of meer ETV's in het gebied effectief is bij de opvang van drijvende schepen en een mitigerende werking heeft bij aanvaringen en aandrijvingen met andere schepen en of windturbines. Wel moet hierbij worden opgemerkt dat ETV's weinig effect sorteren voor schepen die dicht bij windturbineparken een voortstuwingsstoring krijgen. Dan is de beschikbare responsetijd te kort. Wel zou een ETV effectief kunnen zijn om te verhinderen dat een schip verder een windpark in drijft, en dus meer schade kan voorkomen. Om de effectiviteit van de maatregel te kunnen bepalen is nader onderzoek noodzakelijk. Het aanpassen van de afstand tussen windparken en de scheepvaartroutes (herschikking windparken) heeft ook effect op het aantal ETV's dat nodig is en dus ook op de kosten voor ETV's. Het gebruik van ETV's is veruit de duurste mitigerende maatregel.

Extra SAR-capaciteit (sterk afhankelijk van de gekozen maatregel, daarom kosten onbekend)

Dit heeft met name impact op de gevolgen van ongevallen voor bemanningen van schepen en werknemers in de windparken. Het is effectief voor alle schepen maar vanuit de expert groep wordt er vooral gekeken naar recreatievaart, omdat die groep vaak het minst zelfredzaam is ten opzichte van de andere scheepvaart. De SAR-capaciteit dicht bij de kust is goed voorzien met de inzet van de KNMR en de SAR-helikopter van de Kustwacht. Incidenten verder op zee en vooral in windparken bij slechte omstandigheden als de helikopter maar beperkt inzetbaar is, vragen mogelijk extra voorzieningen. De aanvaartijden vanaf het land worden dan beperkend. Dit is ook op te lossen door SAR-capaciteit te realiseren aan boord van ETV's of aan boord van andere schepen zoals bijvoorbeeld een Kustwacht multipurpose vaartuig (MPV) in het gebied.

Oliebestrijding (kosten onbekend)

Het risico op olieverontreiniging (na incidenten) zal enigszins toenemen door toename van de kans op aanvaringen tussen schepen en turbines. Aanvullende capaciteit voor oliebestrijding kan worden gerealiseerd door de nieuwe ETV en MPV uit te rusten met bestrijdingsmiddelen.

Maatregelen gericht op handhaving**Extra patrouillevluchten (EUR 3.93 miljoen/jaar)**

Dit is een maatregel die vooral van belang is voor handhaving en toezicht. Is zeker effectief in het kader van de pakkans bij overtredingen met een kleine positieve invloed op het verbeteren van de scheepvaartveiligheid. Er gaat een preventieve werking vanuit omdat bemanningen zich vaker en beter bewust zullen zijn van de verhoogde waakzaamheid van de Kustwacht en andere toezichthoudende instanties.

Patrouillevaartuig (kosten onbekend aanschaf 1 extra schip CAPEX = EURO 19 miljoen)

Een patrouillevaartuig is primair bedoeld voor handhaving. Ook hier gaat een preventieve werking vanuit als het gaat om overtredingen. Tevens kan ervoor gekozen worden zo'n schip ook als Multi Purpose Vessel uit te rusten. Hierdoor kan het dienen als ondersteuning voor SAR, oliebestrijding en als noodsleephulp.

CONCLUSIE MAATREGELEN

In de onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de preventieve effectiviteit van de verschillende maatregelen vanuit het oogpunt van scheepvaartveiligheid en met bijbehorende kosten. Bijdrage aan mitigerende maatregelen of aan handhaving is niet opgenomen in dit overzicht. De positionering en het aantal ETV's heeft veel invloed op de effectiviteit in de tabel 0.3 komt dit niet duidelijk naar voren daar er slecht met 1 extra ETV is gerekend.

Tabel B-3 Effectiviteit van verschillende maatregelen en de kosten (bij doorvaart scenario tot 45m)

0 niet effectief/ + effectief/ ++ zeer effectief

Gebeurtenis	Aanvaringen tussen schepen	Aanvaringen met platformen		Aanvaringen windturbines bij doorvaart 45 m		TOTAAL	Kosten maatregel (relatief)
		rammen	driften	rammen	driften		
T0 (2017) [1/jaar]	7,13	0,233	0,041	0,0388	0,0469	7,490	
T1 (2017) [1/jaar]	8,07	0,240	0,0454	0,0393	0,0520	8,446	
T2 (2030) [1/jaar]	8,27	0,240	0,046	1,533	0,341	10,406	
T3 (2030) [1/jaar]	8,27	0,240	0,046	1,937	0,475	10,948	
Maatregelen							
VTM zuidelijke NZ, preventief	+	+	0	+	0	+	€€€
Meerdere ETV's, preventief	0	0	+	0	+	+	€€€
Meerdere ETV's, reactief	+	+	+	++	++	++	€€€
Extra SAR verder op Zee, reactief	+	0	0	+	+	+	€
Markering turbines, preventief	0	0	0	+	0	+	€
AIS op alle schepen, preventief	0	0	0	0	0	0	€
Betere spreiding Ankerliggers, preventief	+	0	0	0	+	+	€
Herschikking onbenutte windenergiegebieden, preventief	0/+	0	0	++	++	++	onbekend

0 niet effectief/ + effectief/ ++ zeer effectief/ € = kosten indicatie < 1 miljoen per jaar // 1 miljoen < €€ < 3 miljoen per jaar/ €€€ kosten indicatie > 3 miljoen per jaar

3. Maatregelen en overblijvend risico

De experts concluderen dat het zuidelijk deel van de Noordzee erg vol wordt als de windparken in T2 en/of T3 gebouwd zijn. Hierbij werd opgemerkt dat ook onze buurlanden veel windparken gaan bijbouwen tot die tijd. De ruimte om fouten te maken of te driften bij een motorstoring neemt hierdoor af en de reactietijd om in te grijpen wordt bij bijvoorbeeld driftende schepen erg kort.

Het huidige risico (T0) van een aanvaring van 2 routegebonden schepen in de route wordt door de experts in de 3^e expertsessie als onacceptabel gezien. Het is mogelijk dat de experts de huidige risico's relatief hoog hebben ingeschat omdat in geval van twijfel over de score van de kans of de gevolgen een worst case scenario is gebruikt. In ieder geval is het duidelijk dat ook het huidige risico voor aanvaringen tussen schepen in de route als hoog wordt ingeschat.

Binnen realistische mogelijkheden kan geen van de beoordeelde maatregelen zelfstandig of gecombineerd het risico voor de scheepvaart zodanig verminderen dat het risico gehandhaafd kan blijven op het huidige niveau.

Door het groot aantal windturbines die relatief dicht bij de routes staan en er minder ruimte is om uit te wijken. De bouw van de windparken leidt tot grotere risico's voor de scheepvaart en voor de windturbines en dat geldt met name voor het niet routegebonden verkeer. Of het uiteindelijke risico acceptabel is, is mede afhankelijk van de effectiviteit van de maatregelen. Ook is geconstateerd dat

beter inzicht gewenst is in de gevolgen van het aanvaren van windturbines in combinatie met de ontwikkelingen van scheepvaart.

In het onderzoek is gebruikt gemaakt van de maximaal te verwachten groei van de scheepvaart. (worst case gezien vanuit veiligheid) Als de scheepvaart minder groeit of de intensiteit zelfs verder afneemt, leidt dit ook tot lagere risico's.

AANBEVELINGEN

Preventieve maatregelen

VTM wordt algemeen door de experts gezien als een zinvolle maatregel waarbij moet worden opgemerkt dat niet verwacht wordt dat er een grote reductie van de kans op of het gevolg van incidenten zal zijn. Van groot belang is dat het VTM goed wordt ingericht. Om het effect van een VTM verder te vergroten is extra toezicht en handhaving genoemd. De combinatie van betere verkeersinformatie aan de schepen en een grotere pakkans worden als elkaar versterkende factoren gezien wat betreft gedragsbeïnvloeding bij schippers en hun bemanning.

Een ETV is de enige maatregel die effect heeft op het verminderen van het aanvarings-/aandrijvingsrisico van drijvende schepen met windturbines en andere schepen. Door de relatief korte afstand tussen de vaarroutes en de windparken is de beschikbare responsetijd vaak kort waardoor een ETV regelmatig niet tijdig een sleeplijn zal kunnen vastmaken, de effectiviteit van de maatregel minder zal zijn en er dus meer ETV's nodig zijn. Er is aanvullend onderzoek nodig naar de inzet van ETV's mogelijk ook in samenwerking met nieuwe Multi Purpose kustwachtschepen met noodsleephulp capaciteit.

Verlichting en markering van windturbines in de windparken om doorvaart 's nachts mogelijk te maken is een eenvoudig middel indien meegenomen bij de aanbesteding van de windparken. Het achteraf aanvullen van de verlichting is relatief duur. Er wordt door de experts een gering positief effect verwacht op de scheepvaartveiligheid.

Herschikking van (nog niet benutte) windenergiegebieden (uit de T3) naar een gebied die verder van de scheepvaarroutes ligt, is ook een zeer effectieve maatregel. Daarbij wordt opgemerkt dat het effect zal afhangen van de uiteindelijke locatie en inrichting.

Mitigerende Maatregelen

De experts oordelen dat extra SAR en oliebestrijdings-capaciteit de gevolgen van het stijgend aantal incidenten zal verminderen. Daarbij wordt gedacht aan extra SAR-capaciteit met een interceptor op een MPV of ETV voor acties die verder dan 40 mijl uit de kust liggen. Ook kan oliebestrijdingscapaciteit op ETV's en nieuwe Multi Purpose kustwachtschepen helpen bij kleine lozingen.

VTM kan als coördinator en communicatiecentrum een belangrijke rol spelen bij de afhandeling van SAR bij een incident. Hiervan wordt een geringe mitigerende werking verwacht.

Aanbevelingen aanvullend onderzoek

- **ETV;** De effectiviteit van een ETV om drijvende schepen te kunnen onderscheppen voordat ze een turbine raken, is erg afhankelijk van de responsetijd en dus de afstand die afgelegd moet worden naar het schip. Nader onderzoek naar de effectiviteit van ETV's in kader van het risico van aandrijven van windturbines in verschillende weersomstandigheden wordt aanbevolen.
- **SCHADEMODEL;** Door schaalvergroting van de windmolens in combinatie met de drifteigenschappen van schepen met zeer grote windvang zoals ultra grote cruise en

containerschepen wordt aanbevolen om meer onderzoek te doen naar de gevolgen van een aanvaring/aandrijving van een schip met een windturbine. Hierbij is niet alleen de schade aan de windturbine belangrijk, maar ook het risico voor bemanning en passagiers, de schade aan het schip en mogelijke milieuverontreiniging.

- **DOORVAART**; over de mate waarin doorvaart wel/niet leidt tot een verlaging van de risico's. Hierover bestaan nu op basis van de kwantitatieve en kwalitatieve analyse verschillende beelden bij. Voor een goede afweging over het wel/niet verruimen van doorvaart is het van belang dat hier meer eenheid in komt. Het is belangrijk hierbij te kijken naar de invloed van de grid grootte waarmee nu in het SAMSON-model is gewerkt. Een groter of kleiner grid heeft mogelijk een meer of minder middelend effect op de risico die binnen en buiten de parken worden berekend. In deze opdracht was het niet mogelijk met meer dan een type grid te werken.
- **VISSERIJ**; Tijdens de expertsessies is door de vissers unaniem opgemerkt dat zij verwachten dat bodemvis waarschijnlijk weinig of niet in windparken te vinden is vanwege de elektrische velden rondom de kabels en het lawaai van de windturbines. Gebaseerd op het bovenstaande is te overwegen om onderzoek te doen naar aanwezigheid van bodemvis in windparken. In dat geval ook aan de te stellen eisen en kosten om kabels te beschermen en beschermd te houden ingeval van bodem beroerende visserij. Ook zou er als alternatief onderzocht kunnen worden onder welke voorwaarden pulsvisserij in windparken wel mogelijk is, bijvoorbeeld met minder of geen bescherming van de kabels.
- **BOW TIE ANALYSE**; De complexe interactie tussen de verschillende preventieve en mitigerende maatregelen en het effect van deze maatregelen kan doormiddel van een BowTie analyse beter inzichtelijk worden gemaakt. Het is mogelijk om aan de BowTie als vervolg studie toe te voegen. Ook kan een numerieke kans aan effect van maatregelen en eventuele aanpassingen worden gekoppeld waardoor het effect van aanpassingen aan en uitbreiding van maatregelen beter inzichtelijk wordt.

MARIN
P.O. Box 28

6700 AA Wageningen
The Netherlands

T +31 317 49 39 11
E info@marin.nl

I www.marin.nl
   