



BETTER SHIPS, BLUE OCEANS

EFFECTEN OP SCHEEPVAARTVEILIGHEID BINNEN WINDPARK IJMUIDEN VER KAVEL II

Rapport nr. : 33966-2-MO-rev.1.0
Datum : 9 September 2022
Versie : Eindrapport

EFFECTEN OP SCHEEPVAARTVEILIGHEID BINNEN WINDPARK IJMUIDEN VER KAVEL II

Opdrachtgever : Pondera Consult B.V. Hengelo

Gerapporteerd door : A. Nap, K. Kauffman, Y. Koldenhof

Paraaf management



Versie	Datum	Status	Gecontroleerd door
0	20 mei 2022	Concept	H. Ammerlaan
0.2	15 juni 2022	Concept	Y. Koldenhof
1.0	9 september 2022	Definitief	S. Indah-Everts

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	7
3.3.2	Gebruikte modellen	8
3.4	Gevolgschade.....	8
3.4.1	Schade aan windturbine en schip	8
3.4.2	Bepalen van persoonlijk letsel	10
3.4.3	Kanttekeningen bij de modelering van de gevolgschade	11
3.5	Effecten voor de scheepvaart als gevolg van een wijziging in de routestructuur en cumulatieve effecten	13
4	RESULTATEN	14
4.1	Configuratie	14
4.2	Aanvaar-/ aandrijffrequenties windenergiegebied	15
4.3	Gevolgschade.....	18
4.3.1	Schade aan het schip.....	18
4.3.2	Schade aan de windturbines.....	18
4.3.3	Persoonlijk letsel	19
4.4	Effecten zichtlijnen kruisend verkeer	19
4.5	Effecten en overige risico's voor de scheepvaart als gevolg van een wijziging in de routestructuur.....	22
4.6	Het effect van het werkverkeer op het risico	23
5	MAATREGELEN.....	24
5.1	Maatregelen voor de scheepvaartveiligheid.....	24
5.1.1	AIS-basestation en VHF-antenne	24
5.1.2	Vessel Traffic Management (VTM) (bron [Ref 11.])	24
5.1.3	Aanvullende markering en identificatie windturbines in de windparken (bron [Ref 11.])	25
5.2	Mitigerende maatregelen.....	25
5.2.1	ERTV (Emergency Rescue Towing Vessel) (bron [Ref 11.])	25
5.2.2	Extra SAR-capaciteit (bron [Ref 11.]).....	25
5.2.3	Oliebestrijding (bron [Ref 11.])	25
5.2.4	Fysieke beveiliging windparken	25
6	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	26
6.1	Conclusies	26
6.2	Aanbevelingen	26

REFERENTIES 27

APPENDICES:.....	29
APPENDIX 1 RESULTATEN WINDPARK IJMUIDEN VER KAVEL II.....	A1
APPENDIX 2 SAMENVATTING SAMSON-ANALYSE WIND OP ZEE [REF 12.].....	B1
APPENDIX 3 MEMO UITGANGSPUNTEN GROEISCENARIO TOT 2030	B9

1 INTRODUCTIE

Nederland heeft ambitieuze doelstellingen geformuleerd voor het terugdringen van CO₂-emissies, en daarmee samenhangend, het produceren van duurzame energie. Belangrijke stappen zijn gezet met het Energieakkoord voor duurzame groei uit 2013. Vervolgens is met het Energierapport, de daaropvolgende Energiedialoog en de Energieagenda een basis gelegd voor het energiebeleid voor de langere termijn, richting 2050. Windenergie op zee speelt daarin een prominente rol.

Nederland heeft in dit kader het voornemen om windparken te realiseren in de kavels I, II, III en IV in het windenergiegebied IJmuiden Ver. Het gebied ligt op ongeveer 62 kilometer uit de kust in de Noordzee, ter hoogte van IJmuiden. Naar verwachting worden de windparken in de periode 2028-2029 in gebruik genomen.

De aanwezigheid van een offshore windpark heeft consequenties voor het scheepvaartverkeer nabij dit 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 een verandering van het aanvaarrisico van schepen onderling (indirect effect).

De afgelopen jaren zijn er door MARIN verschillende onderzoeken uitgevoerd naar de cumulatieve effecten van de bouw van windparken op de Noordzee. In 2019 is een eerste onderzoek uitgevoerd: "cumulatieve effecten van de uitrol van Wind op Zee 2030 op de veiligheid van de scheepvaart"[Ref 11.]. Binnen dit onderzoek zijn o.a. met behulp van het veiligheidsrekenmodel SAMSON verschillende berekeningen uitgevoerd [Ref 11.]. In 2022 is een onderzoek uitgevoerd naar de cumulatieve effecten van de verschillende routekaarten wind op zee, inclusief een doorkijk naar 2040 ([Ref 12.]). Voor de verkeersdatabase is gebruikt gemaakt van de laatstgenoemde studie, deze verkeersdatabase is gemaakt aan hand van AIS-data over 2019.

Binnen de huidige studie voor windenergiegebied IJmuiden Ver wordt, in overleg met de opdrachtgever, (Pondera Consult B.V.) en Rijkswaterstaat (RWS), gebruik gemaakt van de resultaten en conclusies van beide bovengenoemde MARIN studies. Voor een volledig beeld is de management samenvatting van de meest recentste studie in zijn geheel opgenomen in de bijlage van dit rapport (APPENDIX 2).

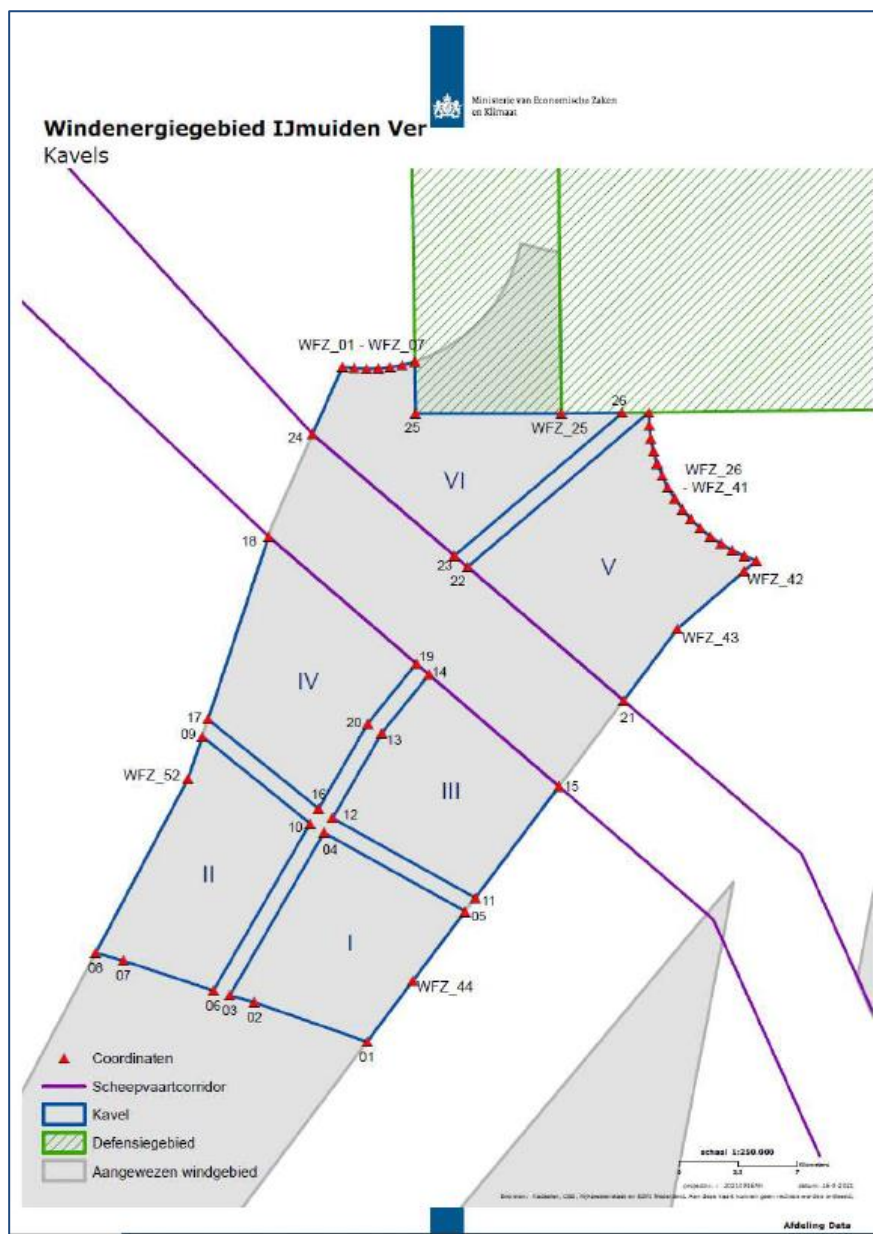
Het windenergiegebied IJmuiden Ver bestaat uit 4 verschillende kavels. Dit rapport beschrijft de veiligheidsstudie voor **Kavel II** binnen het windenergiegebied **IJmuiden Ver** die MARIN in opdracht van Pondera Consult B.V. heeft uitgevoerd. De resultaten van deze studie zullen worden verwerkt in de milieueffectrapportage (M.E.R.) Wind op zee – Kavels I - II IJmuiden Ver die door Pondera Consult B.V. wordt opgesteld. De effecten op de scheepvaartveiligheid van de andere kavels (I, III en IV) worden in separate studies onderzocht.

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.
- De resultaten van de veiligheidsstudie voor het windenergiegebied 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 en aanbevelingen van de studie.

2 DOELSTELLING

Het doel van de studie is om voor één inrichtingsvariant van **Kavel II** in windenergiegebied **IJmuiden Ver** de risico's voor de scheepvaart te bepalen (zie Figuur 2-1). Dit wordt gedaan door de aanvaar- en aandrijffrequenties van de windturbines te bepalen. Ook wordt er gekeken naar de verandering in de veiligheid als gevolg van een wijziging in de routes die schepen nemen.



Figuur 2-1 Kavels windpark 'IJmuiden Ver' (bron: Ministerie van EZK)

3 WERKWIJZE

In dit hoofdstuk wordt de generieke werkwijze bij veiligheidsstudies voor windparken beschreven. In paragraaf 3.3 worden tevens de modelinvoer en uitgangspunten uiteengezet zoals deze gebruikt worden in deze studie.

3.1 SAMSON

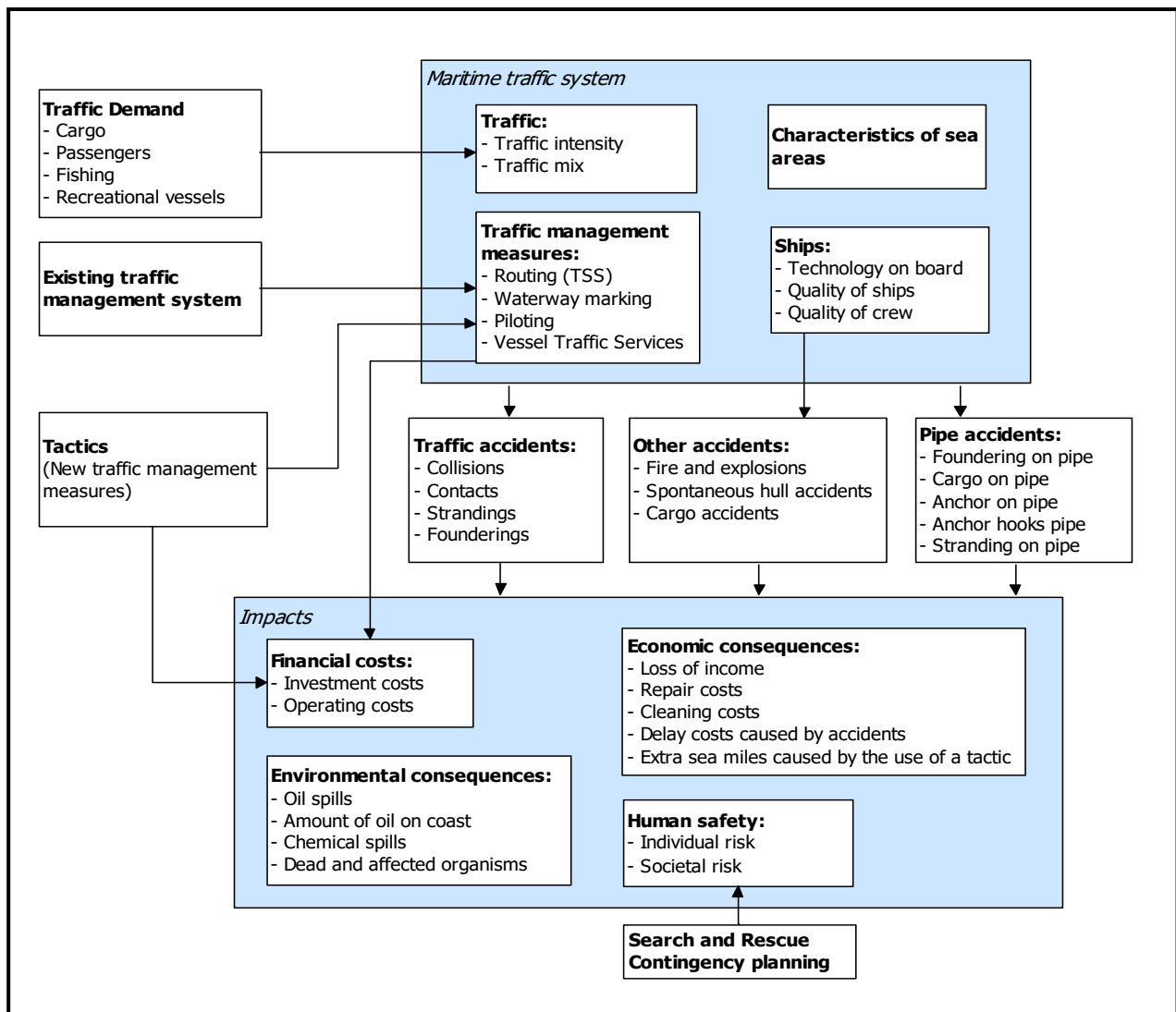
Het SAMSON-model (Safety Assessment Model for Shipping and Offshore on the North Sea) is ontwikkeld voor het voorspellen van effecten van ruimtelijke ontwikkelingen in de Noordzee, van ontwikkelingen in de scheepvaart zelf en van maatregelen ten aanzien van de scheepvaart.

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 Luchtvaart en Maritieme Zaken) 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 ongevalskansmodellen voor een aanvaring, stranding, brand/explosie etc. worden gebruikt om de ongevalsfrequentie te voorspellen gebaseerd op het verkeersbeeld. Het grote blok "Impacts" bevat de sub-blokken waarmee de consequenties bepaald worden van de ongevallen.



Figuur 3-1 Systeemdiagram SAMSON

3.2 Effect van het windpark

De aanleg van een windpark heeft gevolgen voor de scheepvaart. Een schip dat nu een route volgt door een toekomstig windpark, zal in de toekomst zijn route moeten verleggen en het windpark op minimaal 500 meter afstand passeren. Dit betekent dat dit schip **hinder** ondervindt van het windpark. Er zijn echter meer gevolgen. Doordat het schip een andere route neemt krijgen de scheepvaartroutes buiten het windpark een hogere (misschien fractioneel) intensiteit. Als gevolg van de hogere intensiteiten op deze routes is het de verwachting dat het aantal ontmoetingen en dus ook het aantal ongevallen toeneemt. 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 **ramming** 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 is 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 is de nieuwe afwikkeling van het scheepvaartverkeer voor de situatie met het windpark in SAMSON gemodelleerd. 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, met name de modellering van het routegebonden verkeer gebruikt zoals deze aangemaakt is voor een studie naar de cumulatieve effecten van alle windenergiegebieden die verwacht worden gebouwd te zijn in 2030 en met doorkijk naar 2040 [Ref 12.]. Vervolgens kunnen de ongevalskansmodellen 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 verkeersscheidingssystemen 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.

Binnen de huidige studie voor windenergiegebied IJmuiden Ver wordt in de basis gebruik gemaakt van de uitgangspunten die gebruik zijn binnen het onderzoek naar de cumulatieve effecten van wind op zee voor de versnellingsopgave 2030 met doorkijk naar 2040 [Ref 12.]. Hierbij wordt gebiedsscenario 1:

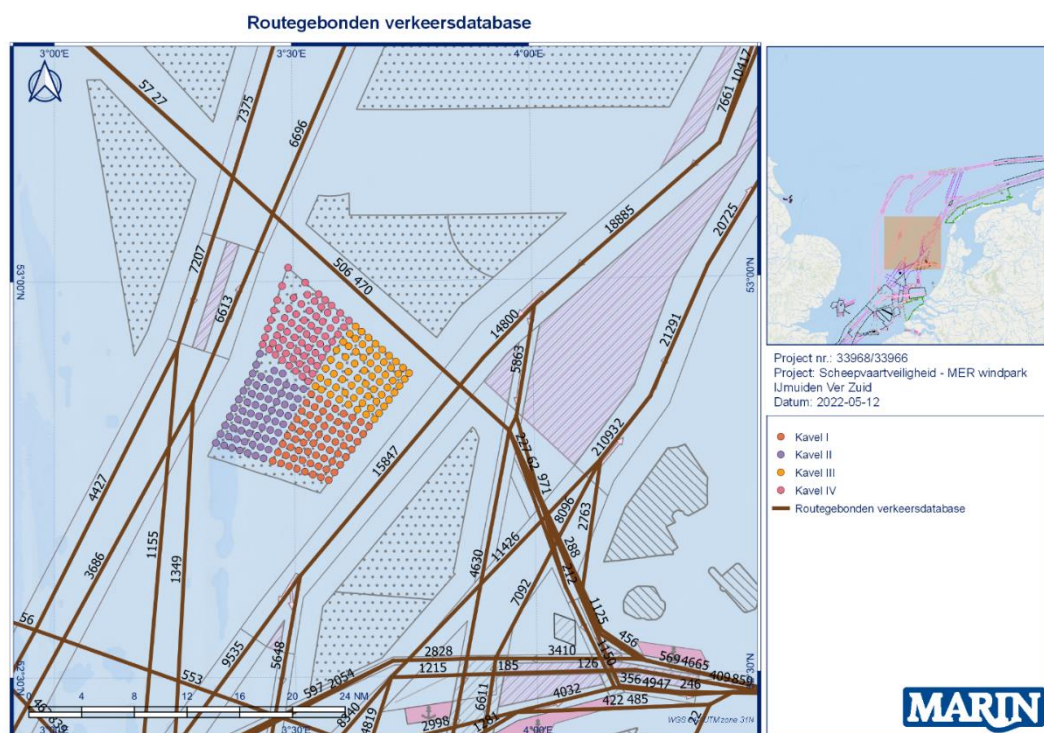
Routekaart 2030 (RK2030)¹ gehanteerd (zie APPENDIX 1) waar naast de operationele windparken PAWP¹, Luchterduinen, OWEZ² en Borssele de volgende toekomstige windparken beschouwd:

- HKN (Hollandse Kust Noord)
- HKZ (Hollandse Kust Zuid)
- HKW noordelijk en zuidelijk deel (Hollandse Kust West)
- TNW (Ten Noorden van de Waddeneilanden)
- IJmuiden Ver (zuidelijk deel)

Omdat in deze studie [Ref 12.] geen rekening is gehouden met de verkeersgroei is de verkeersdatabase gecorrigeerd met de groeicijfers zoals vastgesteld door de Erasmus Universiteit en eerder toegepast in de cumulatieve studie Wind op Zee 2030 [Ref 11.]. Details over de uitgangspunten met betrekking tot de groeicijfers staan vermeld in APPENDIX 3.

Naast het toepassen van de verwachte groeicijfers is binnen het huidige onderzoek (voor de MER) een andere inrichting van het windenergiegebied IJmuiden Ver gebruikt dat die gebruikt binnen de studie naar de cumulatieve effecten van wind op zee voor de versnellingsopgave 2030 met doorkijk naar 2040 [Ref 12.] In de studie [Ref 12.] is gebruik gemaakt van een uniform grid van turbineposities terwijl nu de “definitieve” locaties van de turbines zijn meegenomen.

Figuur 3-2 geeft de aangepaste verkeersdatabase voor het routegebonden verkeer weer zoals gebruikt is in de huidige studie.



Figuur 3-2 Verkeersdatabase routegebonden verkeer zoals gebruikt in de huidige studie (gebaseerd op de verkeersdatabase o.b.v. AIS uit 2019 gebruikt in [Ref 12.], gecorrigeerd met de groeicijfers door de Erasmus Universiteit en de definitieve locaties van de turbines)

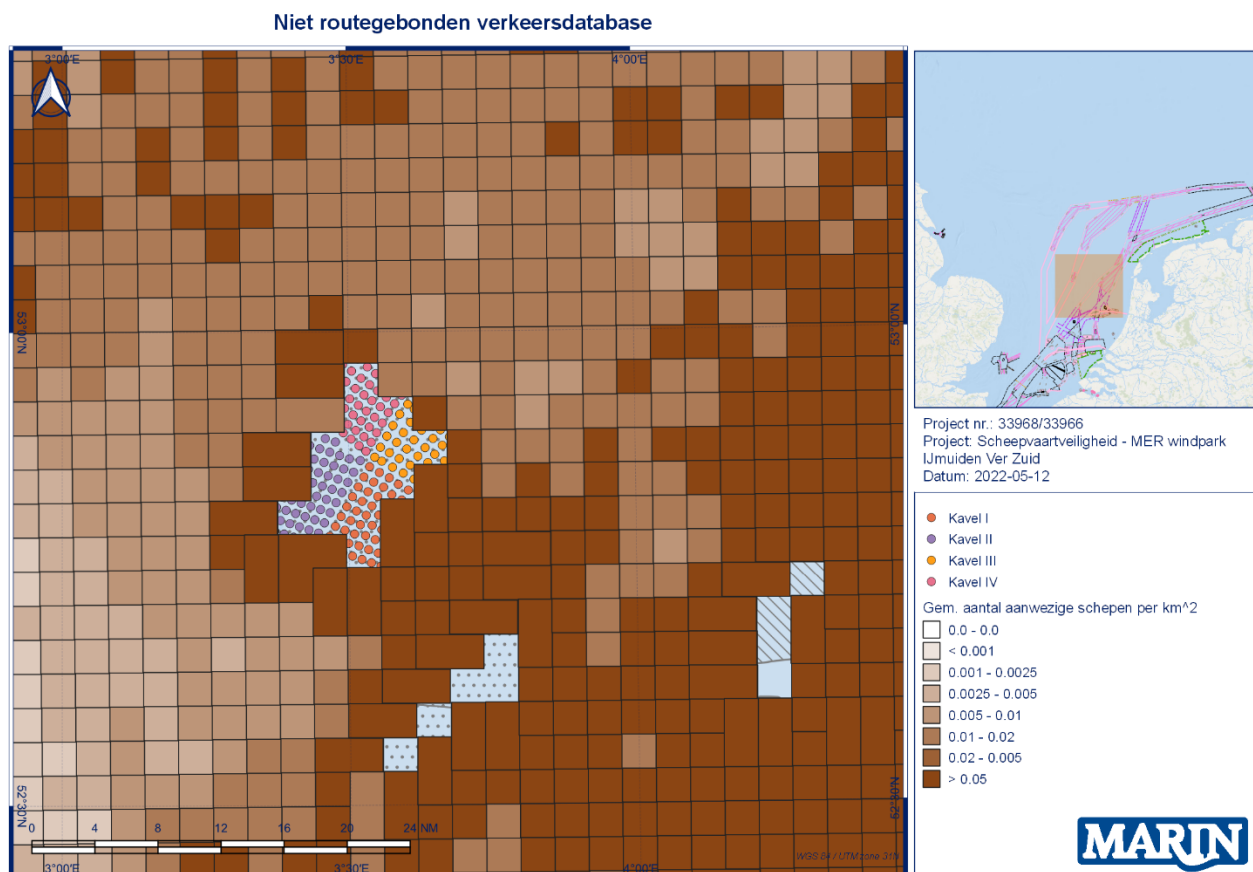
¹ PAWP: Prinses Amalia WindPark

² OWEZ: Offshore Windpark Egmond aan Zee

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 (zie Figuur 3-1).

De gemiddelde dichtheid in de 4 x 4 km gridcellen is gebaseerd op een analyse van de AIS-data over 2019. Hiervoor is gebruik gemaakt van dezelfde database als gebruikt in [Ref 12.]. Net als het routegebonden verkeer zijn ook deze cijfers gecorrigeerd met de groeicijfers als berekend door de Erasmus Universiteit Rotterdam (zie APPENDIX 3). In overleg met opdrachtgever is voor het huidige onderzoek aangenomen dat er geen sprake zal zijn van integrale doorvaart of doorvaart in passagestroken door kleinere schepen. Dit conform het vastgestelde beleid rond doorvaart dat is vastgesteld in het Programma Noordzee 2022-2027. Het verkeer dat zich eerst binnen de grenzen van het windenergiegebied bevond is verplaatst naar de randen rond het gebied, in overeenstemming met de uitgangspunten van het onderzoek naar de cumulatieve effecten van de doorkijk naar 2040 ([Ref 12.]). Daardoor hebben sommige gridcellen in Figuur 3-1 geen of erg lage dichtheid ter hoogte van windparken.



Figuur 3-1 Niet-routegebonden verkeersdatabase o.b.v. AIS-data uit 2019 [Ref 12.]

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 uitgevoerd in 2019 ([Ref 11.]) en de update van dit onderzoek met een doorkijk naar 2040 ([Ref 12.]).

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.

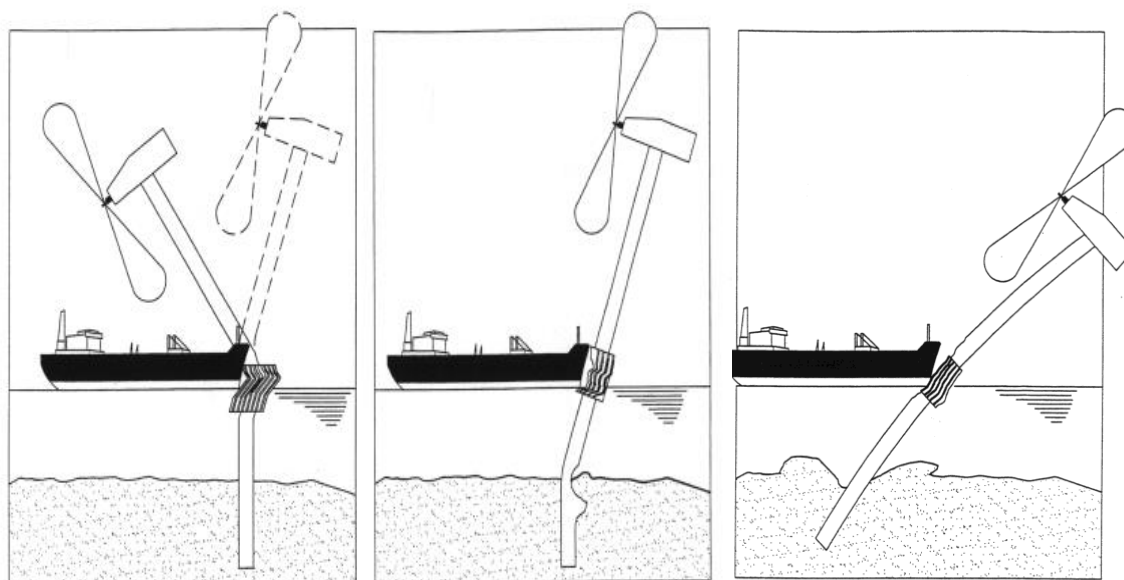
Van de schepen welke in aanvaring of aandrijving met het windpark komen is de verdeling bekend over de vaarsnelheden, vaarrichting, scheepstype en scheepsgroottes. Deze gegevens zijn voldoende om de maximale energie aanwezig in de botsing te bepalen. Deze energiemaat wordt gebruikt om deels op basis 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 3-2 Figuren van de verschillende bezwijkvormen, links betreft knikken, midden en rechts betreft scharnieren.

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 (< 5MW) 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 aangegeven ‘aandeel’ betreft de kans op een bezwijkvorm. Het bovenste deel van Tabel 3-1 geldt wanneer de turbine knikt. Kleine schepen hebben niet genoeg massa om de turbine te doen knikken. 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 uitwaaiierende voordek van het schip de energie zonder veel schade opvangen. Wel kan er schade ontstaan aan het dek, in het geval de mast en/of gondel op het dek valt.

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

Bezwijkvormen	Scheepsgrootte (GT)	Aanvaring (rammen)						Aandrijving (driften)					
		Frontaal (10%)			Schampen (90%)			Lateraal middenships (100%)			Lateraal excentrisch (0%)		
		Aan-deel	Beschadiging		Aan-deel	Beschadiging		Aan-deel	Beschadiging		Aan-deel	Beschadiging	
			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 ³	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 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.

³ GosMos = Gondel Op Schip en Mast Op Schip na plastische vervorming

- 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.

3.4.3 Kanttekeningen bij de modelering van de gevolgschade

De modellering en de schadematrix zoals hierboven beschreven in 3.4.1 en 3.4.2 geven een weergave van de modellering zoals deze tot nu toe gebruikt zijn binnen M.E.R. studies naar scheepvaartveiligheid rondom windparken, zoals windparken Hollandse Kust, Borssele en Ten Noorden van de Wadden.

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, 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. Concreet is destijds in deze studie de volgende aanbeveling 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.”

Aanvullend onderzoek naar de gevolgschade bij schip-turbine aanvaring zijn onderdeel van het Monitorings- en Onderzoeksprogramma Scheepvaartveiligheid Wind op Zee (MOSWOZ) van Rijkswaterstaat. Dit programma loopt tot 2029 en een eerste onderzoek naar de gevolgschades aan een grotere 10MW windturbine is afgerond [Ref 14.]. Opstart van vervolgonderzoek met grotere windturbines en modelvalidatie staat gepland voor halverwege dit jaar 2022. Kanttekeningen die op basis van het onderzoek uit 2020 [Ref 14.] bij de gebruikte schadematrix gemaakt kunnen worden zijn:

- Een observatie vanuit het onderzoek is dat een Kruiplijn Coaster (1550GT) zowel varende als driftend alleen voor plastische vervorming van de windturbine leidt en niet tot knikken of scharnieren. De gehanteerde schadematrix is daarmee conservatief van aard.
- Een groot driftend passagiersschip of containerschip (beide >100000GT) kunnen mogelijk onder bepaalde condities leiden tot schade aan de turbine waarbij de gondel op het schip valt.

Eliminatie van aannames en een volledig 3D FE model is nodig om hier met meer zekerheid conclusies te trekken en om te voorkomen dat deze resultaten het gevolg zijn van de beperkingen van de FE modellering. De gebruikte schadematrix voorziet momenteel niet dat driftende grote schepen kunnen leiden tot een op het schip vallende gondel.

Binnen deze studie naar de effecten op scheepvaartveiligheid van IJmuiden Ver in het kader van de M.E.R. is gekozen om geen trendbreuk met eerdere studies te laten ontstaan en met dezelfde uitgangspunten de gevolgschade te kwantificeren.

Daarom is bij de beschreven indicatieve gevolgschades in deze paragraaf aangegeven welke verwachting bestaat ten aanzien van de gekwantificeerde gevolgschade, is deze conservatief of juist niet.

Schade aan de turbine

De verwachting is dat voor de grotere 15 MW-windturbine een sterkere constructie nodig zal zijn dan bij de kleinere (<5MW) windturbines waar de schadematrix op is gebaseerd. Door de sterkere constructie van de monopile is een grotere scheepsmassa nodig om schade toe te brengen aan de windturbine. Daar waar in de schadematrix een driftend schip van 1600GT al schade zou kunnen aanbrengen verschuift deze grens naar een schip met een grotere GT. Dit wordt ook bevestigd door het onderzoek dat door HVR engineering in 2020 is uitgevoerd [Ref 14.]. De gehanteerde schadematrix is daarmee voor schade aan de turbine conservatief van aard.

Schade aan het schip

De verwachting is dat het schamen van een grotere 15 MW-windturbine wel degelijk grotere gevolgen kan hebben voor het schip. De sterkere, uitstekende constructieonderdelen van windturbines zouden de zwakkere scheepshuid kunnen doorboren. In de driftsituaties waar schade aan de scheepshuid wordt voorzien, is de verwachting dat de schade toeneemt. Afhankelijk van het type schip en locatie van de impact kunnen dit soort driftsituaties schade veroorzaken. Milieuschade door het lekragen van een brandstoftank of persoonlijk letsel wanneer bemannings- en passagiershutten zich direct achter de scheepshuid bevinden.

Uitgangspunt in de meeste onderzoeken is dat de windturbine niet operationeel is op moment dat een schip te dicht nadert. Met het in de windparken aanwezige veiligheidssysteem kan de draaiende rotor worden gestopt op moment dat een schip te dicht nadert. Falen van dit systeem wordt niet meegenomen in de omschreven kwantificering van de gevolgschade.

Persoonlijk letsel

Het uitgangspunt in deze studie en eerdere studies is dat persoonlijk letsel alleen te verwachten is wanneer de gondel met mast op het schip valt ("Gosmos" in Tabel 3-1). Daarmee wordt geen rekening gehouden met persoonlijk letsel die 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.

De verwachting is dat voor de grotere 15 MW-windturbine een sterkere constructie nodig zal zijn dan bij de kleinere (<5MW) windturbines waar de schadematrix op is gebaseerd. Door de sterkere constructie van de monopile is een grotere scheepsmassa nodig om schade toe te brengen aan de windturbine. Daar waar in de huidige schadematrix een varend schip van 1000GT al kan zorgen voor een vallende gondel op het schip, verschuift deze grens naar een schip met een grotere GT. De gehanteerde schadematrix is daarmee conservatief van aard voor persoonlijk letsel als gevolg van de vallende gondel.

Ladinguitstroom

Voor het bepalen van de uitstroom van olie en chemicaliën (stoffen die in de bulk van tankers vervoert worden en een "gevaar" kunnen vormen voor het milieu wanneer ze uitstromen) is in het verleden gebruik gemaakt van gemiddelde ladinggegevens (type stof en beladingsgraad) bepaald in 2004.

Aangenomen wordt dat de gemiddelde beladingsgraad van de schepen die olie vervoeren over de jaren heen niet significant gewijzigd is. Per jaar kan, door verschillende economische oorzaken, de gemiddelde hoeveelheid olie aan boord van schepen wel wijzigen, maar aangenomen wordt dat gemiddeld genomen de hoeveelheid olie aan boord gelijk is en afhankelijk van de scheepsgrootte.

Binnen de modelering van de uitstroom van olie en chemicaliën als gevolg van een aanvaring of aandrijving van een vast object wordt nog uitgegaan van enkelwandige tankers (worst-case), echter sinds 2018 zijn deze volledig uit gefaseerd, dit betekent dat de uitgangspunten voor dit deel van de berekeningen niet meer in lijn zijn met de huidige vloot. Wel is de gevolgschade en daarmee de geschatte ladinguitstroom in SAMSON in 2017 aangepast voor schip-schip aanvaringen op basis van MARCOL (MARin COLLision model: mathematisch modellering gevolgschade schip als gevolg van een aanvaringsscenario), dit model is echter (nog) niet geschikt te gebruiken voor de gevolgschade aan een vast object.

De verwachting bestaat dat grotere windturbines (>10MW) meer schade aan de scheepshuid kunnen veroorzaken met meer uitstroom tot gevolg. Ook dit effect is onderdeel van de aanbeveling voor vervolgonderzoek naar de gevolgen van aanvaringen en aandrijvingen van windturbines.

Op basis van bovenstaande kanttekeningen met betrekking tot de huidige modelering van de uitstroom van olie als gevolg van een aanvaring met een turbine (beladingsgraad en enkelwandige tankers) en in afwachting van de resultaten van dit onderzoek is er daarom voor gekozen de uitstroom van bunker en landing olie niet op te nemen in dit rapport. De onzekerheid over de uitgangspunten van de bestaande modellering binnen SAMSON zijn “te groot” om een betrouwbaar resultaat te geven.

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

Wanneer er binnen het beleid voor gekozen wordt om de windparken af te sluiten ontstaat een “verboden” gebied voor alle scheepvaart met uitzondering van reparatie/onderhoudsvaartuigen. Sommige schepen moeten hierdoor een andere route 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 2022 is een separate studie uitgevoerd in opdracht van RWS die de effecten op de scheepvaartveiligheid van Wind op Zee 2030 met doorkijk naar 2040 in kaart gebracht heeft [Ref 12.]. Hierbij zijn berekeningen uitgevoerd om het aantal aanvaringen tussen schepen, aanvaringen met platformen en windturbines te bepalen. Voor het bepalen van de effecten voor de scheepvaart als gevolg van de wijzigingen in de routestructuur wordt binnen deze huidige studie voor IJmuiden Ver gebruik gemaakt van de resultaten van deze cumulatieve studie.

Daarnaast is in 2020 een separate studie uitgevoerd naar de effecten van het gebruik van passagestroken in plaats van integrale doorvaart ([Ref 12.]). De conclusies hierbij was dat de aanvaar- en aandrijffrequentie voor, met name het niet-routegebonden verkeer afnemen bij het gebruik van passage stroken in plaats van integrale doorvaart.

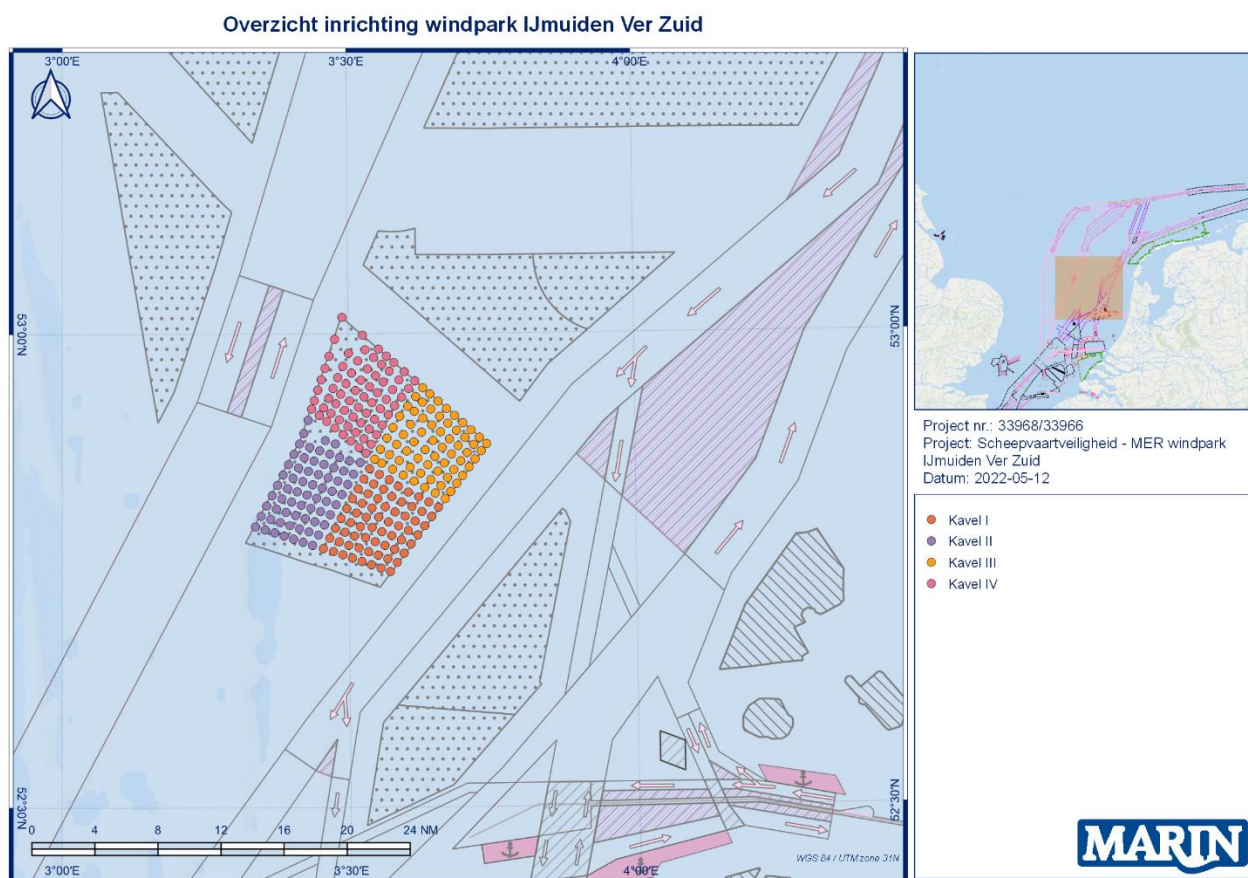
4 RESULTATEN

In 4.1 worden eerst de configuratie beschreven, gevolgd door de aanvaar- en aandrijffrequenties en de gevolgschade. Gedetailleerde resultaten van de kavel wordt gegeven in APPENDIX 1.

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 paragraaf 4.3.

4.1 Configuratie

In overleg met de opdrachtgever is in deze studie één inrichtingsvariant doorgerekend voor windturbines geplaatst op een monopile met een vermogen van 15 MW. De diameter van de palen zijn 9 meter en die van de rotor 236 meter.



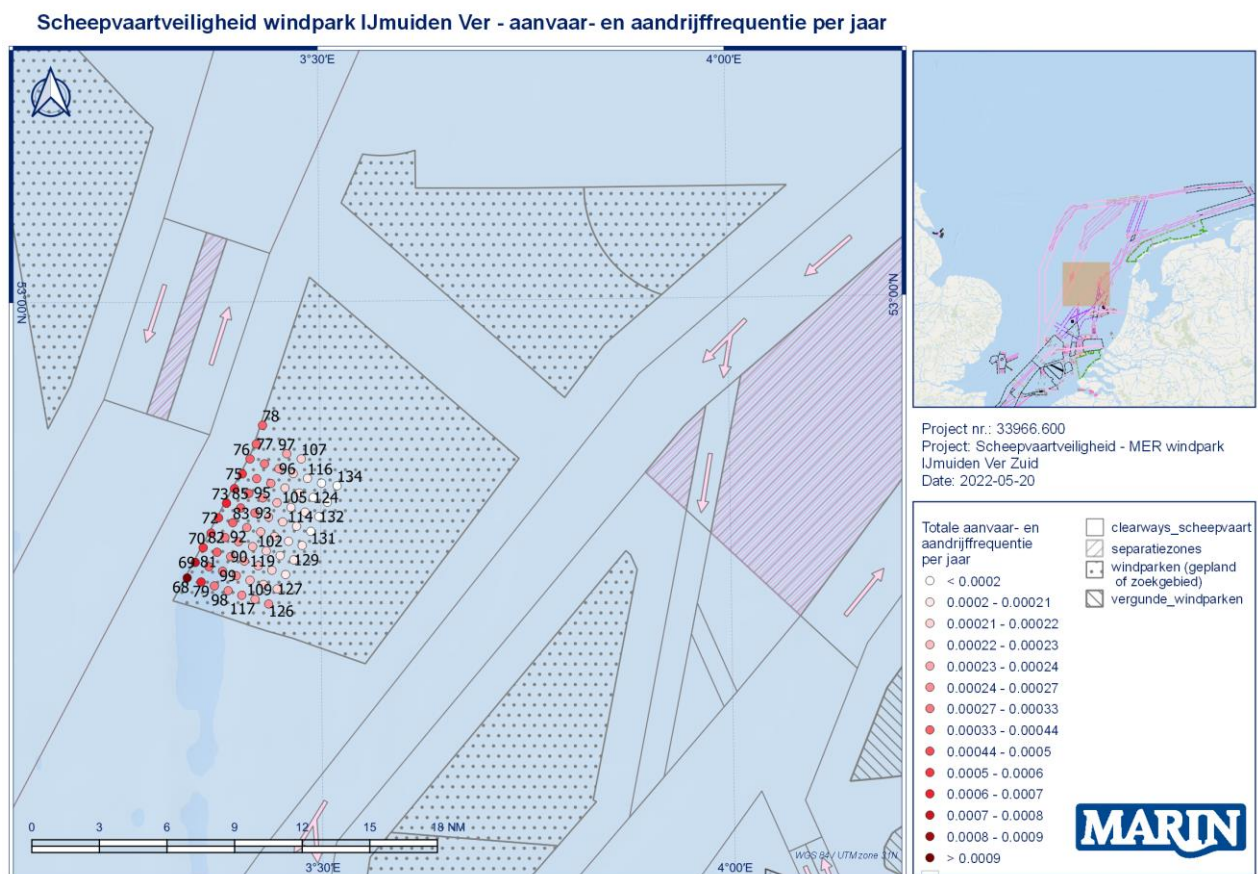
Figuur 4-1 Overzicht van de inrichting van windpark IJmuiden Ver

4.2 Aanvaar-/ aandrijffrequenties windenergiegebied

Door de aanwezigheid van het windpark 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 de modelering wordt rekening gehouden met de mogelijkheid dat 1 schip meerdere turbines raakt.

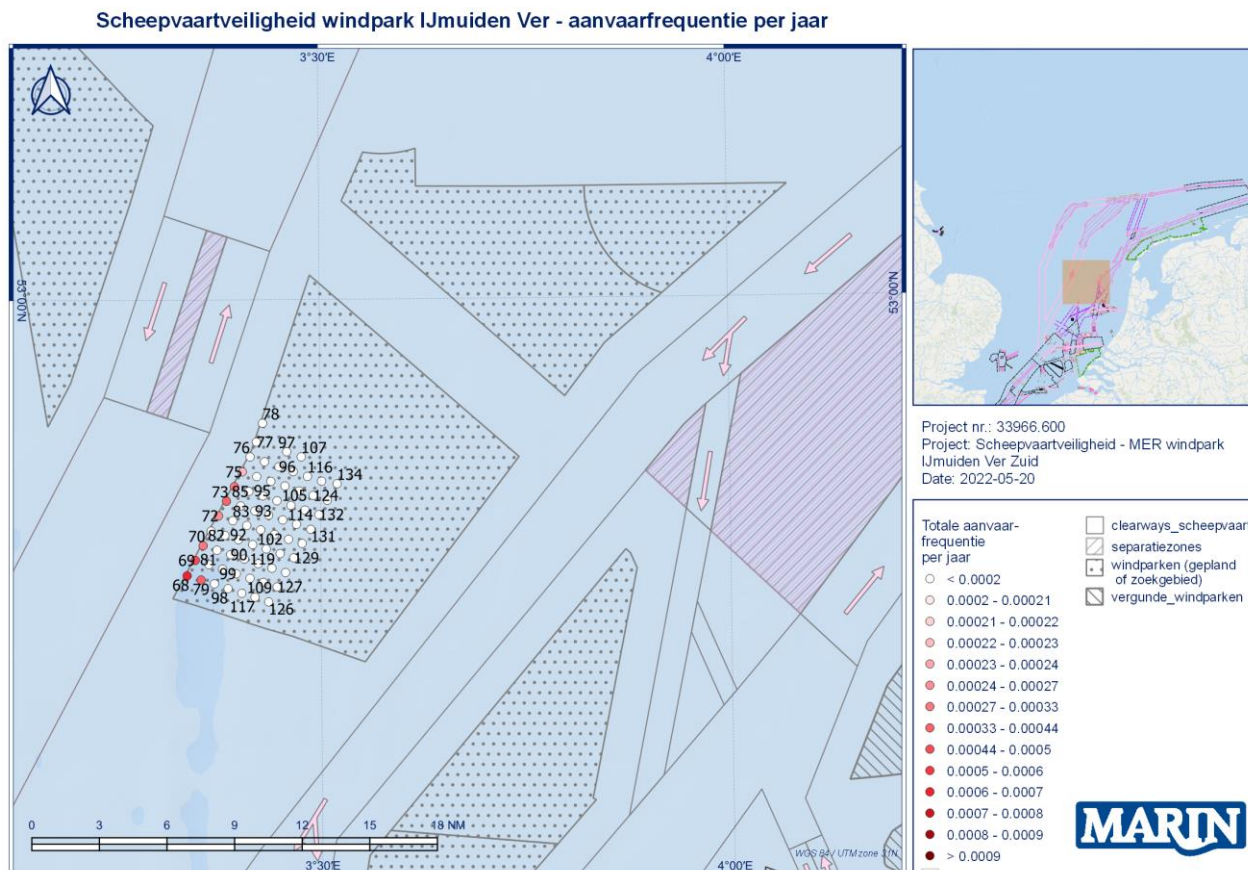
In Tabel A1-1 van de APPENDIX 1 staan de aanvaar- en aandrijffrequenties per windturbine door alle schepen.

In Figuur 4-1 zijn grafisch de individuele aanvaar- en aandrijffrequenties voor alle turbines weergegeven. De getallen naast de turbines betreft de turbine nummering. Uit de tabellen en de verschillende figuren blijkt dat de windturbines in de (zuid)westelijke punt van de kavel relatief de hoogste aanvaar- en aandrijffrequentie hebben. Dit wordt grotendeels veroorzaakt door de VSS-verkeerroute aan de westzijde van de locatie in combinatie met de routes aan de zuidkant.

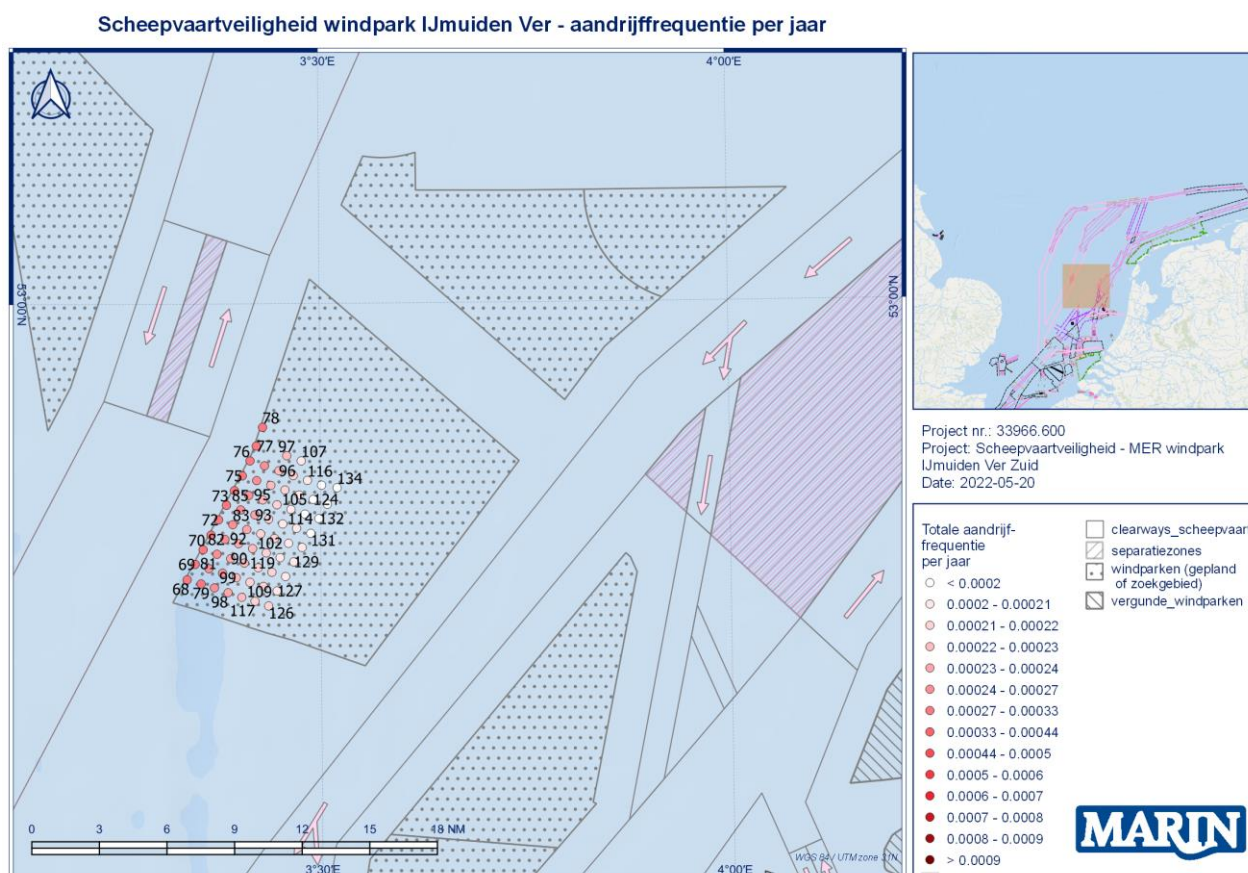


Figuur 4-1 Verwachte aanvaarfrequentie/rammen en aandrijffrequentie/driften per turbine

In Figuur 4-2 en Figuur 4-3 wordt de kans voor respectievelijk aanvaren en aandrijven gepresenteerd per turbine. Zichtbaar is dat zowel de kans op aandrijven als de kans op aanvaren met name gelieerd is aan het verkeer op het VSS aan de (zuid)westzijde van het windpark.



Figuur 4-2 Verwachte aanvaarfrequentie/rammen per turbine



Figuur 4-3 Verwachte aandrijffrequentie/driften per turbine

Tabel 4-1 bevat de kans op een aanvaring/aandrijving per jaar, gesommeerd over alle windturbines. Hierbij zijn dus de totale aanvaar- en aandrijffrequentie weergegeven door zowel route- als niet-routegebonden verkeer. De totale aanvaar- en aandrijffrequentie voor de kavel is 0,0202, dit is equivalent aan eens per 49 jaar. In de tabel zijn ook de aanvaar- en aandrijffrequenties weergegeven voor het gehele wind energiegebied IJmuiden Ver (270 turbines).

Tabel 4-1 Verwacht aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar voor het windenergiegebied

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		
IJmuiden Ver totaal	270	0.0097	0.0155	0.0252	0.0587	0.0020	0.0608	0.0860	12
Kavel II	67	0.0024	0.0023	0.0047	0.0151	0.0004	0.0155	0.0202	49

Omdat de kansen ook afhangen van het aantal turbines, zijn in Tabel 4-2 de gemiddelde kansen per turbine gegeven. Hieruit blijkt dat de gemiddelde kans op aanvaring/aandrijving per turbine 0,000302 bedraagt, oftewel eens per 3314 jaar. In de tabel zijn ook de frequenties gegeven voor de turbine met de hoogste en laagste totale frequentie om de totale spreiding weer te geven. De totale frequentie voor aanvaringen plus aandrijvingen van de individuele turbines varieert tussen de eens in de 1048 jaar en 5209 jaar.

Wanneer de gemiddelde frequenties per turbine worden vergeleken met het gemiddelde over de kavels I-IV dan is de gemiddelde frequentie per turbine voor kavel I lager dan de gemiddelde frequentie per turbine voor alle vier de kavels.

Tabel 4-2 Verwacht aantal aanvaringen/aandrijvingen gemiddeld per turbine voor kavel II

Variant	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		
Gemiddeld alle turbines windpark	270	3.60E-05	5.72E-05	9.32E-05	2.18E-04	7.58E-06	2.25E-04	3.18E-04	3141
Gemiddeld alle turbines kavel	67	3.56E-05	3.45E-05	7.01E-05	2.25E-04	6.71E-06	2.32E-04	3.02E-04	3314
Turbine met maximale frequentie	Nr:68	4.05E-04	2.40E-04	6.45E-04	2.98E-04	1.15E-05	3.09E-04	9.54E-04	1048
Turbine met minimale frequentie	Nr:134	6.81E-07	4.25E-08	7.23E-07	1.87E-04	4.59E-06	1.91E-04	1.92E-04	5209

De turbine met de hoogste aanvaar- en aandrijfkans is turbine 68, dit is de turbine op de zuidwest hoek van de kavel.

Ten opzichte van de totale kans op aanvaar- en aandrijven is de kans op aandrijven (driften) is 73% en de kans op aanvaren (rammen) 27%. De kans op aandrijven wordt met name veroorzaakt door schepen in de categorieën olietankers, chemicaliën en GDC.

4.3 Gevolgschade

Deze paragraaf betreft de beschrijving van de uitkomsten van een kwantitatieve analyse naar de gevolgschade. Een nadere toelichting van en de aandachtspunten bij deze kwantificering van de gevolgschade wordt gegeven in paragraaf 3.4. Waar de gegeven aandachtspunten leiden tot een verwachte afwijking van de uitkomsten zal dat hier worden benoemd.

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 1. 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 4-3 wordt voor het kavel het aandeel per scheepstype en per type schade in de totale frequentie gegeven. Zo is bijvoorbeeld te zien dat in circa 25% van de aanvaringen of aandrijvingen met een turbine er sprake is van schade aan de scheepshuid van een olietanker.

Onderstaande tabel geeft het aandeel in de aanvarings- of aandrijvingsfrequentie aan, waarbij het totaal aantal schepen 100% is. Dit houdt in dat er in circa 87% van de aanvaringen of aandrijvingen door alle scheepstypen schade aan de scheepshuid optreedt.

Tabel 4-3 Aandeel in de totale aanvarings- of aandrijvingsfrequentie per variant, per scheepstype en soort schade

Scheepstype	IJmuiden Ver Kavel II			
	Soort schade			Totaal
	GosMos ⁴	schade aan scheepshuid	geen schade	
Olietanker	0.5%	25.1%	0.0%	25.6%
Chemicaliëntanker	0.1%	17.7%	0.0%	17.8%
Gastanker	0.1%	5.9%	0.0%	6.0%
Container+ RoRo	0.1%	12.8%	0.0%	12.9%
Ferry	0.0%	2.0%	0.0%	2.0%
Overige R-schepen	0.2%	21.3%	0.4%	21.9%
N-schepen	0.1%	1.8%	11.8%	13.7%
Alle schepen	1.2%	86.5%	12.2%	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 types is voor het gehele windpark gesommeerd weergegeven in Tabel A1-4 in de APPENDIX 1. In Tabel 4-4 is per type gevolgschade het aandeel in de totale aanvarings- en aandrijvingsfrequentie gegeven. Hieruit blijkt bijvoorbeeld dat voor circa 28% van de aanvaringen of aandrijvingen de turbine als gevolg ervan scheef staat.

⁴ Gondel en mastdeel vallen op schip na plastische vervorming

De verwachting bestaat gezien de kanttekeningen in paragraaf 3.4.3 dat de kans op een schip-turbine aanvaring waarbij geen schade aan de turbine ontstaat zal toenemen en daarmee de kans op een scheve en/of omgevallen turbine zal afnemen.

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

	Kavel II	
Schade aan turbine	Aantal per jaar	Aandeel in frequentie
Geen	0.002473	12%
Scheef	0.005702	28%
Omvalen	0.011791	58%
GosMos	0.000250	1%
Totaal	0.020216	100%

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.

Figuur A1-1 bevat nogmaals de aanvaringsfrequenties. 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 205 MJ samen met de y-as. Dit betekent dat er nooit aandrijvingen met een impact van meer dan 205 MJ plaatsvinden. De blauwe en grijze lijn vallen vanaf dat energieniveau samen. Alleen aanvaringen hebben dus een impact van meer dan 205 MJ.

4.3.3 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 A1-6 is voor het gehele kavel een overzicht gegeven van het aantal directe doden als gevolg van het op het dek vallen van de gondel en de mast.

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 IJmuiden Ver was er nog onvoldoende kennis beschikbaar voor een goede kwantitatieve beschouwing van de gevolgen anders dan het letsel als gevolg van een vallende gondel en mast op het schip.

4.4 Effecten zichtlijnen kruisend verkeer

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 kunnen dit zicht belemmeren. 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 deze paragraaf 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 in het verleden een willekeurig windpark⁵ 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. De simulatorrun was zo samengesteld dat wanneer beide schepen niets zouden doen er een aanvaring zal plaatsvinden. Dit snijpunt van de kruisende koerslijnen wordt verder ‘kruispunt’ genoemd. De navigator heeft alle navigatiemiddelen (met uitzondering van AIS) ter beschikking. Het windpark en de verstoring van het windpark op achterliggende objecten, zijn gemodelleerd. De vraag was of de navigator in staat was om het andere kleine (om het probleem te vergroten), voor werkvaart representatieve, schip vroegtijdig te signaleren, de koers en snelheid van dit schip te bepalen en eventueel een manoeuvre in te zetten om de aanvaring te voorkomen.

Er is specifiek voor dit “worst-case” scenario gekozen omdat een schip in de ontmoetingssituatie, om een aanvaring te voorkomen, in eerste instantie naar stuurboord zal uitwijken. Hier doet zich dan een probleem voor omdat het windpark zich aan deze kant bevindt. Figuur 4-4 en Figuur 4-5 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 4-4 is nog geen tweede schip te zien en in Figuur 4-5 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.

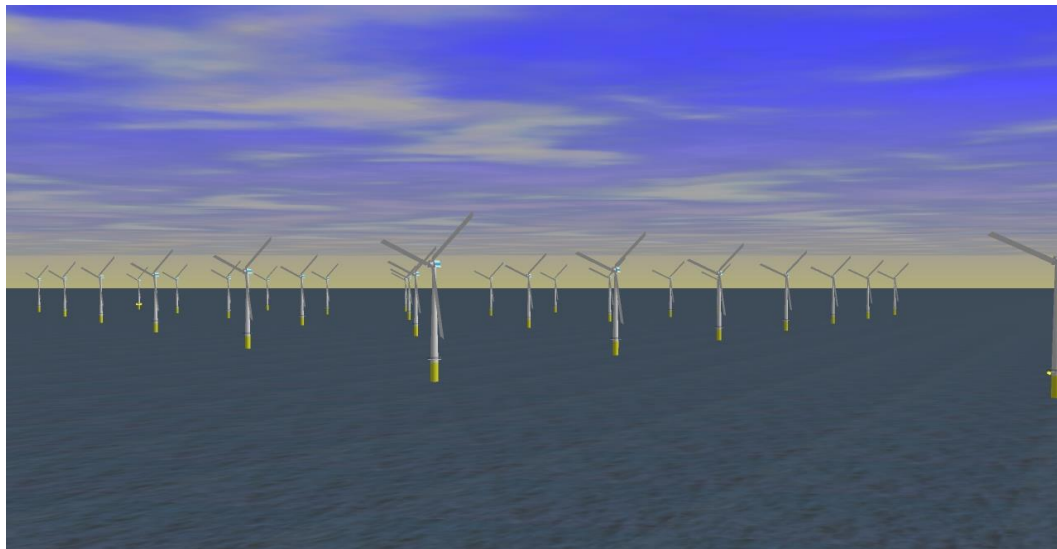
Voor dit scenario zijn de volgende parameters gevarieerd:

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

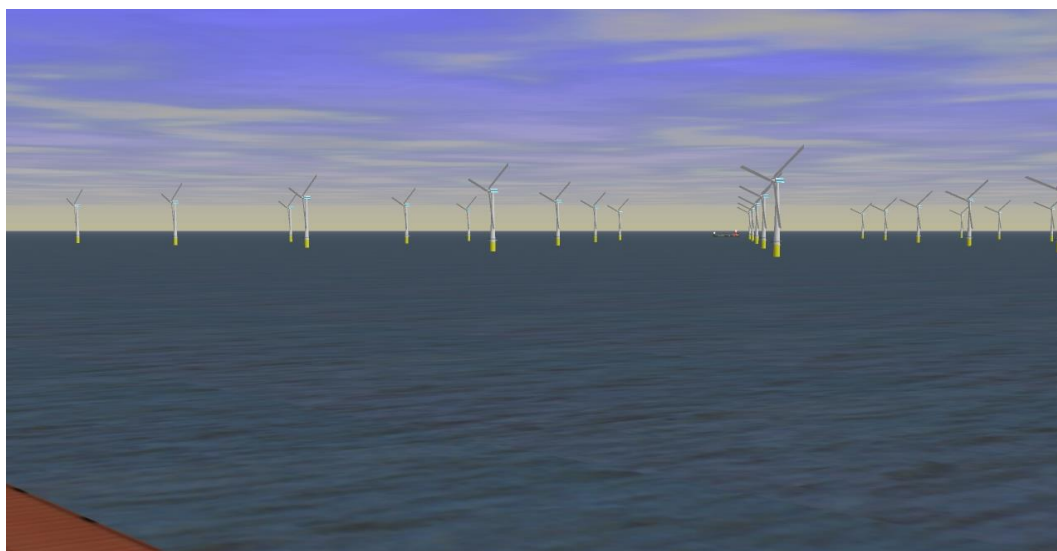
Op de simulator zijn drie windparken gemodelleerd:

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°.

⁵ Het gaat hier om een willekeurig windpark en niet het specifieke windpark dat in deze studie wordt onderzocht.



Figuur 4-4 Windpark gezien vanaf het eigen schip



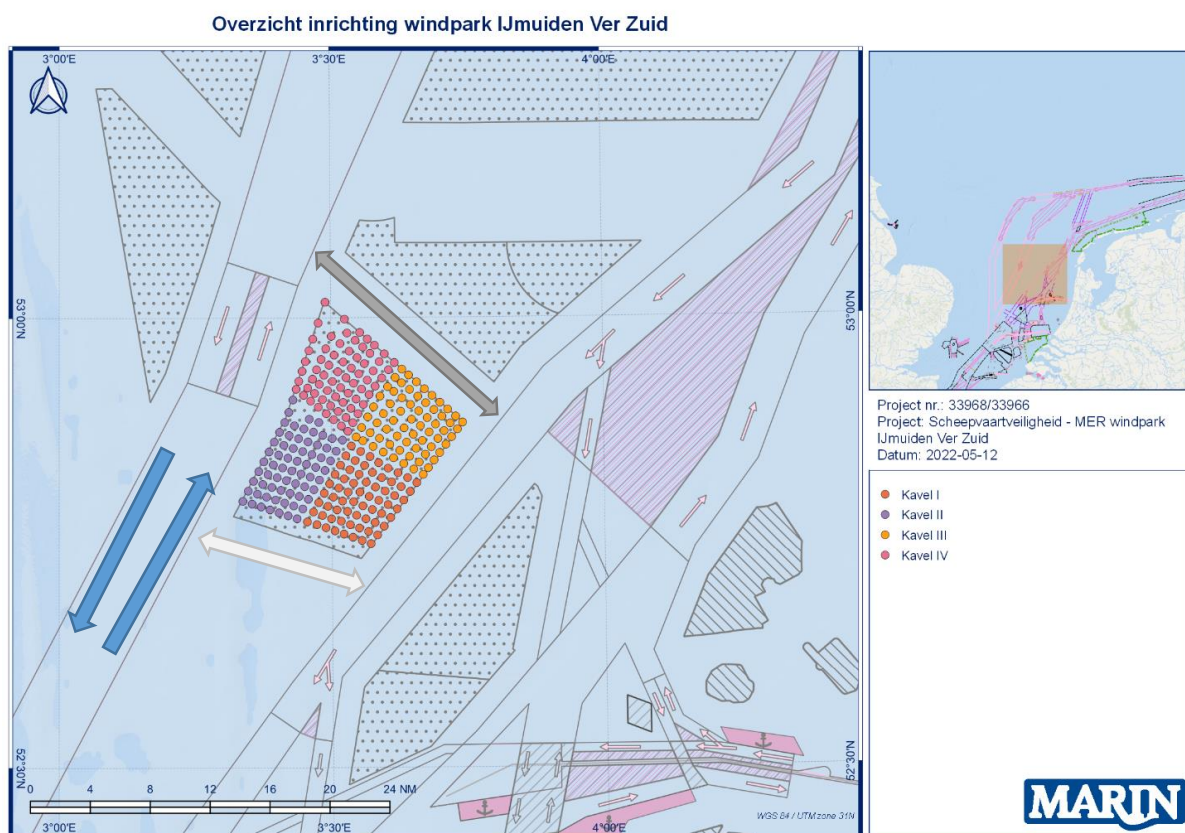
Figuur 4-5 Windpark gezien vanaf het schip met een klein schip in het buitenbeeld

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.

Wanneer specifiek naar de situatie rond IJmuiden Ver – Kavel II gekeken wordt is zichtbaar dat, gelet op de verschillende verkeerroutes en verkeersstromen rond het park er weinig tot geen situaties zijn waarbij het Kavel II de zichtlijnen beïnvloedt. Aangenomen is dat er geen directe doorvaart door het windenergiegebied plaats mag vinden. Wel is er bestemmingsverkeer/werkvaart te verwachten. Dit betreft naar verwachting goed manoeuvreerbare schepen waarvoor de 2nm tot de VSS, en 500m tot overige niet-routegebonden verkeer, voldoende is qua zicht.

Aan de zuidkant van Kavel II kunnen (niet-routegebonden) schepen passeren in westelijke richting, deze zullen aan de zuidwestkant van het park de VSS kruisen, het windpark (Kavel II) vormt ook in dit geval geen directe zicht belemmering. Voor de schepen in oostwaartse richting is belemmering van het zicht door windturbines binnen Kavel II niet van toepassing.



Figuur 4-6 Verkeersstromen rond Kavel II

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

De afgelopen jaren zijn er verschillende onderzoeken uitgevoerd naar de cumulatieve effecten van de bouw van windparken op de Noordzee. In 2019 is een eerste onderzoek uitgevoerd: “cumulatieve effecten van de uitrol van Wind op Zee 2030 op de veiligheid van de scheepvaart” [Ref 11.]. Binnen dit onderzoek zijn met behulp van SAMSON verschillende berekeningen uitgevoerd [Ref 11.]. In 2021/2022 is een onderzoek uitgevoerd naar de cumulatieve effecten van de verschillende routekaarten wind op zee, inclusief een doorkijk naar 2040 ([Ref 12.]). Bij dit onderzoek zijn andere uitgangspunten gebruikt onder andere m.b.t. het doorvaart beleid. Bij het opstellen dan deze rapportage (IJmuiden Ver) is het rapport voor het onderzoek naar de doorkijk 2040 nog niet definitief goedgekeurd.

Om de effecten voor de scheepvaart als gevolg van de wijziging in de routestructuur te bepalen is binnen deze studie voor IJmuiden Ver – Kavel II gebruik gemaakt van de resultaten en conclusies van deze beide onderzoeken.

In APPENDIX 2 is de management samenvatting van het meest recentste onderzoek ([Ref 12.]) opgenomen. Op basis van beide onderzoeken kan geconcludeerd worden dat het cumulatieve effect van de verschillende windparken beperkt is op het aantal verwachte schip-schip aanvaringen. Wel is er een aanzienlijk effect op de kans op schip-turbine aanvaringen.

Vanuit het meest recente onderzoek (waarbij aangenomen is dat er geen doorvaart in de windparken plaatst zal vinden) is de totale verwachte aanvaar- en aandrijffrequentie (met een turbine) voor het scenario RK2030 (1281 turbines) 0,56 per jaar (eens in de 1,8 jaar). Voor het scenario RK2030+ waarbij de versnelling is mee genomen loopt deze frequentie op naar 0,987 (eens in de 1,0 jaar).

Door de ligging van IJmuiden Ver (gehele gebied) ten opzichte van de bestaande vaarbanen (VSS) heeft de aanleg van het windpark niet tot nauwelijks invloed op de route structuur op de Noordzee.

De algemene conclusies voor de effecten voor de scheepvaart als gevolg van wijziging van de routestructuur door IJmuiden Ver – is dat dit effect klein is.

4.6 Het effect van het werkverkeer op het risico

Binnen deze studie is, net als bij de in 2019 uitgevoerde studie naar cumulatieve effecten [Ref 11.], rekening gehouden met extra werkverkeer door de bouw van de windparken, de effecten van dit extra verkeer zijn dus meegenomen in de kwantitatieve analyse uitgevoerd met SAMSON

In APPENDIX 3 zijn de uitgangspunten toegelicht ten aanzien van verkeersgroei waaronder de verwachte groei van werkvaart. Voor windpark IJmuiden Ver is uitgegaan van het moederschipsscenario dat met een frequentie van 1x per week naar het windpark vaart en terug.

Een opmerking hierbij is dat de extra scheepsbewegingen die hierboven genoemd worden zijn het gemiddeld aantal verwachte scheepsbewegingen. Het aantal bewegingen zullen in de praktijk minder gelijkmatig verspreid zijn in de tijd, waardoor tijdelijke “pieken” in intensiteit in tijd en locatie plaats zullen vinden.

5 MAATREGELEN

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 en relevant zijn wanneer naar het totaal plaatje van alle parken bij elkaar gekeken wordt. Voor “slechts” één park zijn sommige maatregelen wellicht minder relevant maar moeten worden gezien in het groter perspectief van het borgen van de scheepvaartveiligheid op de Noordzee. Een aantal relevante voorgestelde maatregelen is hieronder overgenomen.

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. Om dit te voorkomen is de aanbevolen maatregel om het windpark uit te rusten 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 VSS 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 (o.a. radar, AIS, VHF) 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 ERTV (Emergency Rescue 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 (ERTV, Emergency Rescue Towing Vessel) wordt naar een drifter gestuurd zodra er een melding binnenkomt bij de Kustwacht. Een dergelijke ERTV 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 ERTV'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 ERTV's weinig effect sorteren voor schepen die dicht bij windturbineparken een stuurfout maken dan wel kampen met technisch falen. Dan is de beschikbare responsetijd te kort. Wel zou een ERTV 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 ERTV's dat nodig is en dus ook op de kosten voor ERTV's. Het gebruik van ERTV'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 ERTV'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 ERTV en MPV uit te rusten met bestrijdingsmiddelen.

5.2.4 Fysieke beveiliging windparken

MARIN doet momenteel onderzoek in het open innovatieproject 'Vangrails op Zee' naar een barrière als een van de mogelijke mitigerende maatregelen voor het voorkomen van aandrijvingen met offshore windparken. Doel hierbij is om te onderzoeken of aandrijvingen tussen schepen en offshore energieparken voorkomen kunnen worden met een barrière tussen de vaarroute (of ankergebied) en een energiepark.

6 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

6.1 Conclusies

Voor Kavel I-IV van windenergiegebied IJmuiden Ver zijn berekeningen uitgevoerd naar de aanvaar- en aandrijffrequenties van de turbines. Als uitgangspunt voor de berekeningen is de verkeersdatabase gebruikt die is aangemaakt voor de meest recentste MARIN studie naar de cumulatieve effecten van wind op zee voor de versnellingsopgave 2030 met doorkijk naar 2040 [Ref 12.]. Omdat binnen dit onderzoek geen rekening is gehouden met verkeersgroei tot 2030 is deze verkeersdatabase aangepast met de geprognostiseerde groeicijfers zoals die ook gebruikt zijn in eerdere studies en MER-procedures.

Belangrijk uitgangspunt in deze verkeersdatabase is dat wordt uitgegaan van geen integrale doorvaart of doorvaart in passages in IJmuiden Ver. Alle passerend verkeer vaart dus langs het windpark. Alleen bestemmingsverkeer (werkvaart) zal in de toekomst binnen het park varen, maar deze schepen zijn niet mee genomen in de analyse.

Tabel 6-1 geeft de totale aanvaar- en aandrijffrequenties, Voor Kavel II is dit eens in de 49 jaar. De gemiddelde aanvaar- en aandrijffrequentie ligt voor deze kavel iets lager dan de gemiddelde frequentie per turbine voor alle vier de kavels binnen IJmuiden Ver. De aandrijffrequentie is beduidend hoger dan de aanvaarfrequentie, waarbij de turbines langs de VSS aan de westzijde van het park zowel de hoogste aandrijf- als aanvaarfrequentie hebben. De kans op aandrijven wordt met name veroorzaakt door schepen in de categorieën olietankers, chemicaliën en GDC.

Tabel 6-1 Verwacht aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar voor het windenergiegebied

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		
IJmuiden Ver totaal	270	0.0097	0.0155	0.0252	0.0587	0.0020	0.0608	0.0860	12
Kavel II	67	0.0024	0.0023	0.0047	0.0151	0.0004	0.0155	0.0202	49

6.2 Aanbevelingen

Wat betreft preventieve en mitigerende maatregelen zijn er geen nieuwe inzichten ten opzichte eerdere uitgevoerde windparkstudies. Details over deze maatregelen staan vermeld in hoofdstuk 5.

Huidige resultaten zijn op basis van het huidige beleid om geen integrale doorvaart toe te staan. Indien er in de toekomst wordt besloten om toch integrale doorvaart of medegebruik in Kavel III van IJmuiden Ver toe te staan, zal deze studie heroverwogen dan wel aangepast moeten worden.

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
Comprimo 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
- [Ref 12.] Y. Koldenhof
SAMSON-analyse Wind op Zee; versnellingsopgave 2030 met doorkijk naar 2040
MARIN, 31797-1-MO-rev.1.0, augustus 2022
- [Ref 13.] H. Huisman, Y. Koldenhof
FSA Routing Baltic
MARIN, 32774-1-MO-rev,1,0, 29 oktober 2021
- [Ref 14.] J.H.A. van Rooij
Investigation of ship impact against wind turbine foundations in the Dutch part of the North Sea
HVR engineering, 081.R030.M006, 9 december 2020

APPENDICES

APPENDIX 1 RESULTATEN WINDPARK IJMUIDEN VER KAVEL II

Tabel A1-1 Locatie, aanvaar- en aandrijfkansen per turbine voor alle verkeer voor Kavel II

Windturbine	Rammen		Driften		Totaal	Eens in de ... jaar
	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
kavel2_wt68	4.0468E-04	2.4025E-04	2.9755E-04	1.1460E-05	9.5394E-04	1048
kavel2_wt69	2.8729E-04	1.5309E-04	2.8941E-04	1.0536E-05	7.4033E-04	1351
kavel2_wt70	2.0115E-04	8.1175E-05	2.8331E-04	9.2081E-06	5.7485E-04	1740
kavel2_wt71	1.4037E-04	4.0464E-05	2.7500E-04	8.4013E-06	4.6423E-04	2154
kavel2_wt72	1.0469E-04	1.6221E-04	2.7468E-04	9.2775E-06	5.5086E-04	1815
kavel2_wt73	8.6753E-05	2.6713E-04	2.7057E-04	1.0453E-05	6.3491E-04	1575
kavel2_wt74	7.8195E-05	2.2910E-04	2.6804E-04	1.0308E-05	5.8564E-04	1708
kavel2_wt75	6.8159E-05	1.5855E-04	2.6665E-04	1.0031E-05	5.0339E-04	1987
kavel2_wt76	5.8015E-05	8.5168E-05	2.6481E-04	8.8921E-06	4.1689E-04	2399
kavel2_wt77	4.7491E-05	3.6580E-05	2.6399E-04	8.3602E-06	3.5642E-04	2806
kavel2_wt78	4.7738E-05	7.5699E-05	2.6721E-04	8.4959E-06	3.9915E-04	2505
kavel2_wt79	2.3360E-04	1.1171E-04	2.6552E-04	9.7100E-06	6.2054E-04	1611
kavel2_wt80	1.0424E-04	3.8285E-05	2.5771E-04	8.4560E-06	4.0869E-04	2447
kavel2_wt81	5.9164E-05	1.3243E-05	2.5265E-04	7.2867E-06	3.3234E-04	3009
kavel2_wt82	4.1878E-05	1.9217E-05	2.4622E-04	7.1480E-06	3.1447E-04	3180
kavel2_wt83	3.3819E-05	7.2606E-05	2.4571E-04	7.5830E-06	3.5972E-04	2780
kavel2_wt84	2.9751E-05	1.5288E-04	2.4378E-04	8.5406E-06	4.3495E-04	2299
kavel2_wt85	2.6928E-05	9.8380E-05	2.4020E-04	8.3629E-06	3.7387E-04	2675
kavel2_wt86	2.5795E-05	3.1895E-05	2.3956E-04	7.6860E-06	3.0494E-04	3279
kavel2_wt87	2.4209E-05	1.0385E-05	2.3768E-04	6.8789E-06	2.7915E-04	3582
kavel2_wt88	4.8386E-05	2.4462E-05	2.4130E-04	7.9171E-06	3.2207E-04	3105
kavel2_wt89	2.8600E-05	7.9948E-06	2.3661E-04	7.2774E-06	2.8048E-04	3565
kavel2_wt90	1.9516E-05	3.9617E-06	2.3175E-04	6.5656E-06	2.6179E-04	3820
kavel2_wt91	1.5239E-05	5.3931E-06	2.2850E-04	6.1406E-06	2.5527E-04	3917
kavel2_wt92	1.2435E-05	2.3250E-05	2.2538E-04	6.4489E-06	2.6751E-04	3738
kavel2_wt93	1.0996E-05	3.1886E-05	2.2461E-04	6.5062E-06	2.7400E-04	3650
kavel2_wt94	1.0356E-05	1.1797E-05	2.2326E-04	6.3876E-06	2.5180E-04	3971
kavel2_wt95	9.7760E-06	4.4337E-06	2.2121E-04	6.0546E-06	2.4147E-04	4141
kavel2_wt96	9.3816E-06	2.1105E-06	2.1841E-04	5.8147E-06	2.3571E-04	4242
kavel2_wt97	9.3195E-06	1.5529E-06	2.1751E-04	5.5699E-06	2.3396E-04	4274
kavel2_wt98	1.4902E-05	1.0771E-05	2.2655E-04	7.1822E-06	2.5940E-04	3855
kavel2_wt99	9.9356E-06	3.2653E-06	2.2331E-04	6.4977E-06	2.4301E-04	4115
kavel2_wt100	7.3242E-06	1.8768E-06	2.2017E-04	6.2698E-06	2.3564E-04	4244
kavel2_wt101	5.7848E-06	2.0233E-06	2.1527E-04	5.7849E-06	2.2886E-04	4369
kavel2_wt102	5.0110E-06	3.2618E-06	2.1308E-04	5.6502E-06	2.2701E-04	4405
kavel2_wt103	4.5478E-06	3.4785E-06	2.1249E-04	5.5975E-06	2.2611E-04	4423
kavel2_wt104	4.1533E-06	1.7175E-06	2.0902E-04	5.4125E-06	2.2030E-04	4539
kavel2_wt105	3.9524E-06	9.0595E-07	2.0713E-04	5.2534E-06	2.1724E-04	4603
kavel2_wt106	3.7220E-06	6.1233E-07	2.0742E-04	5.2965E-06	2.1705E-04	4607
kavel2_wt107	3.6254E-06	5.7160E-07	2.0457E-04	5.1902E-06	2.1396E-04	4674
kavel2_wt108	5.5137E-06	1.1513E-05	2.1605E-04	6.9989E-06	2.4008E-04	4165
kavel2_wt109	3.9116E-06	2.5028E-06	2.1303E-04	6.4126E-06	2.2586E-04	4428
kavel2_wt110	2.9486E-06	1.1146E-06	2.1181E-04	5.9776E-06	2.2185E-04	4507
kavel2_wt111	2.4189E-06	6.7001E-07	2.0622E-04	5.5583E-06	2.1487E-04	4654
kavel2_wt112	2.1008E-06	7.0210E-07	2.0522E-04	5.1870E-06	2.1321E-04	4690
kavel2_wt113	1.9530E-06	5.7319E-07	2.0368E-04	5.0532E-06	2.1126E-04	4733
kavel2_wt114	1.8349E-06	4.0323E-07	2.0056E-04	4.9120E-06	2.0771E-04	4814
kavel2_wt115	1.7274E-06	2.7507E-07	1.9892E-04	5.0271E-06	2.0595E-04	4856
kavel2_wt116	1.6362E-06	2.1513E-07	1.9836E-04	4.9382E-06	2.0515E-04	4875
kavel2_wt117	2.4496E-06	2.1640E-05	2.0835E-04	7.4063E-06	2.3985E-04	4169
kavel2_wt118	1.8192E-06	3.9786E-06	2.0575E-04	6.2907E-06	2.1783E-04	4591
kavel2_wt119	1.3863E-06	8.9008E-07	2.0459E-04	5.9507E-06	2.1282E-04	4699
kavel2_wt120	1.0990E-06	6.1548E-07	1.9978E-04	5.5632E-06	2.0705E-04	4830
kavel2_wt121	9.1886E-07	2.1965E-07	1.9962E-04	5.0010E-06	2.0576E-04	4860
kavel2_wt122	8.9734E-07	1.9425E-07	1.9837E-04	5.0219E-06	2.0449E-04	4890
kavel2_wt123	9.4053E-07	1.3649E-07	1.9471E-04	4.8638E-06	2.0065E-04	4984
kavel2_wt124	9.2558E-07	1.0301E-07	1.9338E-04	4.9504E-06	1.9936E-04	5016
kavel2_wt125	8.8138E-07	8.6010E-08	1.9041E-04	4.6924E-06	1.9607E-04	5100

Windturbine	Rammen		Driften		Totaal	Eens in de ... jaar
	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
kavel2_wt126	1.3970E-06	3.6411E-05	2.0575E-04	7.8377E-06	2.5140E-04	3978
kavel2_wt127	1.1447E-06	5.7848E-06	2.0305E-04	6.6053E-06	2.1659E-04	4617
kavel2_wt128	9.4445E-07	7.7207E-07	2.0022E-04	5.7247E-06	2.0766E-04	4816
kavel2_wt129	7.2607E-07	3.5059E-07	1.9697E-04	5.4217E-06	2.0347E-04	4915
kavel2_wt130	5.2321E-07	1.1425E-07	1.9643E-04	5.1856E-06	2.0226E-04	4944
kavel2_wt131	4.5380E-07	8.1258E-08	1.9412E-04	5.0069E-06	1.9966E-04	5008
kavel2_wt132	5.4097E-07	6.5348E-08	1.9122E-04	4.8995E-06	1.9672E-04	5083
kavel2_wt133	6.7783E-07	4.9153E-08	1.8931E-04	4.6566E-06	1.9469E-04	5136
kavel2_wt134	6.8063E-07	4.2472E-08	1.8665E-04	4.5945E-06	1.9197E-04	5209
Totaal per jaar	2.3833E-03	2.3128E-03	1.5070E-02	4.4963E-04	2.0216E-02	49
Dit is een in ... jaar	420	432	66	2224	49	

Tabel A1-2 Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor alle verkeer voor Kavel II

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	0.00238	420	0.01507	66	0.01745	57
N-schepen	0.00231	432	0.00045	2224	0.00276	362
Totaal	0.00470	213	0.01552	64	0.02022	49

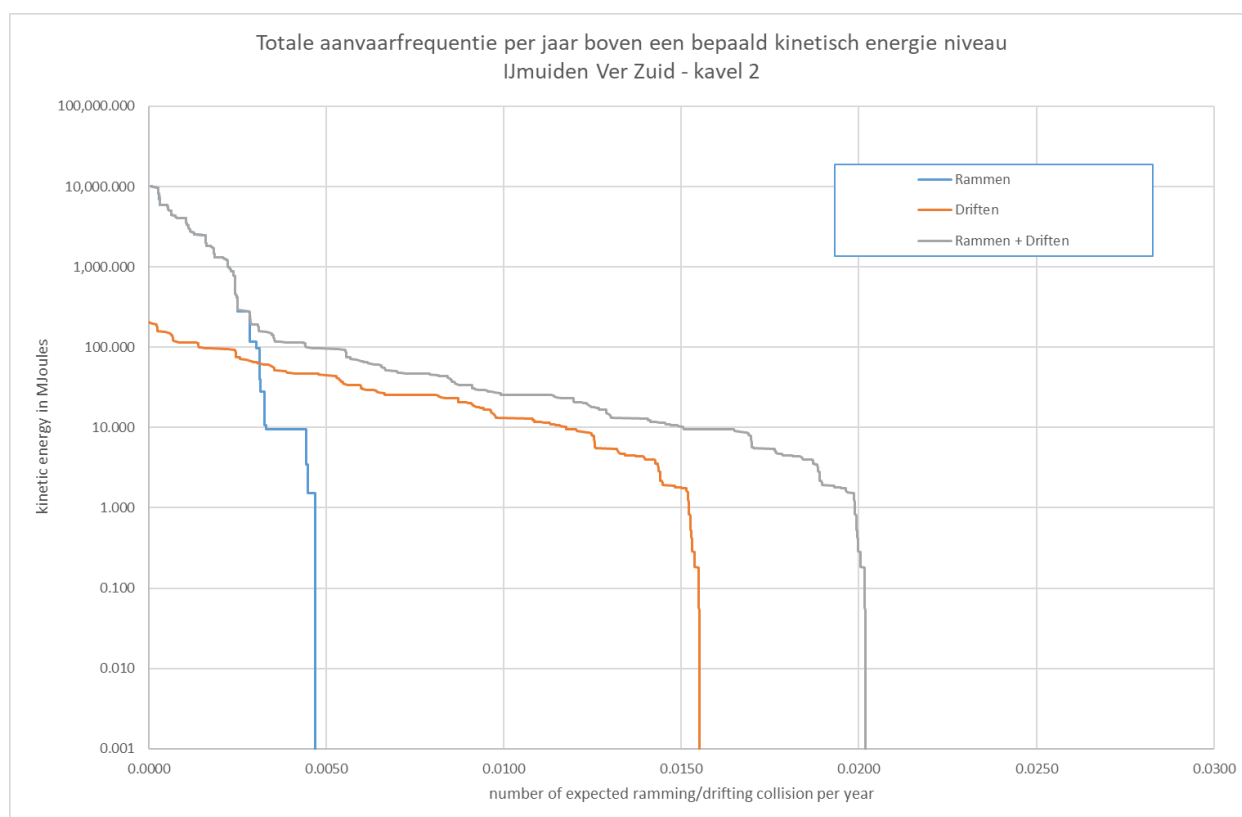
Tabel A1-3 Kans op een bepaalde schadesoort veroorzaakt door de verschillende scheepstypen

Scheepstype	Soort schade			Totaal
	GosMos ¹	schade aan scheepshuid	geen schade	
Olietanker	1.0023E-04	5.0787E-03	1.3531E-06	5.1803E-03
Chemicaliëntanker	3.0141E-05	3.5697E-03	2.8066E-06	3.6027E-03
Gastanker	2.4960E-05	1.1949E-03	0.0000E+00	1.2199E-03
Container+ RoRo	2.9643E-05	2.5811E-03	4.6509E-08	2.6107E-03
Ferry	4.6932E-06	3.9685E-04	1.9719E-06	4.0351E-04
Overige R-schepen	4.4754E-05	4.3057E-03	8.6072E-05	4.4365E-03
N-schepen	1.5638E-05	3.6576E-04	2.3811E-03	2.7625E-03
Totaal	2.5006E-04	1.7493E-02	2.4733E-03	2.0216E-02

¹ Gondel en mastdeel vallen op schip na plastische vervorming

Tabel A1-4 Schade aan het totale windpark

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	0.00E+00	1.54E-04	3.99E-09	1.79E-03	9.22E-05	4.33E-04	9.23E-05	2.38E-03	2.47E-03	404
Scheef	4.44E-10	4.53E-05	0.00E+00	6.46E-05	3.30E-03	1.41E-05	3.30E-03	1.24E-04	3.42E-03	292
Omvalen	2.14E-04	2.91E-05	1.93E-03	2.10E-04	1.17E-02	2.45E-06	1.38E-02	2.42E-04	1.41E-02	71
GosMos ¹	2.38E-05	2.84E-06	2.11E-04	1.28E-05	0.00E+00	0.00E+00	2.34E-04	1.56E-05	2.50E-04	3999
Totaal	2.38E-04	2.31E-04	2.14E-03	2.08E-03	1.51E-02	4.50E-04	1.75E-02	2.76E-03	2.02E-02	49



Figuur A1-1 Totale aanvaringsfrequentie per jaar boven een bepaald kinetisch energieniveau voor alle verkeer

Tabel A1-5 Verdeling aanvaar- en aandrijfkansen over de scheepstypen en energieklassen voor alle windturbines

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%	0.1%	0.1%	0.1%	1.4%	1.6%	0.1%	1.5%	1.7%
1-3	0.0%	0.9%	0.9%	3.9%	0.3%	4.2%	3.9%	1.2%	5.1%
3-5	0.0%	0.2%	0.2%	5.3%	0.3%	5.6%	5.3%	0.6%	5.9%
5-10	0.0%	5.6%	5.6%	7.1%	0.1%	7.3%	7.1%	5.7%	12.8%
10-15	0.0%	0.3%	0.3%	10.5%	0.0%	10.5%	10.5%	0.3%	10.8%
15-50	0.0%	0.7%	0.7%	28.5%	0.1%	28.5%	28.5%	0.7%	29.2%
50-100	0.0%	0.5%	0.5%	12.0%	0.0%	12.1%	12.1%	0.5%	12.5%
100-200	0.1%	0.8%	0.9%	6.9%	0.0%	6.9%	7.0%	0.8%	7.8%
>200	11.7%	2.4%	14.1%	0.2%	0.0%	0.2%	11.9%	2.4%	14.2%
Totaal	11.8%	11.4%	23.2%	74.5%	2.2%	76.8%	86.3%	13.7%	100.0%

Tabel A1-6 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	6.0496E-08	5.3841E-07	1669722	1.5061	0.000001
Chemicaliëntanker	1.6747E-08	1.3448E-07	6612746	1.6270	0.000000
Gastanker	1.9284E-07	9.5412E-07	871869	0.8352	0.000001
Container + RoRo	1.9120E-05	1.7204E-04	5231	2.3993	0.000459
Ferry	5.0928E-07	4.5832E-06	196369	98.5232	0.000502
Overige R-schepen	1.8807E-06	1.6798E-05	53536	1.5249	0.000028
N-schepen	3.2568E-06	1.3820E-05	58560	0.3610	0.000006
Totaal	2.5037E-05	2.0887E-04	4275	4.2630	0.000997

APPENDIX 2 SAMENVATTING SAMSON-ANALYSE WIND OP ZEE [REF 12.]

Inleiding

In de Nederlandse Exclusieve Economische Zone (EEZ) van de Noordzee worden tot 2030 een groot aantal windparken gebouwd. Dit heeft, zonder aanvullende maatregelen, een effect op de veiligheid van de scheepvaart op dit drukke deel van de Noordzee. Om deze effecten in kaart te brengen is onder andere door MARIN in 2018 en 2019 een uitgebreid onderzoek uitgevoerd naar de cumulatieve effecten van bestaande en toekomstige windparken op de veiligheid van de scheepvaart ([Ref 1.]). Bij dit onderzoek zijn zowel kwantitatieve als kwalitatieve methoden gebruikt. Binnen dit onderzoek is ook onderzocht welke maatregelen genomen kunnen worden om het risico te verkleinen.

De ontwikkelingen rond de inrichting en de locaties van windparken hebben ervoor gezorgd dat er aanpassingen zijn gedaan aan de toen doorgerkende scenario's [Ref 1.]. Daarom heeft Rijkswaterstaat (RWS) aan MARIN gevraagd de effecten op de scheepvaartveiligheid van drie aanvullende ruimtelijke scenario's in kaart te brengen. Hierbij ligt de focus dit keer alleen op het bepalen van de kwantitatieve effecten op de scheepvaartveiligheid; het doorrekenen van de scenario's gebeurt met het scheepvaartveiligheidsrekenmodel SAMSON (Safety Assessment Model for Shipping Offshore and North Sea). Met behulp van SAMSON worden binnen dit onderzoek de frequenties bepaald voor schip-schip aanvaringen en die van aanvaringen en aandrijvingen van schepen met windturbine.

Doel

De onderzoeksvraag voor het project is: *Wat zijn de cumulatieve en lokale effecten van drie verschillende ruimtelijke gebiedsscenario's met windparken op de scheepvaartveiligheid?*

De effecten op de scheepvaartveiligheid binnen dit onderzoek worden bepaald met behulp van SAMSON en bevatten:

- Het aantal verwachte schip-schip aanvaringen in de Nederlandse Exclusieve Economische Zone (EEZ);
- De aanvaar- en aandrijffrequentie voor de bestaande offshore platformen (olie en gas)
- De totale aanvaar- en aandrijffrequentie met windturbines binnen de verschillende gebiedsscenario's met windparken.

Naast het bestaande scenario routekaart 2030 en het versnellingsscenario is binnen het onderzoek ook gekeken naar de verschillende indicatieve zoekgebieden uit het Programma Noordzee 2022-2027 richting 2040. Voor het complete beeld zijn ook de resultaten voor het basis scenario 2019 meegenomen.

Scenario's

Binnen het onderzoek zijn drie gebiedsscenario's beschouwd:

- **Scenario 1: Routekaart 2030 (RK2030)**

Voor gebiedsscenario 1: de bestaande RK2030 worden, naast de operationele windparken PAWP⁷, Luchterduinen, OWEZ⁸ en Borssele de volgende toekomstige windparken beschouwd:

- HKN (Hollandse Kust Noord)
- HKZ (Hollandse Kust Zuid)
- HKW noordelijk en zuidelijk deel (Hollandse Kust West)
- TNW (Ten Noorden van de Waddeneilanden)
- IJmuiden Ver (zuidelijk deel)

7

PAWP: Prinses Amalia WindPark

8

OWEZ: Offshore Windpark Egmond aan Zee

- **Scenario 2: Versnellingsopgave routekaart 2030+ (RK2030+)**

Voor gebiedsscenario 2, (RK2030+) wordt er aanvullend aan de gebieden gedefinieerd in scenario 1: RK2030, ook gekeken naar de aanvullend aangewezen windenergiegebieden in het Programma Noordzee 2022-2027 (PN 2022-2027):

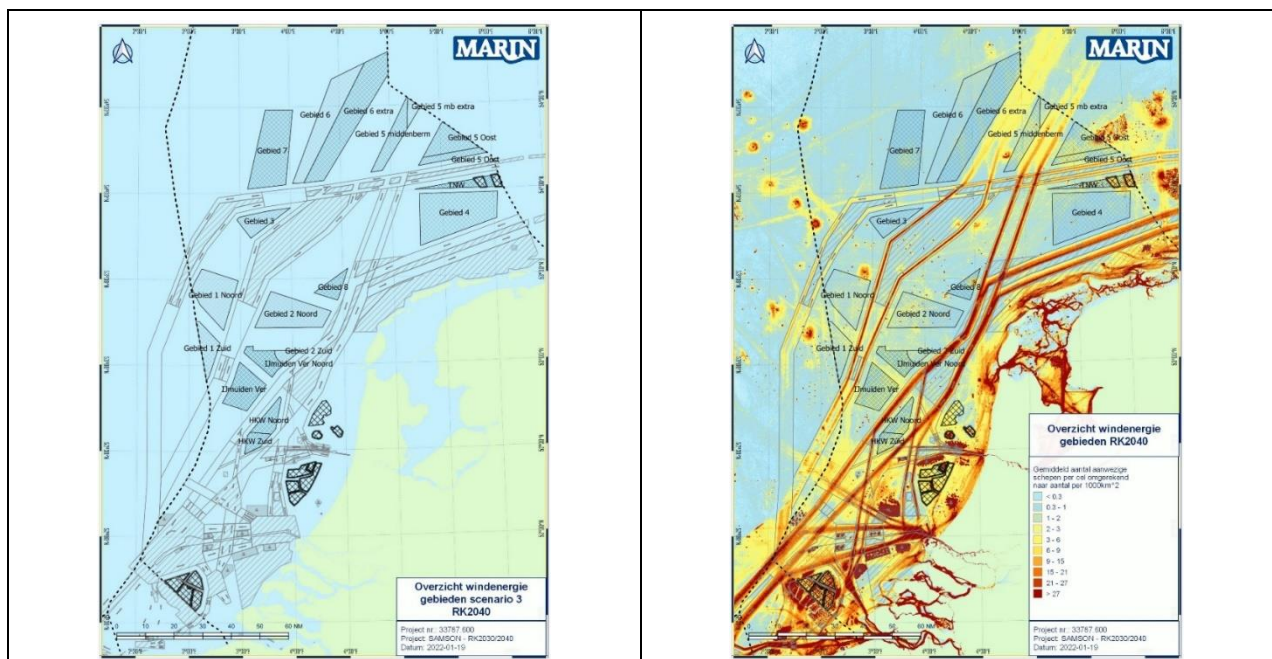
- IJmuiden Ver (noordelijke deel)
- Gebied 1: Nederwiek (noord en zuidelijk deel)
- Gebied 2: Lageland (noord en zuidelijke deel)
- Gebied 5 Oost: Doordewind, waarbij twee opties beschouwd zijn:
 - o Optie 1: zuidgrens tot 2nm van de rand van de vaargeul
 - o Optie 2: zuidgrens tot 4nm van de rand van de vaargeul.

- **Scenario 3: Toekomstige routekaart 2040 (RK2040)**

Voor gebiedsscenario 3 (RK2040), wordt er naast de windenergiegebieden uit RK2030 en de windenergiegebieden uit het PN 2022-2027 (RK2030+), ook gekeken naar alle mogelijke zoekgebieden zoals deze indicatief zijn in het PN 2022-2027 (RK2040):

- Gebied 3
- Gebied 4
- Gebied 5 middenberm
- Gebied 6 (inclusief het extra gebied aan de westzijde van Gebied 6)
- Gebied 7
- Gebied 8

In Figuur S1 zijn de alle beschouwde gebieden binnen RK2040 weergegeven. In de rechterkaart is ook de scheepvaartverkeerdichtheid voor alle schepen weergegeven, bepaald op basis van AIS-data over 2020.



Figuur S-1 Overzichtskaart windenergiegebieden beschouwd binnen scenario 3 - RK 2040. Rechter kaart bevat naast het windenergiegebied ook de verkeersdichtheid in 2020.

Uitgangspunten

Voor het uitvoeren van de berekeningen zijn de volgende uitgangspunten gebruikt:

- Routegebonden verkeer: Basis is de AIS-data over 2019, per scenario zijn de routes zodanig aangepast zodat deze om de meegenomen windenergiegebieden lopen. De totale intensiteit is gelijk gebleven. Er is geen autonome groei meegenomen, hierdoor zijn de verschillende scenario's goed vergelijkbaar. Daarnaast laat de meest recente netwerkanalyse Noordzee (2018/2019) zien dat de intensiteit van de scheepvaart niet significant gestegen is vanaf de eerste "metingen" in 2011. Voor het doel van het onderzoek was het niet direct noodzakelijk deze autonome groei mee te nemen.
- Niet-routegebonden verkeer: Basis is de AIS-data over 2019, verdeeld over gridcellen met een grootte van 4x4km. Voor de verschillende gebiedsscenario's is het niet-routegebonden verkeer binnen de grenzen van de windparken verplaatst naar de randen rond het gebied. Hierbij is, in overleg met de opdrachtgever (RWS), geen rekening gehouden met de huidige routes door het gebied of eventuele passagestroken door de gebieden. Er is ook geen extra werkvaart toegevoegd. Het extra werkverkeer is niet meegenomen omdat er nog te veel onzekerheden zijn rond de ontwikkeling van deze groep schepen. Daarnaast zal de intensiteit van het werkverkeer fluctueren en afhankelijk zijn van de fase van de verschillende windparken en de eventuele extra medegebruik activiteiten.
- Omdat de definitieve inrichting van de meeste windenergiegebieden nog niet bekend is, is voor deze windenergiegebieden een inrichting aangenomen. Deze is gebaseerd op de volgende uitgangspunten:
 - o Totaalaantal MW per gebied is bepaald uitgaande van een dichtheid van 10MW per km²
 - o Er zal gebruik gemaakt worden van 15 MW-windturbines
 - o De windturbines staan evenredig verdeeld over het gebied, hierbij is geen rekening gehouden met eventuele pijpleidingen, kabels, platformen of andere bestaande of geplande objecten omdat de windenergiegebieden op het moment van deze studie nog niet verkaveld zijn.

Resultaten

In Tabel S1 zijn de resultaten van beide doorgerekende kans op incident-types weergegeven (schip-schip, schip-platform en schip-windturbine aanvaringen) weergegeven.

- Voor het scenario RK2030, met in totaal 1281 windturbines in de verschillende windenergiegebieden, is het gemiddeld totaal aantal verwachte aanvaringen (schip-schip, schip-platform en schip-windturbine) 7.15 per jaar (6,31 schip-schip, 0,28 schip-platform en 0,56 schip-windturbine).
- Voor het versnellingscenario RK2030+, met 2925 windturbines, zal dit aantal aanvaringen oplopen naar 7,56 per jaar, waarvan 6,32 schip-schip, 0,28 schip-platform en 0,98 schip-windturbine. Met name veroorzaakt door een forse groei in het aantal schip-windturbine aanvaringen.
- Voor het indicatieve scenario RK2040 (6048 windturbines) zal het totaal aantal verwachte aanvaringen toenemen naar 8.06 per jaar, waarvan 6,33 schip-schip, 0,29 schip-platform en 1,44 schip-windturbine. Voor dit scenario (RK2040) zal het totaal aantal aanvaringen groeien met 20,6% t.o.v. het basis scenario 2019 voor alle incidenten samen incident typen samen.
- Voor alleen de frequentie schip-windturbine neemt het aantal verwachte incidenten toe van 0,1 per jaar in het basis scenario 2019 naar 0,56 per jaar voor het RK2030 scenario, dit is een toename van meer dan 460%. Binnen het scenario RK2040 neemt het aantal verwachte schip-turbine aanvaringen toe naar 1,44 per jaar, een groei van 1340% ten opzichte van het basis scenario 2019.

Tabel S-1 Totale verwachte incident frequenties voor de verschillende scenario's

Scenario	Verwachte aantal incidenten per jaar (schip-schip, schip-platform en schip-windturbine aanvaringen)					
	Schip-schip	Schip-platform	Schip-windturbine			TOTAAL
			Rammen	Driften	Totaal	
Basis (2019)	6,304	0,280	0,049	0,051	0,100	6,684
RK 2030	6,308	0,281	0,234	0,328	0,562	7,151
RK 2030+	6,319	0,275	0,420	0,558	0,978	7,572
RK 2040	6,331	0,290	0,635	0,801	1,436	8,057
Absolute verschil						
RK2030 – Basis 2019	0,004	0,001	0,185	0,278	0,462	0,467
RK2030+ – Basis 2019	0,015	-0,005	0,371	0,507	0,878	0,888
RK2040 – Basis 2019	0,027	0,010	0,586	0,750	1,336	1,374
RK2040 - RK2030	0,023	0,009	0,401	0,473	0,874	0,906
Procentuele groei						
RK2030 t.o.v. basis 2019	0,1%	0,3%	377,3%	547,4%	463,8%	7,0%
RK2030+ t.o.v. basis 2019	0,2%	-1,8%	757,0%	999,9%	880,5%	13,3%
RK2040 t.o.v. basis 2019	0,4%	3,7%	1196,7%	1479,4%	1340,5%	20,6%
RK2040 t.o.v. RK2030	0,4%	3,3%	171,6%	144,0%	155,5%	12,7%

Schip-schip aanvaringen

De effecten van de verandering van de verkeersroutes en verschuivingen van verkeersintensiteiten bij de drie doorgerekende ruimtelijke scenario's met het SAMSON-model zijn klein omdat bij de keuze van de gebieden rekening is gehouden met het bestaande verkeersscheidingsstelsel. Voor alle scenario's geldt dat de te verwachte groei van het aantal schip-schip aanvaringen als gevolg van de aanpassingen in vaarroutes niet meer is dan 1% ten opzichte van het bestaande scenario RK2030. Binnen het onderzoek is geen groei in scheepvaartintensiteit meegenomen. De vergelijking wordt dus alleen gemaakt voor de aanpassing van de vaarroutes door de aanleg van de verschillende windparken.

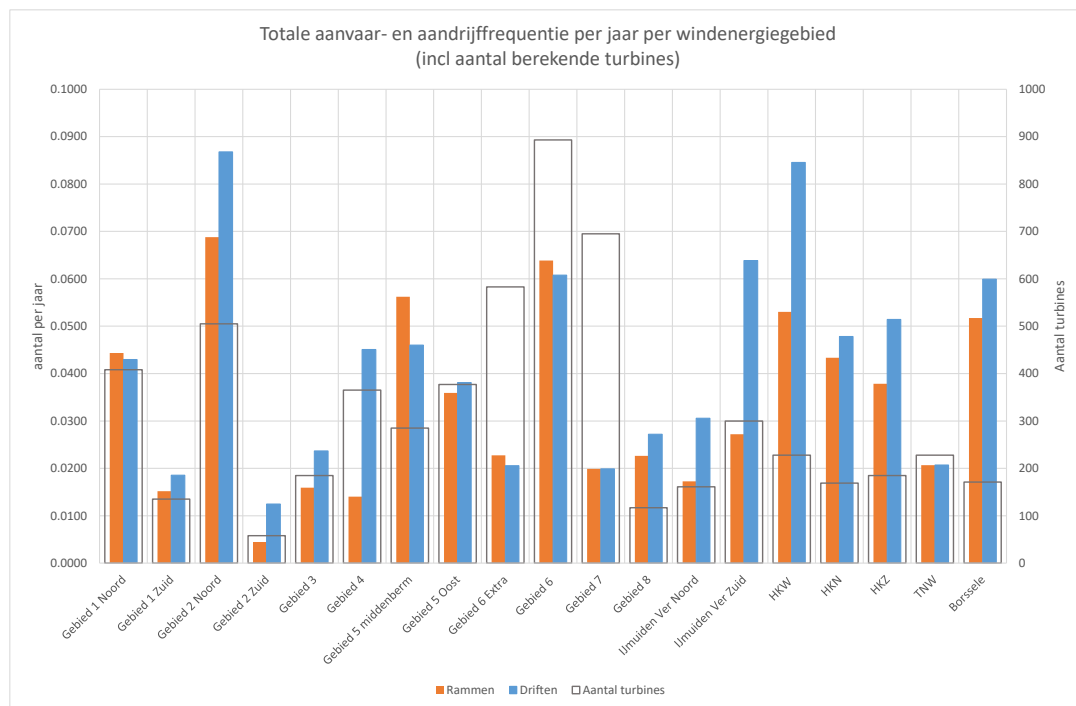
Het grootste effecten treden op aan de randen rond de verschillende windenergiegebieden, in de bufferzone en binnen de windenergiegebieden zelf. Het niet-routegebonden verkeer dat eerst in de windparken is waargenomen is verplaatst naar de bufferzone tussen het windenergiegebied en de vaarroutes. Dus het aantal verwachte schip-schip aanvaringen voor niet-routegebonden schepen onderling is verplaatst van binnen het toekomstige windenergiegebied naar de bufferzone net buiten het windenergiegebied. Daarbij komt dat in de bufferzone er meer interactie is met het routegebonden verkeer in de vaarroutes, dus de toename die zichtbaar is voor dit type aanvaring zal zich concentreren in de gebieden rond de windenergiegebieden.

Tenslotte zijn op een aantal locaties bestaande (kleinere) routes aangepast waardoor deze meer geconcentreerd zijn. In de situatie zonder windenergiegebieden lopen er een aantal oost-west georiënteerde routes tussen de VSS Vlieland aan de oostkant van de Nederlandse EEZ en het Verenigd Koninkrijk aan de westkant. Deze routes zullen meer samengevoegd worden aan de noordkant van IJmuiden Ver/gebied 2 en Gebied 1 of door de corridor tussen IJmuiden Ver, het kruisen van het tussenliggende VSS West Friesland en de corridor door Gebied 1.

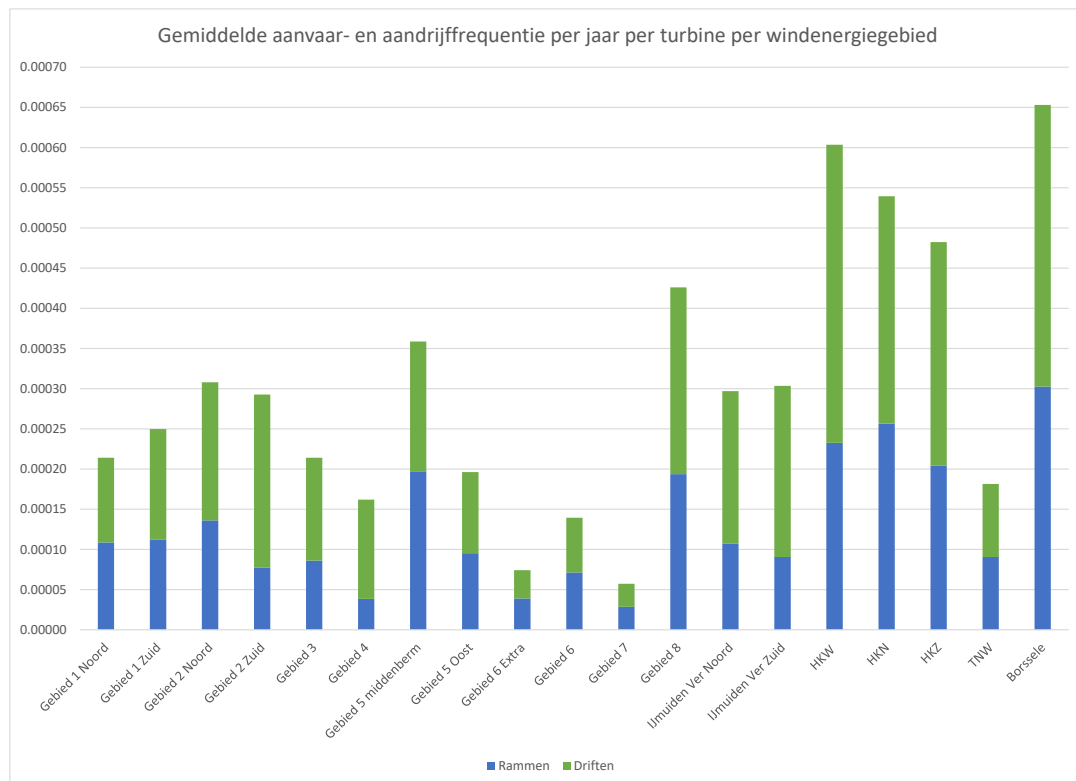
Ook zal de middenberm bij gebied 5 in het noorden ervoor zorgen dat er meer verkeer getrechterd wordt door een smaller gebied. Dit vergroot de kans op interactie. De effecten van de middenberm zijn in meer detail onderzocht in de FSA-Baltische route ([Ref 12.]).

Schip-windturbines

In totaal is het aantal verwachte aanvaringen/aandrijvingen met een windturbine in RK2030 0,562 per jaar (eens in de 1.8 jaar). Voor het scenario RK2030+ is dit 0,978 per jaar (eens per jaar) en voor RK2040 1.436 per jaar (eens in de 0.7 jaar, meer dan eens per jaar).



Figuur S-2 Totale aanvaar- en aandrijffrequenties per jaar per windenergiegebied (incl. aantal windturbines)

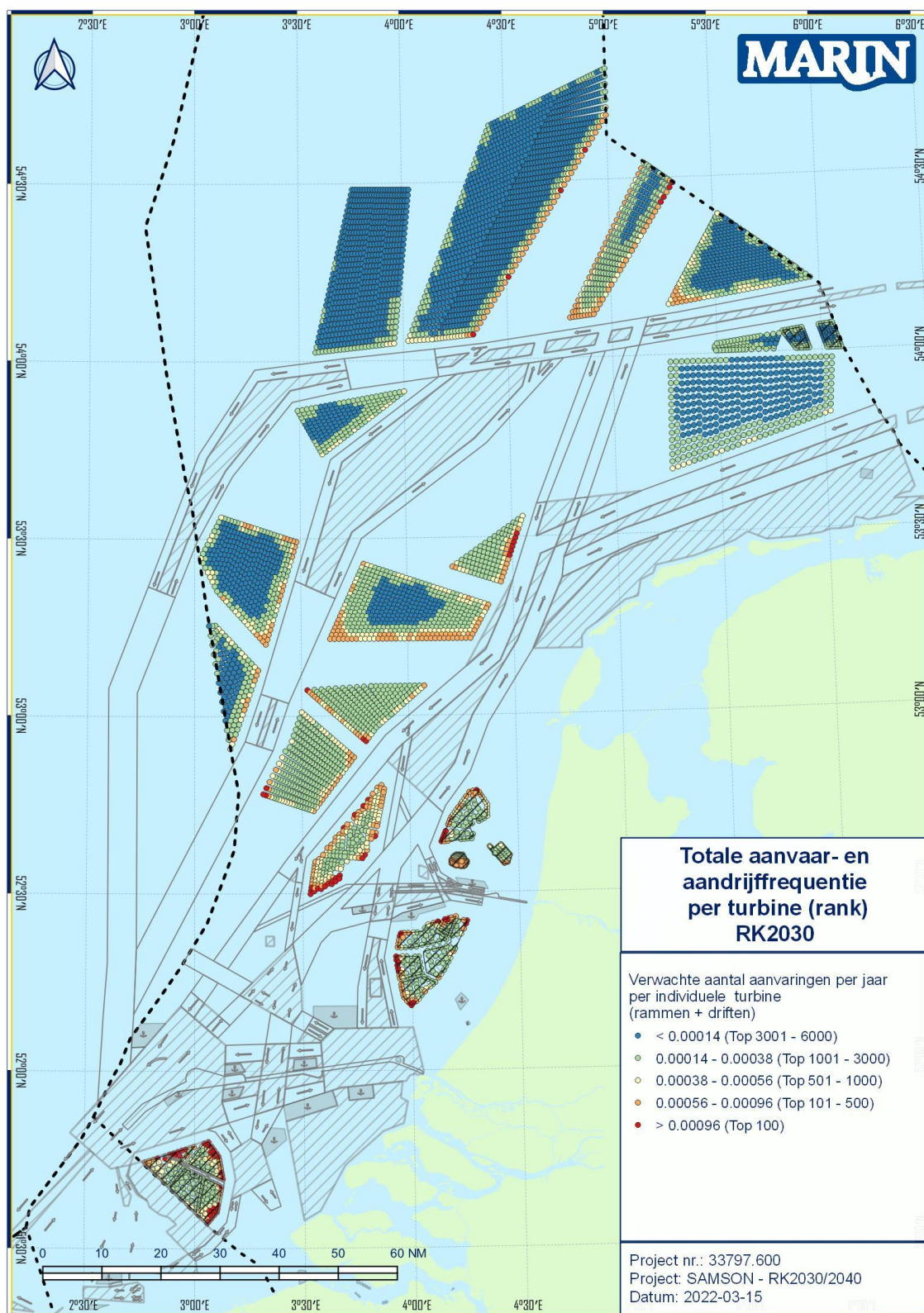


Figuur S-3 Gemiddelde aanvaar- en aandrijffrequentie per jaar per windturbine per windenergiegebied.

De totale aanvaar- en aandrijffrequentie is het hoogst voor de windenergiegebieden Gebied 2-Noord, Gebied 6, HKW en Borssele. Een deel van deze gebieden heeft ook het hoogste aantal windturbines. Daarom is in Figuur S3 ook de gemiddelde aanvaar- en aandrijffrequentie per windturbine per windenergiegebied weergegeven. Hieruit volgt dat de gemiddelde aanvaar- en aandrijffrequentie per windturbine voor de windparken HKW en Borssele het hoogst zijn, gevolgd door de windparken HKN, HKZ en Gebied 8.

Deze windparken liggen in het zuidelijke drukkere deel van de Nederlandse EEZ. In dit deel van de EEZ liggen de verschillende aanloopgebieden richting de Nederlandse Havens (Westerschelde, Rotterdam en IJmuiden/Amsterdam), de windparken in dit deel van de EEZ zijn dan ook veelal omringd door verschillende drukke verkeersroutes. De windparken in het noorden van de Nederlandse EEZ liggen verder van de drukke verkeersroutes af (m.u.v. Gebied 5-MB). Daarnaast is de verkeersintensiteit van het niet-routegebonden verkeer dicht bij de kust en in de aanloopgebieden hoger dan in de noordelijke gebieden.

Op basis van deze totaaltabellen zijn de locaties van deze windturbines met de hoogste individuele aanvaar- en aandrijffrequentie grafisch weergegeven Figuur S4. In de figuur zijn in de legenda de grenzen zo gekozen dat de top 100 windturbines rood zijn weergegeven, de top 101-500 oranje, de top 501 – 1000 geel, de top 1001-3000 groen en de overige windturbines blauw. Hierdoor is inzichtelijk welke windturbines de grootste individuele aanvaar- en aandrijffrequentie hebben. De windturbines met de hoogste individuele totale aanvaar- en aandrijffrequentie staan langs de randen van de windparken grenzend aan de doorgaande verkeersroutes. Wanneer alleen gekeken wordt naar de aanvaarfrequenties (rammen) is dit effect duidelijk zichtbaar, en laten de windturbines aan de randen van de noordelijke windparken (gebied 5 en 6) hoge individuele aanvaarfrequenties zien. Wanneer echter alleen naar de aandrijffrequenties gekeken wordt zijn het met name de individuele windturbines in de zuidelijk Noordzee die een hogere frequentie laten zien. Met name Borssele en HKW.



Figuur S-4 Totale verwachte individuele aanvaar- en aandrijffrequentie (rammen + driften), rood top 100 windturbines.

Aanbevelingen

Monitoring scheepvaartverkeer en trend analyses

Voor het goed kwantitatief modelleren van de effecten van de offshore windparken op de scheepvaartveiligheid is het belangrijk een goed beeld te hebben van zowel de huidige scheepvaart en als de verwachte veranderingen. Met name de verwachte veranderingen voor het niet-route gebonden verkeer (werkvaart) zijn nu nog erg onzeker; hierdoor zijn effecten van de verwachte toename van deze groep schepen in deze studie nog niet mee genomen. Dit leidt tot een onderschatting van het risico. Het is dan ook belangrijk dat de ontwikkeling van de scheepvaart de komende jaren op de Noordzee goed gemonitord wordt en dat deze data geanalyseerd wordt.

Beperkte ruimte voor manoeuvreren

Door de aanwezigheid van de windparken worden schepen beperkter in de ruimte die beschikbaar is voor "goed zeemanschap", zoals bijvoorbeeld uitwijken, maar ook het kiezen van de juiste veilige koers in slecht weer. Deze effecten kunnen momenteel nog niet in de huidige versie van SAMSON gekwantificeerd worden, maar binnen verschillende expertsessie wordt dit wel als een risico aangegeven. Het is dus belangrijk dat er onderzoek gedaan wordt naar op welke plekken schepen meer ruimte nodig hebben bij uitdagende weersomstandigheden.

Gevolgen van aanvaringen met windturbines

De huidige studie beperkt zich tot het bepalen van de verwachte aanvaarfrequenties. Voor een volledige risicoanalyse is het ook belangrijk de gevolgen van de incidenten mee te nemen. Met name de gevolgen van een aanvaring of aandrijving met een windturbine. Het is belangrijk dat hier aanvullend onderzoek naar gedaan wordt en dat deze resultaten gekoppeld worden aan de resultaten van SAMSON, zoals ze in dit rapport gepresenteerd zijn. Hierbij is het van belang dat er niet alleen gekeken wordt naar de gevolgen voor de windturbine, maar zeker ook naar de schade die het schip op loopt.

Ontwikkeling SAMSON

Voor het kwantitatief vaststellen van de effecten van windparken, trends in scheepvaart of andere ontwikkelingen op de Noordzee is het model SAMSON ontwikkeld door MARIN in samenwerking met RWS. Om op de veranderingen in te kunnen spelen en daarmee goed toekomstbestendig te zijn is het belangrijk dat het SAMSON model up-to-date blijft, door het onderhouden van basis gegevens die binnen het model gebruikt worden, maar ook door het toevoegen van nieuwe ontwikkelingen (programmadelen).

APPENDIX 3 MEMO UITGANGSPUNTEN GROEISCENARIO TOT 2030

Aan : **Kees Storm, Begeleidingsgroep cumulatieve effecten WOZ**
 Van : **Max Duursma, Yvonne Koldenhof**
 CC : **Joris Brouwers, Sjaco Pas**
 Datum : **21-06-2018**
 Project nr. : **31132**
 Onderwerp : **Uitgangspunten groeiscenario tot 2030, onderzoek cumulatieve effecten routekaart windenergie op zee 2023 en routekaart 2030 op scheepvaart**

Hieronder staan de uitgangspunten voor het groeiscenario tot 2030, onderzoek cumulatieve effecten routekaart windenergie op zee 2023 en routekaart 2030 op scheepvaart.

1. UPT Erasmus scenario voor autonome groei

De scenario's worden onderscheiden op basis van twee 'key uncertainties', namelijk de ontwikkeling van de volumes in de Noordzee en de ontwikkeling van het maritieme netwerk. Op basis van deze vier scenario's is een autonoom ontwikkelingsscenario opgesteld voor de ontwikkeling richting 2030, zichtbaar in onderstaande Tabel 2.

Tabel 2 Overzicht autonoom ontwikkelscenario 2030.

Groeifactoren per jaar		Scheepsgrootte (GT)		
		Klein	Middel	Groot
		<100-1.599	1.600-29.999	30.000-999.999
Verandering grootte		1,000	1,020	1,025
Verandering aantal	Bestemming Rotterdam	1,000	1,020	1,000
	Doorvaart	1,000	1,010	1,010
Niet route-gebonden	Aanlegverkeer	1,000	1,020	1,000
	Onderhoudsverkeer	1,015	1,005	1,000
	Aantal visserij schepen	0,990	1,000	1,000

2. Visserij

Voor de visserij schepen nemen we groeifactor 1,000. Wat betreft het aantal visserij schepen stelt het Erasmus rapport dat het aantal visserij schepen afneemt (factor 0,990 <100-1.599 GT). In de analyse van de heer Sjaco Pas van de Kustwacht, wordt een kleine toename verwacht met een verschuiving van een aantal schepen naar buiten de wind gebieden, dus in eerste instantie wat meer vissersvaartuigen op een kleinere ruimte. Voor autonome groei houden we de groei factor op 1,000

3. Inrichting windparken

In Tabel 3 is een overzicht gegeven van de inrichting van de bestaande en geplande windparken. Voor de berekeningen wordt uitgegaan van monopiles van het aangegeven vermogen. Voor de windparken uit de routekaart 2023 (Borssele, HK(noord) en HK(zuid)) wordt gebruikt gemaakt van het grid (de inrichting) zoals deze binnen de MER aangenomen is. Voor de windparken routekaart 2030 worden de

turbines middels grid evenredig verspreid over het windpark. Tenslotte zal voor de parken HK(west) en IJmuiden Ver in de inrichting van het park rekening gehouden worden met een corridor voor de scheepvaart van en naar de UK.

Tabel 3 Overzicht verwachte vermogen en aantal turbines voor de bestaande en geplande parken (uitgangspunten voor de berekeningen)

Oppervlakte en vermogen wind op zee							
Versie 7 mei 2018							
Gebied	Bruto oppervlakte (km ²) excl. veiligheidszone	Vermogen (MW)	Vermogen (MW) gepland	aantal turbines	vermogen per turbine	dichtheid (berekend)	Bouwjaar (gepland)
Bestaande windparken							
OWEZ	27	108		36		1.33	2008
Amalia	22	120		60		2.73	2008
Luchterduinen	16	129		43		2.69	2015
Gemini	68	600		150		2.21	2017
Totaal bestaande windparken	133	957					
Routekaart 2023							
Borssele I en II	344	752	700	94	8	0.50	2019
Borssele III en IV		731.5	700	77	9.5		2020
Borssele V		19		2	9.5		2020
HK (zuid) I en II	356	752	700	94	8	0.53	2021
HK (zuid) III en IV		752	700	94	8		2022
HK (noord)	125	760	700	76	10	0.61	2023
Totaal routekaart 2023	799	3766.5	3500				
Routekaart 2030							
HK (west)	349	1500	1400	125	12	0.36	2024-2025
TnvdW	140	756	700	63	12	0.45	2026
IJmuiden Ver	803	4290	4000	286	15	0.36	2027-2030
n.t.b.		900	900				
Totaal routekaart 2030	1292	7446	7000				

4. Overige activiteiten op zee

Uitgangspunt is dat alle bestaande olie en gas platformen die in 2014 op het NCP stonden zullen worden gehandhaafd voor de situatie 2030.⁹

Ook wordt aangenomen dat er eventueel andere activiteiten kunnen gaan plaatsvinden (bijv. zeewierweek o.i.d.). Het is nu echter nog te onzeker waar dit zal gaan plaatsvinden. Een goede aanname is dat dit wellicht in de windparkgebieden zal plaatsvinden, wat een extra stroom werkvaart zou kunnen veroorzaken (zie werkvaart). Binnen de berekening zal, naast de werkvaart, geen extra rekening gehouden worden met andere activiteiten op de Noordzee, anders dan de platformen.

5. Werkvaart

Door de aanleg van de windparken zullen twee typen werkvaart ontstaan:

- Werkvaart tijdens de aanleg van de parken
Uit het overzicht in Tabel 3 volgt dat alleen IJmuiden Ver nog in aanbouw zal zijn in 2030. Er zal dus in de berekening alleen rekening worden gehouden met een extra verkeersstroom van grotere aanleg schepen tussen IJmuiden en IJmuiden Ver.
- Onderhoudsschepen
Afhankelijk van de afstand tot de kust zullen verschillende aannames worden gedaan m.b.t. de onderhoudsschepen:
 - Afstand < 30NM tot de kust

Op basis van de resultaten van Netwerkevaluatie 2015-2016 en/of resultaten studie monitoring windparken over 2017 bepalen we het aantal vaarbewegingen naar de bestaande parken van onderhoudsschepen inclusief de verdeling over de grootte. Het aantal schepen zal afhangen van de grootte van het park (aantal turbines). Uiteindelijk

⁹ In de toekomst zou het kunnen dat de functie van een offshore platform veranderd, bijvoorbeeld CO2 opslag, maar dit heeft geen effect op de kwantitatieve risico analyse.

zullen we een aanname moeten doen naar het verwachte aantal gemiddelde vaarbewegingen per turbine. Dit zal de basis worden voor het vaststellen van het aantal vaarbewegingen van onderhoudsschepen naar de verschillende gebieden.

- Afstand > 30 NM tot de kust

Voor deze parken wordt rekening gehouden met een moederschap scenario. De aanname is dat er een groter werkschip zal varen tussen de kust en het park (*frequentie 1 keer per week*). Dit schip zal gedurende de week min of meer op een vaste plek liggen, vervolgens zullen er kleinere schepen de mensen van en naar de individuele turbines brengen. Dit zijn scheepsbewegingen die alleen binnen het park zullen plaats vinden.

Voor de verschillende gebieden zullen de onderhoudsschepen vanuit verschillende locaties uitvaren. In Tabel 4 zijn de aannames weergegeven zoals deze in de berekeningen gebruik zullen gaan worden.

Tabel 4 Overzicht windenergiegebieden en onderhoudsschepen

Windenergiegebied	Onderhoudsschepen vertrekken vanuit:
Hollandse Kust (noord)	IJmuiden
Hollandse Kust (zuid)	Rotterdam
Hollandse Kust (west)	IJmuiden
IJmuiden ver	IJmuiden
Borssele	Vlissingen
Ten noorden van de Wadden	Delfzijl/Eemshaven

Werkvaart naar bestaande platformen

Naast de werkvaart van en naar de windparken is er ook de reeds bestaande werkvaart op de Noordzee. De aanname in de berekening is dat deze gelijk blijft in 2030 aan de situatie zoals we die in 2015/2016 waarnemen vanuit de AIS. De aanname is dus dat zowel de frequentie als het type schepen die de bestaande platformen bezoeken, gelijk blijft.

Werkvaart naar eventuele nieuwe activiteiten

Het is nog onduidelijk en onzeker of er wellicht andere activiteiten (zeewierweek o.i.d.) op de Noordzee zullen gaan plaatsvinden. Het is dus ook lastig vast te stellen hoeveel extra werkvaart dit gaat opleveren, en van welk type, en waarheen deze schepen dan zullen varen. Vanuit RWS is aangegeven dat men het aannemelijk acht dat voor de windparken Borssele, HKN en HKZ wel mede gebruik verwacht wordt. Voor de overige parken niet. Het voorstel is om de extra werkvaart voor deze extra activiteit binnen deze windparken mee te nemen, en hiervoor een factor aan te nemen op het aantal onderhoudsschepen. Omdat het lastig is deze factor in te schatten, is het voorstel een aanname te doen van 3 extra onderhoudsschepen per week per windpark gebied, voor de eventuele extra activiteiten in het park. (Extra bewegingen tussen Vlissingen en Borssele en tussen HKZ en Rotterdam en tussen HKN en IJmuiden)

6. Ankergebieden

Met betrekking tot de ankergebieden binnen het studiegebied wordt aangenomen dat zowel de locatie als de bezetting van de gebieden niet wijzigt in 2030 t.o.v. de situatie in 2015/2016.

