



Challenging wind and waves

Linking hydrodynamic research to the maritime industry

VEILIGHEIDSSSTUDIE OFFSHORE WINDPARK "BARD Offshore NL1"

Eindrapport

Rapport Nr. : 21163.620/A2

Datum : 9 november 2006

Paraaf Management

VEILIGHEIDSSSTUDIE OFFSHORE WINDPARK "BARD Offshore NL1";

MARIN opdrachtnr. : 21163.620

Opdrachtgever : BARD Engineering GmbH
Domshof 21
28195 BREMEN
Germany

Auteur : Y. Koldenhof
C. van der Tak

INHOUDSOPGAVE

	Pagina
1 INLEIDING	8
2 DOELSTELLING	8
3 WERKWIJZE.....	9
3.1 SAMSON	9
3.2 Effect van het windpark.....	11
3.3 Model Invoer en uitgangspunten	12
3.3.1 Verkeer	12
3.3.2 Gebruikte modellen	13
3.4 Gevolgschade	14
3.4.1 Schade aan windturbine en schip.....	14
3.4.2 Bepalen van persoonlijk letsel.....	17
3.5 Effecten voor de scheepvaart.....	17
3.6 Cumulatieve effect	19
3.7 Kruisende scheepvaart	21
3.8 Tijdelijk onmanoeuvrerbare schepen.....	34
4 RESULTATEN	37
4.1 Locatie en inrichtingsvarianten	37
4.2 Aanvaar/aandrijf frequenties.....	41
4.3 Gevolgschade	42
4.3.1 Schade aan het schip	42
4.3.2 Schade aan de windturbines	43
4.3.3 Milieuschade.....	43
4.3.4 Persoonlijk letsel.....	45
4.4 Effecten voor de scheepvaart.....	46
4.5 Het effect van het werkverkeer op het risico	47
4.6 Het cumulatieve effect	47
4.7 Radardekking naar de Nederlandse havens	50
4.8 Kruisende scheepvaart	50
4.8.1 Vergelijking opstellingen voor de varianten.....	50
4.8.2 Extra aanvaringen door zichtbelemmering.....	60
5 MAATREGELEN	62
5.1 Gebruik van AIS	62
5.2 Inzet van De Waker	62
5.3 Autonome ontwikkeling uitstroom van olie.....	63
5.4 Mitigerende maatregelen bij kruisend verkeer.....	64
6 CONCLUSIES	65
REFERENTIES	67
APPENDIX A1:	68
Resultaten windpark BARD Offshore NL1; variant met 78 windturbines van 5 MW ...	68
APPENDIX A2:	77
Resultaten windpark BARD Offshore NL1; 5d-variant 78 windturbines van 5 MW	77
APPENDIX A3:	86
Resultaten windpark BARD Offshore NL1; 12d-variant 32 windturbines van 5 MW ...	86

OVERZICHT VAN TABELLEN EN FIGUREN

Tabellen:

Tabel 3-1	Bezwijkvormen met de geschatte percentages van voorkomen en de schatting van de resulterende schade aan de turbine en het schip. .	16
Tabel 4-1	Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar voor de beschouwde inrichtingsvarianten	42
Tabel 4-2	Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar per MWh voor de beschouwde inrichtingsvarianten	42
Tabel 4-3	Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar per km ² voor de beschouwde inrichtingsvarianten	42
Tabel 4-4	Uitstroomkans en hoeveelheid van bunkerolie en ladingolie	44
Tabel 4-5	Uitstroom van bunkerolie en ladingolie als percentage van de uitstroom op het EEZ	44
Tabel 4-6	De uitstroom van bunkerolie en ladingolie per MWh	44
Tabel 4-7	De uitstroom van bunkerolie en ladingolie per km ²	44
Tabel 4-8	Scoretabel voor de effecten van het windpark BARD Offshore NL1 voor de scheepvaart.	46
Tabel 4-9	Cumulatieve effect voor BARD Offshore NL1 met EP Offshore NL1 en GWS Offshore NL1	49
Tabel 4-10	Risico en extra risico voor kruisend verkeer	61
Tabel 5-1	Aandrijffrequenties voor het windpark met en zonder de inzet van De Waker.	63
Tabel 6-1	Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar voor de beschouwde inrichtingsvarianten	65
Tabel 6-2	Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar per MWh voor de beschouwde inrichtingsvarianten	65
Tabel A1-1	Locatie met aanvaar/aandrijfkans per turbine (incl. High Voltage Station)	70
Tabel A1-2	Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor BARD Offshore NL1 variant 5 MW	71
Tabel A1-3	Kans op een bepaalde schade soort veroorzaakt door de verschillende scheepstypen.	71
Tabel A1-4	Schade aan het totale windpark.	71
Tabel A1-5	Verdeling aanvaar en aandrijfkansen over de scheepstypen en energieklassen voor alle windturbines.	72
Tabel A1-6	Frequentie en volume van een uitstroom van bunkerolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine.	73
Tabel A1-7	Frequentie en volume van een uitstroom van ladingolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine.	73
Tabel A1-8	Uitstroom van ladingolie en bunkerolie als gevolg van een aandrijving met een windturbine.	73
Tabel A1-9	Frequentie van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aandrijving van een windturbine.	74
Tabel A1-10	Overlijdensrisico bij aanvaren en aandrijven van een windturbine waarbij de mast met gondel op het schip valt.	74
Tabel A1-11	Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 3 MW turbines in compacte opstelling. .	75
Tabel A1-12	Cumulatief aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 3 MW turbines in compacte opstelling	75
Tabel A1-13	Cumulatief, kans op een aanvaring/aandrijving voor het geclusterd scenario in termen van eens in de zoveel jaar; andere parken ingericht met 3 MW turbines in compacte opstelling	75
Tabel A1-14	Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 5 MW turbines in compacte opstelling. .	76

Tabel A1-15	Cumulatief aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 5 MW turbines in compacte opstelling.....	76
Tabel A1-16	Cumulatief, kans op een aanvaring/aandrijving voor het geclusterd scenario in termen van eens in de zoveel jaar; andere parken ingericht met 5 MW turbines in compacte opstelling	76
Tabel A2-1	Locatie met aanvaar/aandrijfkans per turbine	79
Tabel A2-2	Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor BARD Offshore NL1; 5 MW 5d-variant.....	80
Tabel A2-3	Kans op een bepaalde schade soort veroorzaakt door de verschillende scheepstypen.....	80
Tabel A2-4	Schade aan het totale windpark.....	80
Tabel A2-5	Verdeling aanvaar en aandrijfkansen over de scheepstypen en energieklassen voor alle windturbines.....	81
Tabel A2-6	Frequentie en volume van een uitstroom van bunkerolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine.....	82
Tabel A2-7	Frequentie en volume van een uitstroom van ladingolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine.....	82
Tabel A2-8	Uitstroom van ladingolie en bunkerolie als gevolg van een aandrijving met een windturbine.....	82
Tabel A2-9	Frequentie van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aandrijving van een windturbine.....	83
Tabel A2-10	Overlijdensrisico bij aanvaren en aandrijven van een windturbine waarbij de mast met gondel op het schip valt.....	83
Tabel A2-11	Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 3 MW turbines in compacte opstelling	84
Tabel A2-12	Cumulatief aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 3 MW turbines in compacte opstelling.....	84
Tabel A2-13	Cumulatief, kans op een aanvaring/aandrijving voor het geclusterd scenario in termen van eens in de zoveel jaar; andere parken ingericht met 3 MW turbines in compacte opstelling	84
Tabel A2-14	Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 5 MW turbines in compacte opstelling	85
Tabel A2-15	Cumulatief aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 5 MW turbines in compacte opstelling.....	85
Tabel A2-16	Cumulatief, kans op een aanvaring/aandrijving voor het geclusterd scenario in termen van eens in de zoveel jaar; andere parken ingericht met 5 MW turbines in compacte opstelling.....	85
Tabel A3-1	Locatie met aanvaar/aandrijfkans per turbine	87
Tabel A3-2	Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor BARD Offshore NL1 5 MW variant 12d.....	88
Tabel A3-3	Kans op een bepaalde schade soort veroorzaakt door de verschillende scheepstypen.....	88
Tabel A3-4	Schade aan het totale windpark.....	88
Tabel A3-5	Verdeling aanvaar en aandrijfkansen over de scheepstypen en energieklassen voor alle windturbines.....	89
Tabel A3-6	Frequentie en volume van een uitstroom van bunkerolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine.....	90
Tabel A3-7	Frequentie en volume van een uitstroom van ladingolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine.....	90
Tabel A3-8	Uitstroom van ladingolie en bunkerolie als gevolg van een aandrijving met een windturbine.....	90
Tabel A3-9	Frequentie van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aandrijving van een windturbine.....	91

Tabel A3-10	Overlijdensrisico bij aanvaren en aandrijven van een windturbine waarbij de mast met gondel op het schip valt.	91
Tabel A3-11	Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 3 MW turbines in compacte opstelling .	92
Tabel A3-12	Cumulatief aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 3 MW turbines in compacte opstelling.....	92
Tabel A3-13	Cumulatief, kans op een aanvaring/aandrijving voor het geclusterd scenario in termen van eens in de zoveel jaar; andere parken ingericht met 3 MW turbines in compacte opstelling	92
Tabel A3-14	Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 5 MW turbines in compacte opstelling .	93
Tabel A3-15	Cumulatief aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 5 MW turbines in compacte opstelling.....	93
Tabel A3-16	Cumulatief, kans op een aanvaring/aandrijving voor het geclusterd scenario in termen van eens in de zoveel jaar; andere parken ingericht met 5 MW turbines in compacte opstelling.	93

Figuren:

Figuur 3-1	Systeemdiagram SAMSON	10
Figuur 3-2	Figuren van de verschillende bezwijkvormen.	14
Figuur 3-3	Windpark gezien vanaf het eigen schip	22
Figuur 3-4	Windpark gezien vanaf het schip met een klein schip in het buitenbeeld	22
Figuur 3-5	Opstelling windturbines in vierkant evenwijdig aan vaarlinks (I)	25
Figuur 3-6	Opstelling windturbines in dichte opstelling versprongen (II)	26
Figuur 3-7	Opstelling versprongen maar net als II maar 90° gedraaid (III).....	26
Figuur 3-8	Opstelling vierkant als I maar dan 45° gedraaid (IV).....	27
Figuur 3-9	Schaduwstukken > 10 m, > 20 m en > 30 m.....	28
Figuur 3-10	Schaduw > 30 m, > 40 m en maximale lengte van een schaduwstuk	29
Figuur 3-11	Opstelling windturbines in vierkant evenwijdig aan vaarlinks, vaarafstand 500 m	30
Figuur 3-12	Opstelling windturbines in vierkant evenwijdig aan vaarlinks, vaarafstand 1000 m	30
Figuur 3-13	Opstelling windturbines in vierkant evenwijdig aan vaarlinks, afstand tussen turbines 580 m en vaarafstand 500 m	31
Figuur 3-14	Schaduw > 10 m, > 20 m en > 30 m lengte van een schaduwstuk voor de gevoeligheidsanalyse.....	32
Figuur 3-15	Schaduw > 40 m, > 50 m en maximale lengte van een schaduwstuk voor de gevoeligheidsanalyse.....	33
Figuur 3-16	NUC-records met snelheid over de grond < 6 knopen en drifthoek > 30° (maart -december 2005).....	34
Figuur 3-17	Aantal storingen op traject tot havenmond.....	36
Figuur 3-18	Aantal storingen op traject tot havenmond.....	36
Figuur 4-1	Verkeersbeeld bij windparklocatie BARD Offshore NL1 in de huidige situatie	38
Figuur 4-2	De windparklocatie BARD Offshore NL1 vrijgemaakt van scheepvaartverkeer	38
Figuur 4-3	De windparklocatie BARD Offshore NL1 (variant 5d) vrijgemaakt van scheepvaartverkeer.	39
Figuur 4-4	Schets van de lay-out van de tripod windturbine.....	40
Figuur 4-5	BARD Offshore NL1 (geclusterd scenario)	48
Figuur 4-6	Verkeersafwikkeling bij Den Haag II voor het nieuwe verkeersscheidingsstelsel	51
Figuur 4-7	Routegebonden met niet-routegebonden, 5 MW; Diepwaterroute naar Duitse Bocht met noordgaande niet-routegebonden schip	52
Figuur 4-8	Routegebonden met niet-routegebonden, 5 MW 5d-variant; Diepwaterroute naar Duitse Bocht met noordgaande niet- routegebonden schip	53
Figuur 4-9	Routegebonden met niet-routegebonden, 5 MW 12d-variant; Diepwaterroute naar Duitse Bocht met noordgaande niet- routegebonden schip	53
Figuur 4-10	Routegebonden met niet-routegebonden; aantal schaduwstukken >10m, >20m en 30m.....	54
Figuur 4-11	Routegebonden met niet-routegebonden; aantal schaduwstukken >40m, >50m en maximale lengte van een schaduwstuk	55
Figuur 4-12	Niet-routegebonden, 5 MW	56
Figuur 4-13	Niet-routegebonden, 5 MW 5d-variant;	57
Figuur 4-14	Niet-routegebonden, 5 MW 12d-variant;	57
Figuur 4-15	Niet-routegebonden; aantal schaduwstukken >10m, >20m en 30m. 58	
Figuur 4-16	Niet-routegebonden; aantal schaduwstukken >40m, >50m en maximale lengte van een schaduwstuk	59

Figuur A1-1	Windpark BARD Offshore NL1, basis variant met 78 windturbines van 5 MW	68
Figuur A1-2	Totale aanvaringsfrequentie per jaar boven een bepaald kinetisch energieniveau (routegebonden en niet-routegebonden verkeer)	72
Figuur A2-1	Windpark BARD Offshore NL1, 5d- variant met 78 windturbines van 5 MW	77
Figuur A2-2	Totale aanvaringsfrequentie per jaar boven een bepaald kinetisch energieniveau (routegebonden en niet-routegebonden verkeer)	81
Figuur A3-1	Windpark BARD Offshore NL1, 12d-variant met 32 windturbines van 5 MW	86
Figuur A3-2	Totale aanvaringsfrequentie per jaar boven een bepaald kinetisch energieniveau (routegebonden en niet-routegebonden verkeer)	89

1 INLEIDING

Dit rapport beschrijft de veiligheidsstudie voor het offshore windpark "BARD Offshore NL1" die het MARIN in opdracht van BARD Engineering GmbH heeft uitgevoerd. Hierbij worden de effecten op de scheepvaart door de aanwezigheid van het windpark gekwantificeerd. De berekeningen worden uitgevoerd voor drie inrichtingsvarianten.

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. Dit hoofdstuk is voor iedere veiligheidsstudie voor de milieueffectrapportage van een windpark gelijk gehouden. Dit hoofdstuk bevat geen windpark specifieke gegevens. Dit hoofdstuk kan dus worden overgeslagen wanneer men bekend is met de werkwijze.

De resultaten van de veiligheidsstudie voor windpark BARD Offshore NL1 worden gegeven in hoofdstuk 4.

In hoofdstuk 5 wordt ingegaan op maatregelen die het risico voor de scheepvaart kunnen verkleinen.

In hoofdstuk 6 wordt de conclusie geformuleerd en de gunstigste inrichtingsvariant genoemd.

2 DOELSTELLING

Het bepalen van de effecten voor de scheepvaart voor drie inrichtingsvarianten van het windpark BARD Offshore NL1. De effecten worden als volgt gekwantificeerd:

- De kans op een aanvaring/aandrijving van een windmolen per jaar.
- De milieueffecten in termen van uitstroom van bunkerolie en ladingolie als gevolg van een aanvaring met een windmolen.
- Persoonlijk letsel in termen van het verwachte aantal doden als gevolg van een aanvaring met een windmolen.

Het schatten van de effecten voor de scheepvaart door het windpark buiten de locatie van het park.

3 WERKWIJZE

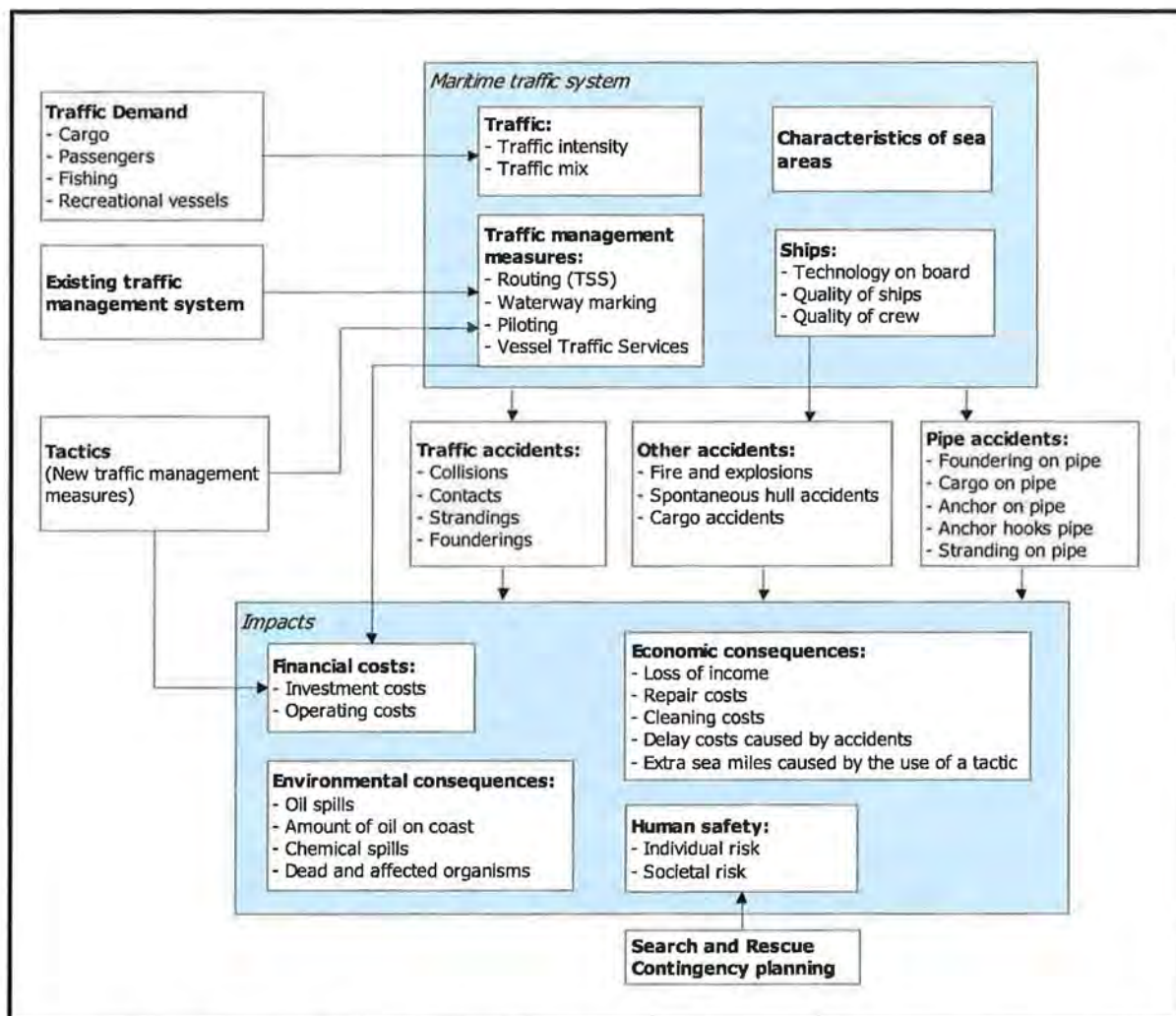
3.1 SAMSON

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

In Figuur 3-1 wordt het systeemdiagram weergegeven van het SAMSON-model, vrijwel alle blokken in dit diagram zijn beschikbaar binnen het model. Het grote blok "Maritime traffic system" (rechts boven) bevat vier sub-blokken. Deze vier sub-blokken beschrijven het verkeersbeeld; het aantal scheepsbewegingen, de scheepskenmerken (lengte enz.) 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 het windpark heeft gevolgen voor de scheepvaart. Een schip dat nu een route volgt door het toekomstige windpark, zal in de toekomst zijn route moeten verleggen en het windpark op minimaal 500 meter afstand passeren. Dit betekent dat dit schip **hinder** ondervindt van het windpark. Er zijn echter meer gevolgen. Doordat het schip een andere route neemt krijgen de scheepvaartroutes buiten het windpark een hogere (misschien fractioneel) intensiteit. Als gevolg van de hogere intensiteiten op deze routes is het de verwachting dat het aantal ontmoetingen en dus ook het aantal ongevallen toeneemt.

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

- Een **ramming** (aanvaring) is het gevolg van een navigatie fout, wanneer de navigator van een schip, dat op ramkoers ligt met een windturbine van het windpark, niet of te laat reageert. Een navigatiefout kan verschillende oorzaken hebben zoals, onwetendheid, het niet zien van het windpark, het niet aanwezig zijn op de brug, onwel worden en niet kunnen reageren etc. De snelheid bij de aanvaring is hoog.
- Een **drifting** (aandrijving) treedt op wanneer een schip door een machinestoring niet meer manoeuvreerbaar is. In eerste instantie zal men proberen voor anker te gaan, maar indien dit niet mogelijk is, is het schip overgeleverd aan wind, golven en stroom. Een driftend schip kan vervolgens tegen een windturbine van het windpark komen zonder dat men dit aan boord kan voorkomen. De aanvaring is dwarsscheeps en de snelheid gering.

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

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

3.3 Model Invoer en uitgangspunten

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

3.3.1 Verkeer

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

Het *routegebonden* verkeer is gemodelleerd op scheepvaartroutes over de Noordzee. Vanwege de ligging van de havens en de verkeersscheidingsstelsels in de Nederlandse Economische Exclusieve Zone 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. Dit aandeel is echter zeer klein aangezien de links met elkaar alle kortste verbindingen tussen havens omvatten. De intensiteiten (aantal schepen dat per jaar passeert) op de scheepvaartroutes worden bepaald door alle scheepsreizen van een jaar die geheel of gedeeltelijk over de Noordzee hebben plaatsgevonden toe te wijzen aan deze links. Al deze scheepsreizen worden door Lloyd's Marine Intelligence Unit (voorheen Lloyd's Maritime Information Services) verzameld. De laatste keer dat deze informatie ten behoeve van SAMSON is gekocht en verwerkt betrof alle scheepsreizen van het jaar 2004.

Bij het samenstellen van de verkeersdatabase voor 2004 is rekening gehouden met de autonome ontwikkeling van windparken, dus zijn de locaties Q7 en Near Shore Windpark al meegenomen bij het bepalen van de routes en is tevens rekening gehouden met het toekomstige verkeersscheidingsstelsel in Rotterdam dat naar verwachting in gebruik is wanneer het windpark gebouwd wordt.

Voor de locatie wordt een aangepaste verkeersdatabase voor 2004 gegenereerd, waarbij ervoor wordt gezorgd dat het *routegebonden* verkeer niet door de desbetreffende windparklocatie vaart. De aanvaar-/aandrijf kansen voor de turbines worden alleen bepaald voor de aangepaste verkeersdatabase, de database waarbij de locatie voor het windpark is vrijgemaakt.

Het *niet-routegebonden* verkeer (visserij, supplyvaart, werkvaart en recreatievaart) kan niet op de voorgaande wijze worden gemodelleerd. Enerzijds omdat Lloyd's deze informatie niet verzamelt, maar ook omdat het gedrag van dit verkeer op zee duidelijk anders is. Men vaart niet van haven A naar haven B langs duidelijke routes, maar van haven A naar een of meerdere bestemmingen op zee en vervolgens meestal weer terug naar de vertrekhaven A. Het gedrag op zee is meestal onvoorspelbaar. Vissers varen bovendien nog vaak heen en weer in een visgebied. Dit is de reden waarom dit verkeer door middel van dichtheden in SAMSON is gemodelleerd. De gemiddelde dichtheid in 8

bij 8 km gridcellen komt uit het Verkeers Onderzoek NOordzee Visuele Identificatie (VONNOVI). VONNOVI is gebruikt voor de validatie van de scheepvaartroutes van het *routegebonden* verkeer en voor het bepalen van de benodigde dichtheden van het *niet-routegebonden* verkeer.

Tijdens een VONNOVI-vlucht wordt een aantal raaien afgevlogen. Zodra men een schip dat binnen een raai vaart ziet, wordt de positie en de scheepsnaam genoteerd. Later worden andere scheepskenmerken toegevoegd en worden alle waarnemingen verwerkt. Voor de berekeningen wordt gebruik gemaakt van de verkeersdichtheden op basis van de VONNOVI-vluchten van 1999 -2001. Het overgrote deel van de *niet-routegebonden* scheepvaart bestaat uit vissers.

Supplyvaart: De supplyvaart verzorgt de bevoorrading van de platforms. Ze onderscheiden zich van de vissers, recreatievaart doordat de bestemming vaak vast ligt. IJmuiden en Den Helder zijn supply bases. Er is relatief veel supplyvaart. Deze vaart gedraagt zich direct buiten de havens veel meer als *routegebonden* vaart. De supplyvaart is dan ook uit het *niet-routegebonden* verkeer gehaald en op extra links aan de routestructuur van de *routegebonden* schepen toegevoegd.

3.3.2 Gebruikte modellen

Het totale SAMSON-model bestaat uit verschillende submodellen voor de verschillende ongevallen. Om het effect van het windpark te kwantificeren op de locatie van het wind park 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 navigatie fout (ramming)
 - als gevolg van een motorstoring (drifting)

Om het effect van het windpark voor de scheepvaart buiten de windparklocatie te schatten, wordt het risiconiveau met en zonder het windpark vergeleken. Om het "algemene" risiconiveau vast te stellen worden de volgende modellen gebruikt:

- Schip-schip aanvaringen
- Contact met een platform
 - als gevolg van een navigatie fout (ramming)
 - als gevolg van een motorstoring (drifting)
- Contact met een pier
 - als gevolg van een navigatie fout (ramming)
 - als gevolg van een motorstoring (drifting)
- Stranden
 - als gevolg van een navigatie fout (ramming)
 - als gevolg van een motorstoring (drifting)

3.4 Gevolgschade

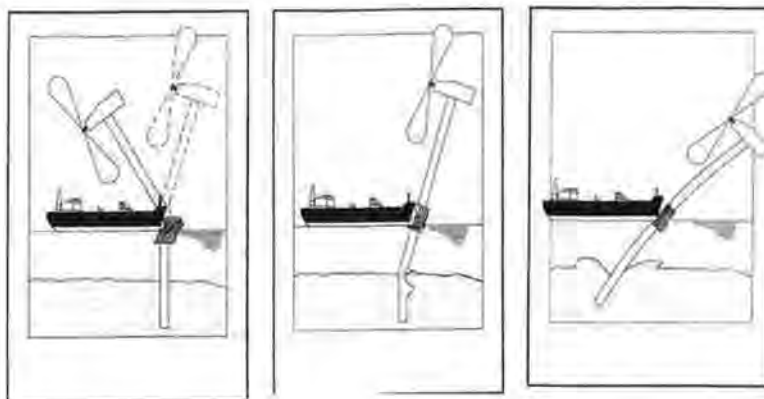
Als gevolg van een aandrijving of een aanvaring van een windturbine kan schade ontstaan, zogenaamde gevolgschade. Deze schade bestaat uit schade aan de windturbine, schade aan het schip, milieu schade als gevolg van een uitstroom van olie bij schade aan een schip en persoonlijk letsel als gevolg van 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 energie welke maximaal aanwezig is in de botsing te bepalen. Deze energiemaat wordt gebruikt om deels op basis van ervaring deels op basis van complexe berekeningen de schade aan het schip te bepalen die in aanvaring met elkaar of een object komen. 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 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 [3]. Hieruit bleek dat voor bijna alle scheepstypen de windturbine statisch gezien bezwijkt en daarbij slechts een fractie van de energie dissipeert. Voor de verdere analyse van de gevolgschade worden de volgende twee bezwijkvormen onderscheiden:

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



Figuur 3-2

Figuren van de verschillende bezwijkvormen.

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

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

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

Bij aandrijving van een windturbine wordt geen milieuschade verwacht omdat de windturbine zodanig is opgebouwd dat er geen uitsteeksels zijn die de huid van het tegen de windturbine drijvende schip beschadigen.

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

Wel komt er een zeer geringe hoeveelheid olie in het water van de windturbine zelf wanneer deze omvalt of bezwijkt. De verontreiniging bestaat uit 250 liter minerale olie (qua viscositeit en verdamping vergelijkbaar met de SAMSON-categorie ladingolie) en maximaal 100 liter dieselolie (qua viscositeit en verdamping vergelijkbaar met SAMSON-categorie bunkerolie).

Bezwijk- vormen	Scheepsgrootte	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 ¹	Dek	0%	Ja	Geen						
	1600-10000	10%	Gos Mos	Dek	5%	Gos Mos	Dek						
	10000-30000	10%	Gos Mos	Dek	10%	Gos Mos	Dek						
	30000-60000	10%	Gos Mos	Dek	10%	Gos Mos	Dek						
	60000-100000	10%	Gos Mos	Dek	10%	Gos Mos	Dek						
	>100000	10%	Gos Mos	Dek	10%	Gos Mos	Dek						
Schar- nieren	<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

Tabel 3-1

Bezwijkvormen met de geschatte percentages van voorkomen en de schatting van de resulterende schade aan de turbine en het schip.

¹

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

3.4.2 Bepalen van persoonlijk letsel

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

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

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

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

3.5 Effecten voor de scheepvaart

Het gebied van het windpark indien het eenmaal gebouwd is vormt een "verboden" gebied voor alle scheepvaart (met uitzondering reparatie/onderhoudsvaartuigen). Het is dus goed mogelijk dat schepen een andere route moeten volgen dan voor de bouw van het windpark (vergelijk Figuur 4-1 en Figuur 4-2). Hierdoor verandert het verkeersbeeld rond het windpark. Het kan zijn dat op sommige locaties de verkeersintensiteit toeneemt en op andere juist af. De verschuiving van de verkeersintensiteit heeft effect op de "algemene" veiligheid van de scheepvaart.

In de POLSSS (POLicy for Sea Shipping Safety) studie [2] voor het Directoraat-Generaal Goederenvervoer (DGG) is gebruik gemaakt van een scorekaart voor het weergeven van effecten voor de scheepvaart van maatregelen. De aanwezigheid van het windpark heeft invloed op de verkeersafwikkeling en heeft daardoor effect op de

veiligheid voor de scheepvaart. Vanuit de POLSSS-scorekaart is de windpark-scorekaart afgeleid door een aantal (voor het windpark) nauwelijks ter zake doende items te verwijderen.

Scorekaart

De resultaten voor de situatie met een windpark worden steeds vergeleken met de nulsituatie voor het windpark, de zogenaamde autonome situatie. De autonome situatie is hier de verkeersafwikkeling zonder het windpark voor het jaar 2004, voor het bepalen van de autonome verkeersdatabase is rekening gehouden met de aanleg van het windpark Q7 en het NearShoreWindpark.

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

De scorekaart bevat de volgende items:

Algemeen:

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

Veiligheid:

- Het aantal schepen (routegebonden en niet-routegebonden) dat per jaar betrokken is bij een aanvaring tussen schepen;
- Het aantal strandingen per jaar als gevolg van een navigatie fout (rammen);
- Het aantal strandingen per jaar als gevolg van een motorstoring (driften);
- Het aantal aanvaringen tegen een platform door een navigatie fout (rammen);
- Het aantal aandrijvingen tegen een platform door een motorstoring (driften);
- Het aantal schepen dat gemiddeld per jaar zinkt;
- Het verwachte aantal incidenten per jaar dat er door de externe omstandigheden een gat in de huid ontstaat, waardoor bijvoorbeeld olie in zee kan stromen;
- Het verwachte aantal ongevallen per jaar met brand en/of een explosie aan boord;
- Totaal aantal ongevallen per jaar.

Economisch effect:

Door de aanwezigheid van het windpark kan het zijn dat schepen moeten "omvaren", dit brengt extra kosten met zich mee. Als economisch effect van het windpark worden de totale kosten voor alle afgelegde zeemijlen per jaar gegeven.

3.6 Cumulatieve effect

Naast het windpark beschreven in dit rapport wordt wellicht een aantal andere windparken gebouwd in de EEZ. Het cumulatieve effect van deze windparken op de verkeersveiligheid wordt naast de bijdrage van het onderhavige park inzichtelijk gemaakt.

Het totale vermogen voor windenergie op zee waarvoor initiatieven zijn ontplooid overstijgt vele malen de verwachting van het uiteindelijke vermogen dat naar verwachting gerealiseerd zal worden. Het is daarom niet realistisch om alle windparken mee te nemen bij de berekening van het cumulatieve effect.

In navolging van de richtlijnen voor het MER wordt bij de bepaling van het cumulatieve effect uitgegaan van:

- het onderhavige windpark;
- realisatie van windturbineparken in de nabijheid van het windpark met een gezamenlijk vermogen van ten minste 1000 MW;
- de maximaal mogelijke energieopbrengst van de beschikbare ruimte, dus maximale bezetting van de beschikbare oppervlakte.

Het cumulatieve effect wordt voor iedere inrichtingsvariant van het onderhavige park bepaald voor twee scenario's voor de andere windparken, namelijk:

- de minimumvariant met 3 MW turbines;
- de maximumvariant met 5 MW turbines.

Voor het bepalen van de cumulatieve effecten op de scheepvaartveiligheid van een aantal windparken samen is het **eigenlijk nodig** dat de inrichtingen van alle windparken die hierin meegenomen worden, bekend zijn. Deze inrichting is echter op het moment van het opstellen van de startnotitie nog niet bekend. Het vrijmaken van alle windparklocaties van scheepvaartverkeer en het opvullen van alle locaties met windturbines geeft dan ook een "schijnnaauwkeurigheid" die niet nodig is. Immers door een andere invulling van een windparklocatie door een andere initiatiefnemer dan verondersteld zal het cumulatieve effect al anders worden dan berekend. Daarom wordt een berekeningsmethode gehanteerd die inzicht geeft in het cumulatieve effect zonder in detail de inrichting van de andere windparken te kennen.

Bij het bepalen van het cumulatieve effect wordt voor de andere windparken uitgegaan van de uiterste begrenzingen van de locatie. Verder wordt voor de parken die nog niet vergund zijn gerekend met:

- een volledige bezetting van het gebied binnen de in de startnotitie genoemde coördinaten.

Bij het maken van een inrichting van de beschikbare ruimte met windturbines blijkt dat de totale energieopbrengst van de beschikbare ruimte nagenoeg gelijk blijft wanneer windturbines met groter vermogen worden gebruikt. De reden is dat windturbines met een groter vermogen meer ruimte nodig hebben, waardoor er minder geplaatst kunnen worden.

Deze methode analoog aan de richtlijnen leidt tot een ander aantal windturbines en een ander geïnstalleerd vermogen dan in de startnotitie van het windpark is opgenomen. De afwijkingen ontstaan doordat in de startnotitie een andere invulling, dan wel het gebruik van een ander type turbine, is genoemd. Bovendien zijn er afwijkingen tussen in de

startnotitie genoemde oppervlaktes van het windpark en de berekende oppervlakte van de beschikbare ruimte (tussen de uiterste coördinaten).

Bij de berekening wordt bij de minimumvariant uitgegaan van 3 MW windturbines die compact staan opgesteld met een dichtheid van 4.8 windturbine per km². Deze dichtheid van 4.8 windturbine per km² is bepaald uit een aantal windparken waarvan de compacte inrichting met 3 MW turbines bekend is. Aangezien er bij kleinere oppervlaktes meer ruimteverlies is wordt een **oppervlakteafhankelijke correctiefactor toegepast**. Deze methode leidt tot het aantal windturbines van 3 MW dat wordt meegenomen in de minimumvariant.

Bij de maximumvariant wordt het windpark gevuld met turbines van 5 MW ook in een compacte opstelling. Doordat de benodigde ruimte per turbine groter is zal het totaal geïnstalleerd vermogen nauwelijks veranderen. Er wordt bij de maximumvariant gerekend met $3/5 \times 4.8 = 2.88$ windturbine per km² bij de maximumvariant, waarop weer dezelfde oppervlakteafhankelijke correctiefactor wordt toegepast. Deze aanpak zorgt er ook voor dat bij de minimumvariant en maximumvariant met dezelfde verzameling van windparken wordt gewerkt. Ook zorgt deze aanpak voor een consistente berekening van het risico van alle windparken van andere initiatiefnemers.

Het effect van een windpark op de scheepvaartveiligheid wordt vooral bepaald door:

- Aanvaringen en aandrijvingen met een windturbine van het windpark.
- De kans op uitstroom van lading of bunkerolie.
- Verhoogde kans op aanvaringen tussen schepen onderling door een grotere concentratie van de scheepvaart op de scheepvaartroutes langs de windparken.
- De mogelijke omweg ten gevolge van de aanwezigheid van de windparken, welke leidt tot economische verliezen en een verhoogde kans op een ongeval door de langere route.

In opdracht van de Directie Transportveiligheid, onderdeel van Directoraat-Generaal Goederenvervoer (het huidige DGTL), is een studie [4] uitgevoerd naar het effect van ruimteclaims in de Noordzee op de veiligheid van de scheepvaart. In deze studie is al het verkeer door de zogenaamde clearways geleid en nagegaan wat dit betekent in termen van extra risico en economische gevolgen. Het effect is minimaal, namelijk niet meer dan een paar procent verandering. De locaties voor de windparken liggen buiten deze clearways, wat betekent dat het cumulatieve effect van de windparken op de veiligheid van de scheepvaart als gevolg van de aanwezigheid van de windparken, genoemd achter de laatste twee aandachtspunten hierboven, dus door de hogere concentratie van de scheepvaart, minimaal is. Deze effecten blijven daarom bij het afschatten van het cumulatieve effect buiten beschouwing.

Door de aanwezigheid van windparken zullen echter nieuwe ongevallen optreden, waarbij een windturbine wordt aangevaren of er een aandrijving met een windturbine plaatsvindt. Deze nieuwe ongevallen worden in het MER bepaald en zijn in de clearways studie [4] buiten beschouwing gelaten, omdat er in die studie vrije zee naast de clearways aanwezig was. De wijze waarop het cumulatieve risico genoemd onder de eerste twee aandachtspunten kan worden geschat wordt nu geschatst.

Berekening van het risico voor een windpark van een ander initiatief

Van ieder windpark, dat meegenomen wordt in een scenario van het cumulatieve effect, worden de uiterste coördinaten gehaald van www.noordzeeloket.nl en gecontroleerd met de coördinaten genoemd in bijbehorende startnotitie. Op ieder hoekpunt, dus coördinatenpaar, wordt een windturbine van 3 MW voor de minimumvariant en een

windturbine van 5 MW voor de maximumvariant geplaatst en ook een windturbine in het midden van het gebied. De aanvaarkans en aandrijfkans wordt voor de turbines op deze posities bepaald. Uit de waarden op de hoekpunten en die van het midden wordt de gemiddelde aanvaarkans en aandrijfkans voor een turbine in de locatie geschat. De uitkomsten van deze berekeningen zijn vergeleken met de resultaten van detailberekeningen van locaties die reeds door MARIN zijn uitgevoerd. Op basis hiervan zijn correctiefactoren bepaald, die vervolgens worden toegepast om een betere schatting te verkrijgen voor de windparken die meegenomen worden bij de bepaling van het cumulatieve effect. Deze factoren zijn afhankelijk van de grootte van het windpark. Bij een groter windpark is er over het algemeen minder ruimteverlies en is er ook een grotere afscherming van de binnenste windturbines.

De uitstroom van ladingolie is bepaald door aan te nemen dat de kans op een uitstroom gegeven een aanvaring of aandrijving voor de beschouwde parken gelijk is aan dat van het onderhavige windpark.

3.7 Kruisende scheepvaart

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

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

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

Er is specifiek voor dit "worst case" scenario gekozen omdat een schip in de ontmoetingssituatie, om een aanvaring te voorkomen, in eerste instantie naar stuurboord zal uitwijken. Hier doet zich dan een probleem voor omdat het windpark zich aan deze kant bevindt. Figuur 3-3 en Figuur 3-4 zijn twee opnames van wat men kan zien vanaf de brug van het eigen schip. Het eigen schip is het schip waarvoor in de

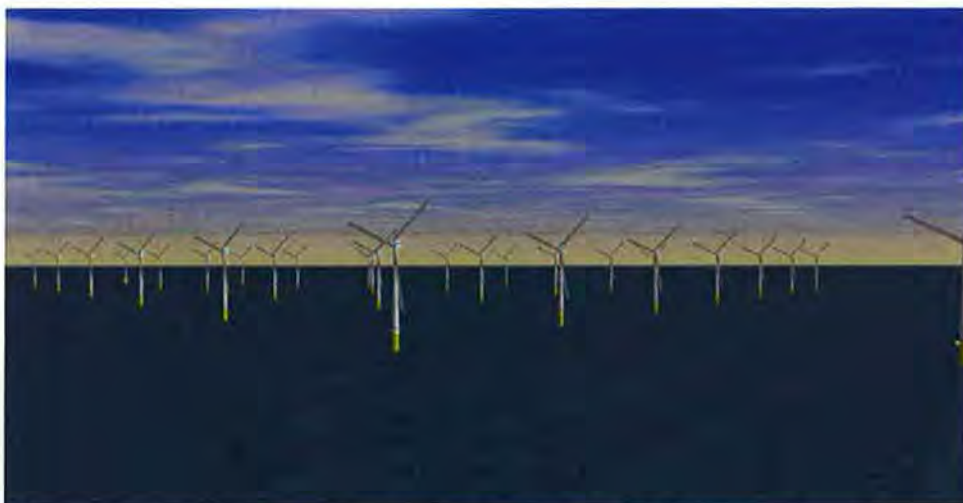
simulator het buitenbeeld wordt geprojecteerd en dat bedienbaar is. In Figuur 3-3 is nog geen tweede schip te zien en in Figuur 3-4 is het tweede schip wel aanwezig. Het feit dat het tweede schip slecht te zien is, komt meer door de foto dan door de verstoring van de windturbines.

Voor dit scenario zijn de volgende parameters gevarieerd:

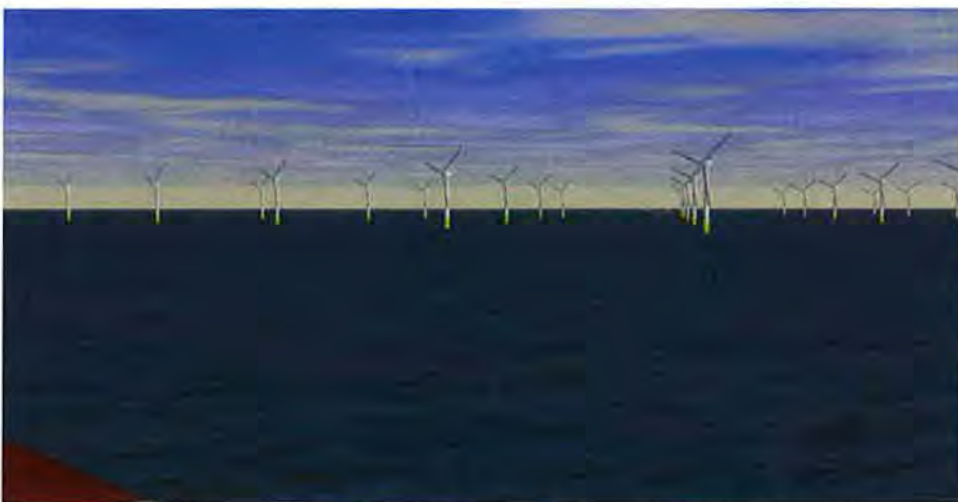
- Dag en nacht;
- Configuratie van het windpark;
- Afstand tot het windpark.

Op de simulator zijn drie windparken gemodelleerd:

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



Figuur 3-3 Windpark gezien vanaf het eigen schip



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

De runs zijn uitgevoerd voor een passageafstand van 500 meter en 1000 meter voor beide schepen. In de vele runs die uitgevoerd zijn op de simulator, kon het schip steeds tijdig gesignaleerd worden, zowel visueel als op de radar. Dit geeft echter geen garantie voor de praktijk. In de praktijk kunnen er meer schepen varen die de uitwijkmanoeuvre kunnen bemoeilijken. Op de simulator is 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 500 meter is, men in de praktijk op grotere afstand langs het windpark zal varen, juist om ervoor te zorgen dat men naar stuurboord kan uitwijken. ("Preparedness" is een belangrijke eigenschap voor goed zeemannschap). Dit zal zeker worden gedaan door moeilijk manoeuvreerbare schepen. Bovendien komt de situatie zoals hier beschreven lang niet bij ieder windpark voor. Bij veel parken zorgt de normale scheepsafwikkeling, gegeven de herkomst en bestemming, vaak voor grotere afstanden tot het windpark dan de 500 en 1000 m die in de simulatorruns zijn gebruikt. Op de specifieke aspecten voor een windpark wordt in hoofdstuk 4 ingegaan.

Met behulp van een simulatorstudie kunnen kwalitatieve uitspraken worden gedaan, maar is het onmogelijk om een bepaald risico te kwantificeren. De simulatorstudie heeft aangetoond dat de verstoring van het zicht en het radarbeeld niet zo groot is dat dit direct tot onoverkomelijke problemen zal leiden.

Als vervolg op de simulatorstudie is gezocht naar een methode om de mate van zicht en radarverstoring op een andere manier te kwantificeren. Met andere woorden, een methode waarmee in ieder geval de grootteorde van het probleem kan worden gekwantificeerd, die gebruikt kan worden om verschillende windparken onderling op doorzichtbaarheid te vergelijken. De methode is opgezet voor zichtlijnen, maar het resultaat hiervan geldt tevens voor de radar. Met de radar kan zelfs iets achter het object worden gekeken, maar een radar heeft als nadeel dat er meer verstoringen optreden. De resultaten voor ieder windpark worden gegeven door een aantal kenmerken over schaduwstukken en zichtstukken in figuren weer te geven. In dit hoofdstuk worden vier generieke configuraties van het windpark beschouwd. In hoofdstuk 4 worden voor de opstellingen van het eigen windpark dezelfde figuren gemaakt.

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

De berekeningen in dit generieke stuk zijn gemaakt voor vier opstellingen zoals weergegeven in Figuur 3-5, Figuur 3-6, Figuur 3-7 en Figuur 3-8, welke als representatief beschouwd kunnen worden voor een windpark met 3 MW windturbines. Het effect van de opstelling is nagegaan voor deze opstellingen waarbij de kruisende schepen op een afstand van 500 m van het windpark varen.

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

- 40 schaduwstukken groter dan 10 m bevat;
- waarvan 10 schaduwstukken groter dan 20 m;
- waarvan 5 groter dan 30 m;
- waarvan 2 groter dan 40 m;
- een enkele schaduw groter dan 50 m;
- en de maximale schaduw ongeveer 70 m bedraagt.

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

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

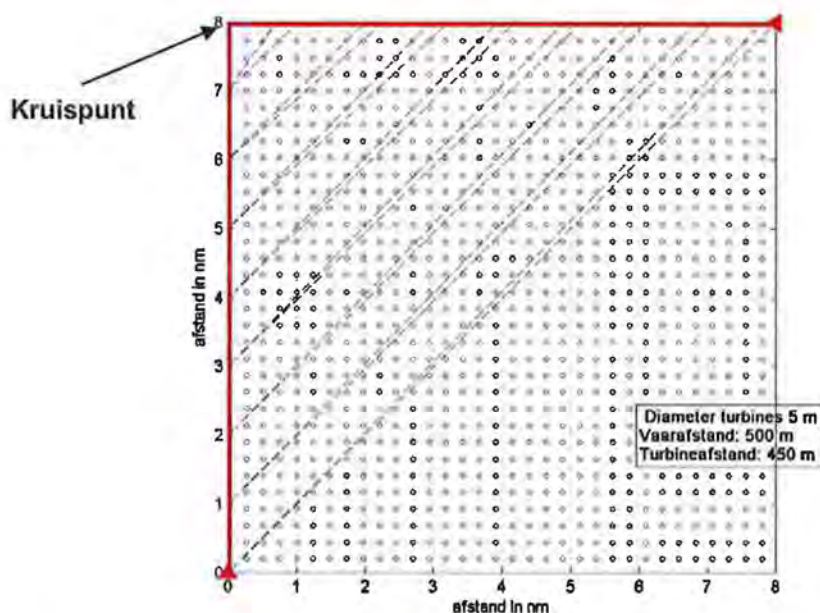
De doorzichtbaarheid verandert als de afstand tot het windpark groter wordt en ook wanneer de afstand tussen de windturbines anders wordt. Om dit te onderzoeken zijn er nog drie opstellingen met elkaar vergeleken, maar dan alleen voor de eerste opstelling met de windturbines in een vierkant. De eerste opstelling in Figuur 3-11 is gelijk aan die van Figuur 3-5. Figuur 3-12 bevat dezelfde opstelling maar dan voor een vaarafstand van 1000 m en Figuur 3-13 toont de opstelling die representatief is voor een windpark met 5 MW turbines met een afstand van 580 m en een diameter van 6 m. De plaatjes met de schaduw lengtes worden gegeven in Figuur 3-14 en Figuur 3-15. Hieruit is duidelijk te halen dat de rode lijn het beste is met de minste schaduwstukken, dus dat de vaarafstand een belangrijke factor is. De groene lijn ligt ook meestal onder de blauwe lijn, wat betekent dat een windpark met 5 MW turbines beter is dan een 3 MW park maar

dat door de toegenomen diameter een deel van het voordeel wordt weggenomen. Ook leidt de toegenomen diameter tot een iets grotere maximale schaduw.

Conclusie

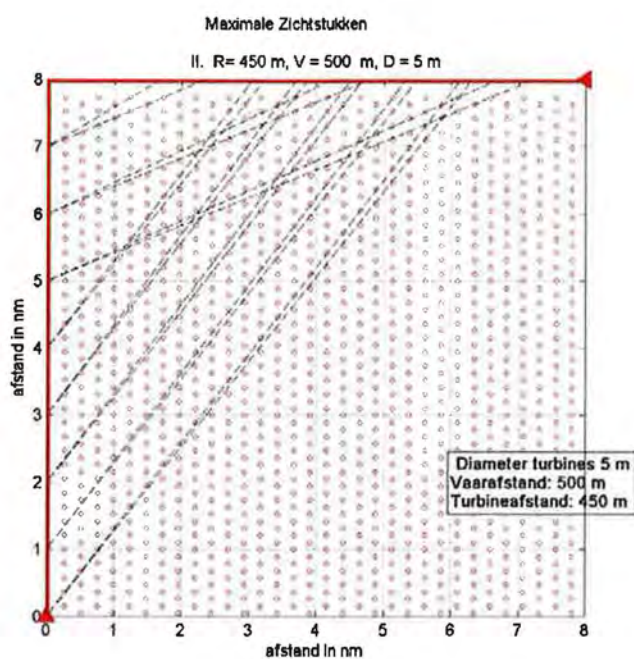
Uit het voorgaande kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De ondoorzichtbaarheid van een windpark is niet erg gevoelig voor de opstelling van de windturbines, mits regelmatig opgesteld in rijen, de versprongen opstelling heeft wel als voordeel dat er meer turbines op dezelfde oppervlakte kunnen worden geplaatst;
- De ondoorzichtbaarheid wordt bij langs varen kleiner wanneer de afstand tot het park groter wordt;
- De ondoorzichtbaarheid van een windpark met 5 MW turbines is iets minder groot, maar het voordeel van de grotere afstand tussen de windturbines wordt deels tenietgedaan door de grotere diameter van de windturbine.



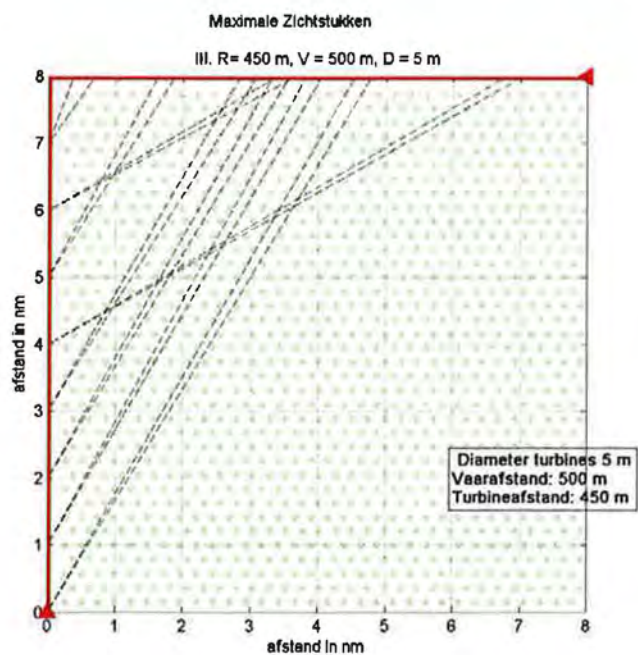
Figuur 3-5

Opstelling windturbines in vierkant evenwijdig aan vaarlinks (!)



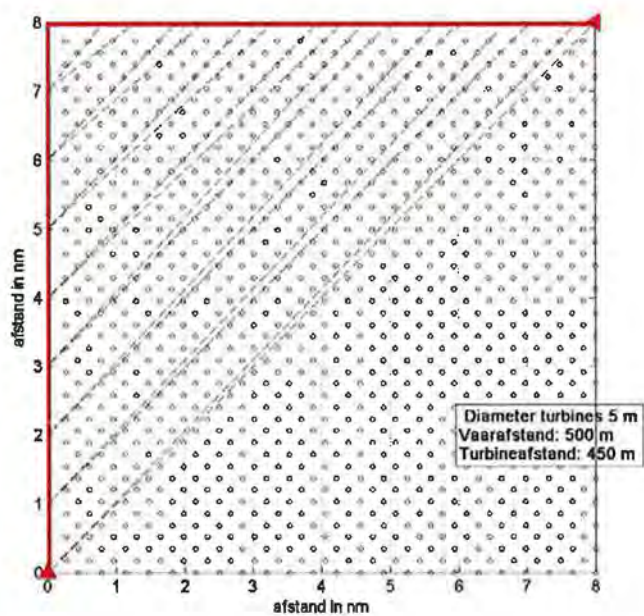
Figuur 3-6

Opstelling windturbines in dichte opstelling versprongen (II)



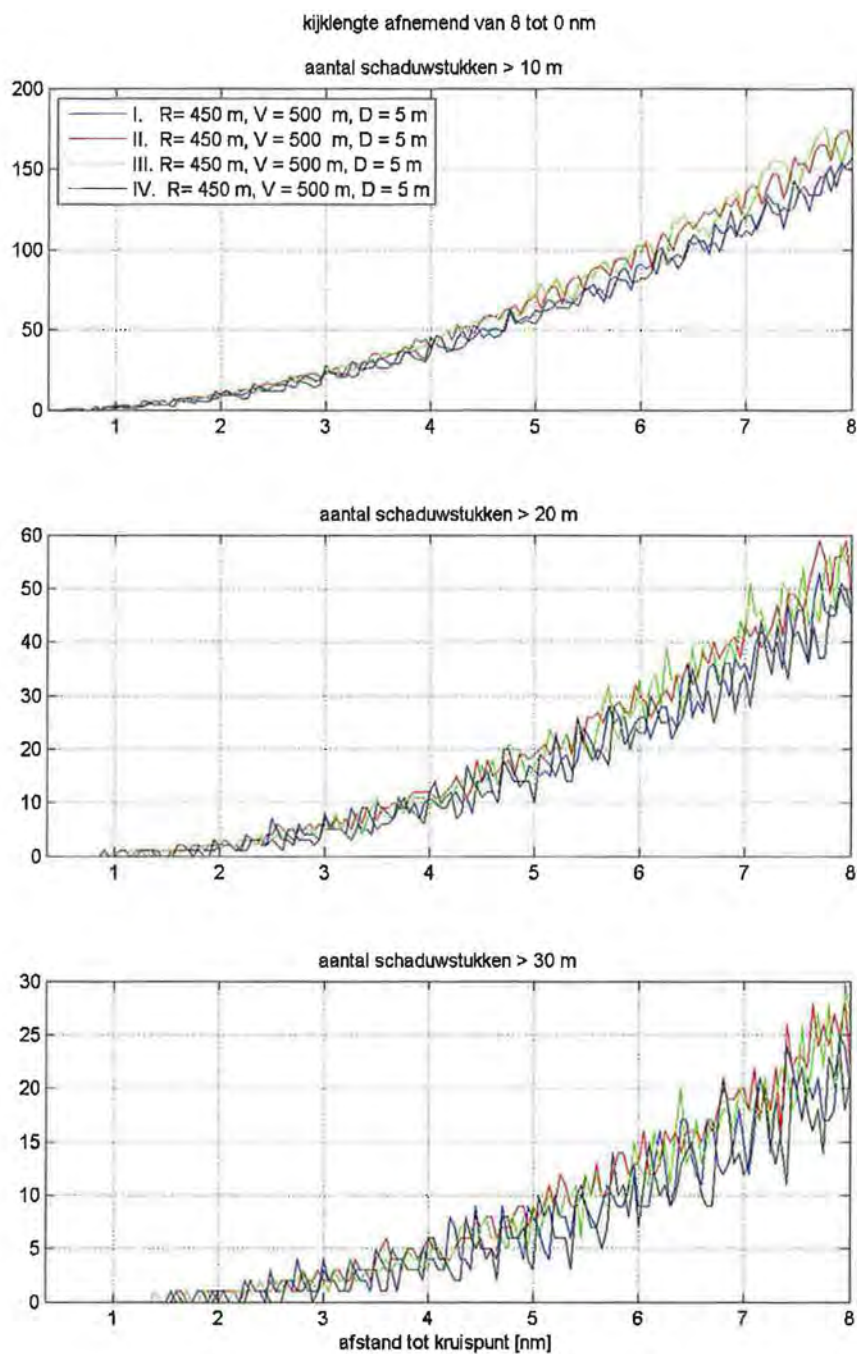
Figuur 3-7

Opstelling versprongen maar net als II maar 90° gedraaid (III)



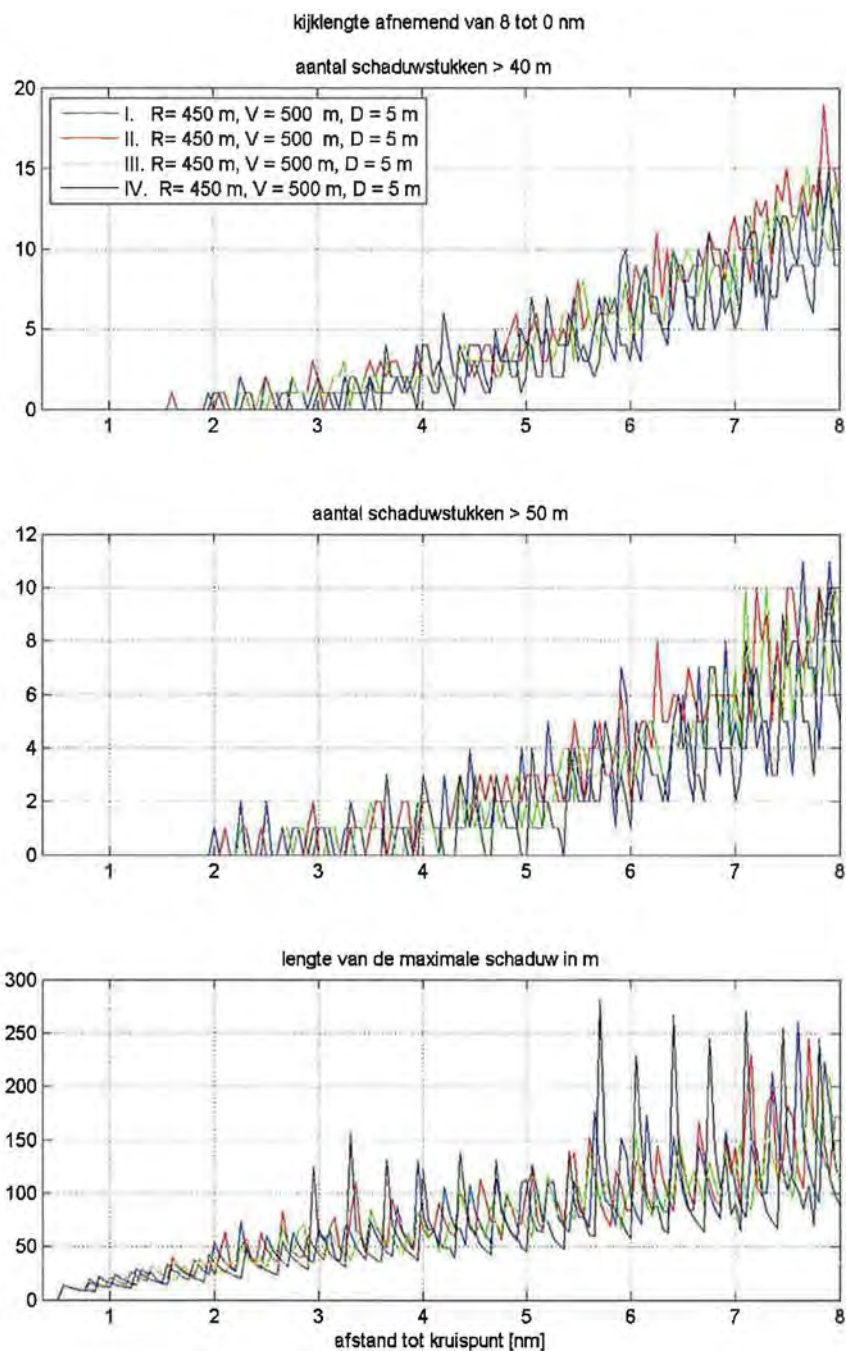
Figuur 3-8

Opstelling vierkant als I maar dan 45° gedraaid (IV)

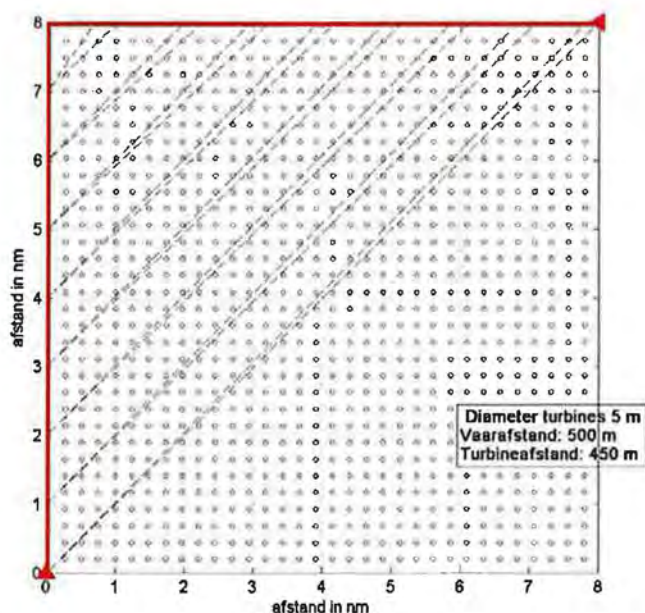


Figuur 3-9

Schaduwstukken > 10 m, > 20 m en > 30 m

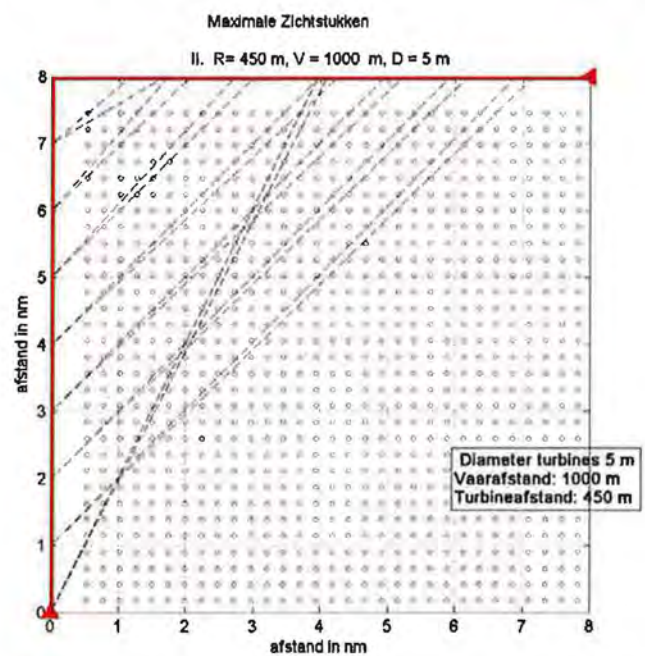


Figuur 3-10 **Schaduw > 30 m, > 40 m en maximale lengte van een schaduwstuk**



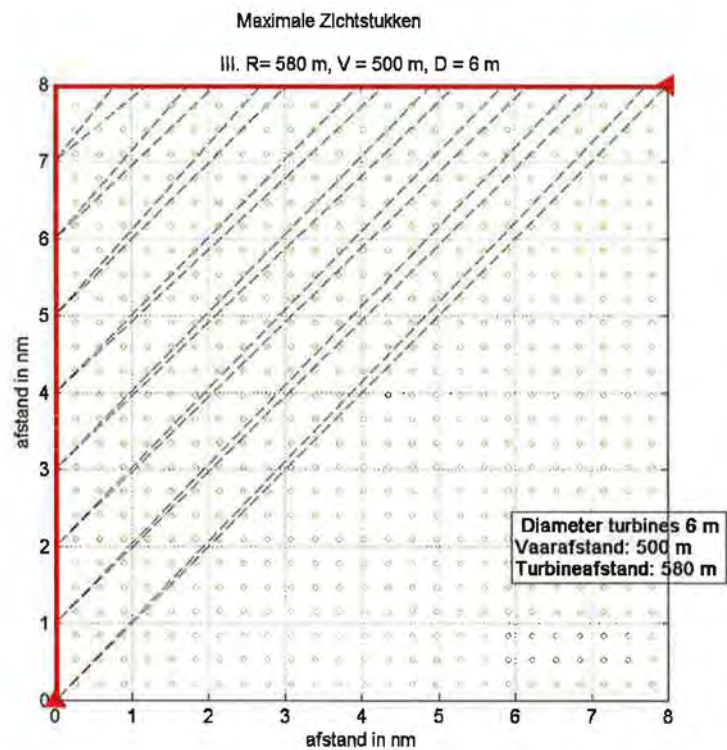
Figuur 3-11

Opstelling windturbines in vierkant evenwijdig aan vaarlinks, vaarafstand 500 m



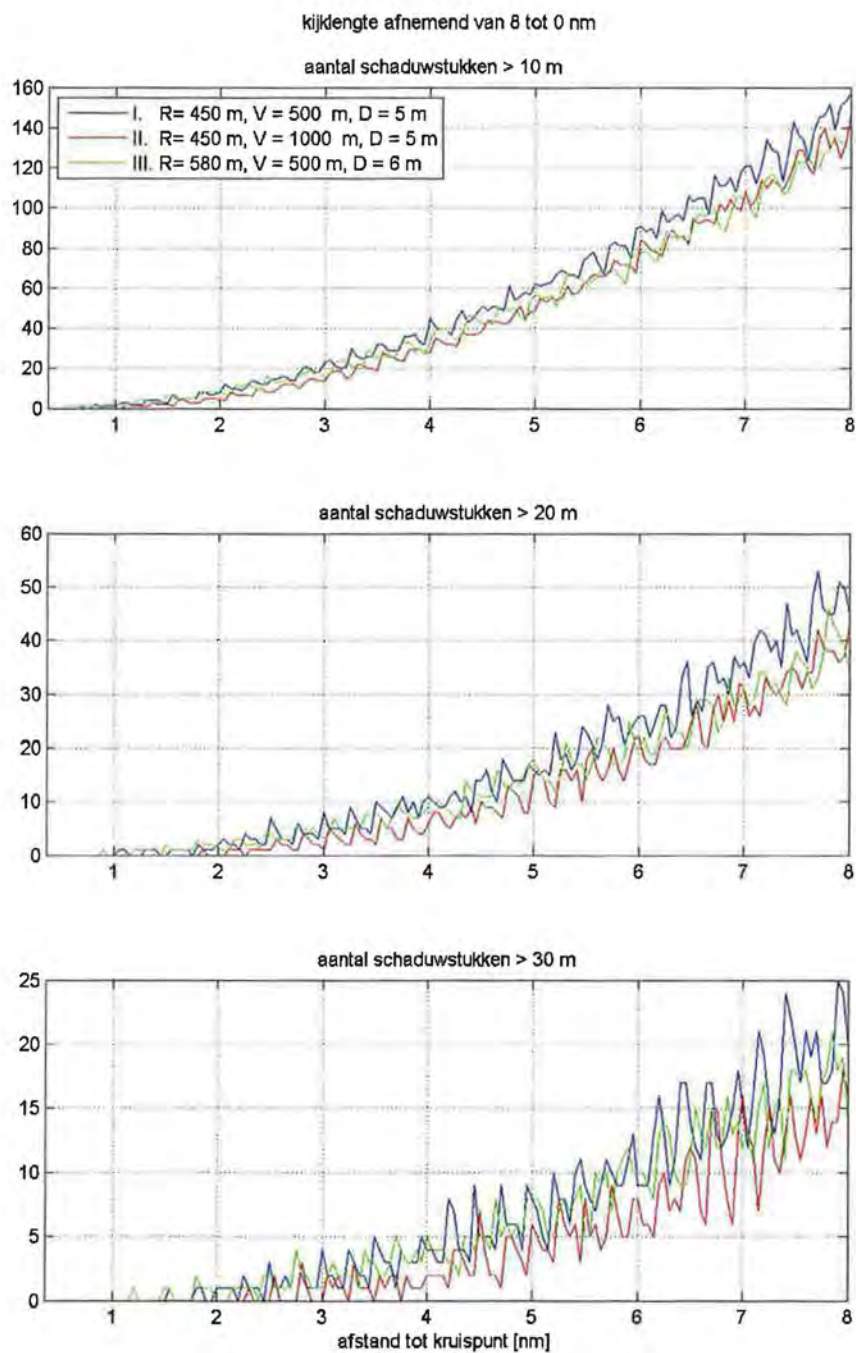
Figuur 3-12

Opstelling windturbines in vierkant evenwijdig aan vaarlinks, vaarafstand 1000 m



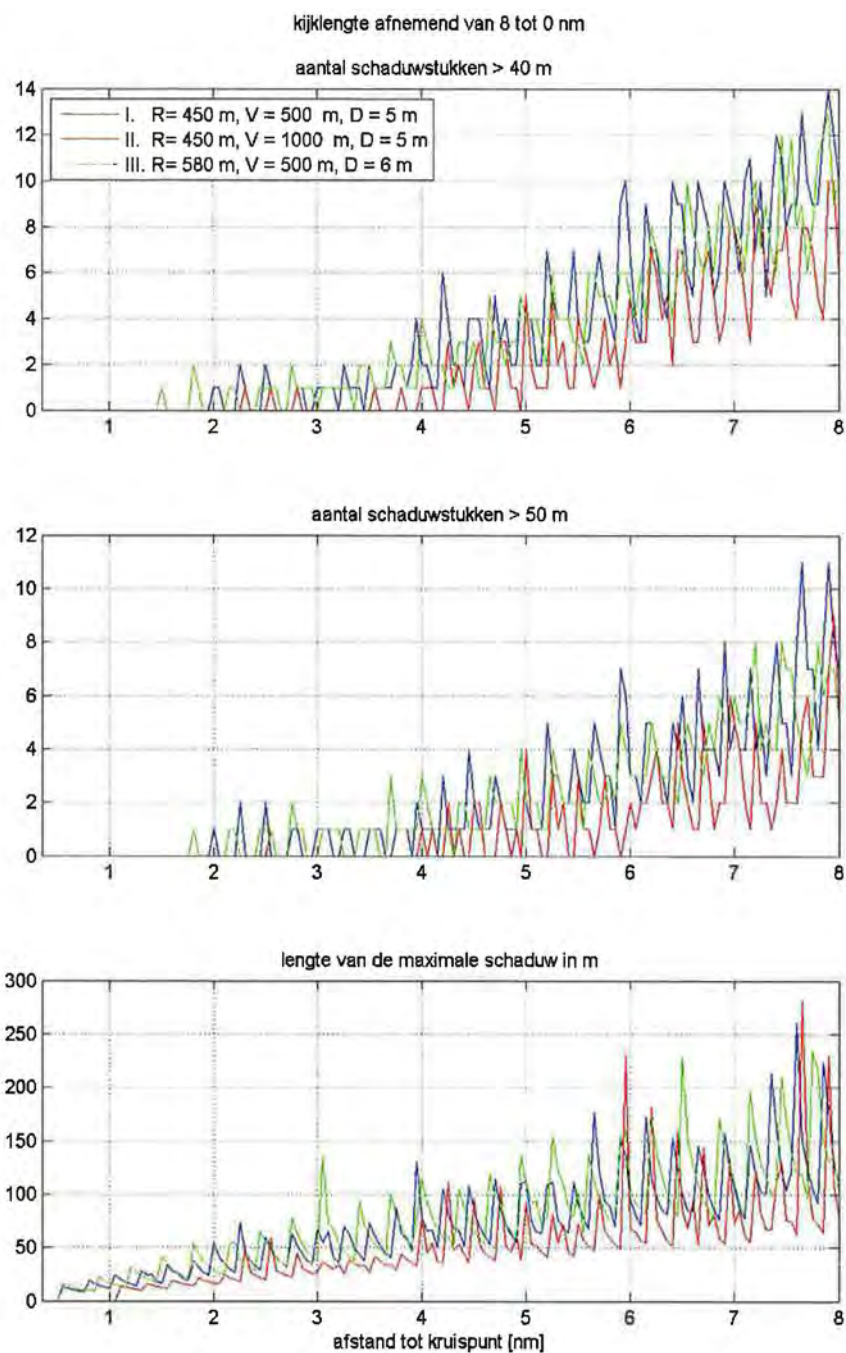
Figuur 3-13

Opstelling windturbines in vierkant evenwijdig aan vaarlinks, afstand tussen turbines 580 m en vaarafstand 500 m



Figuur 3-14

Schaduw > 10 m, > 20 m en > 30 m lengte van een schaduwstuk voor de gevoeligheidsanalyse



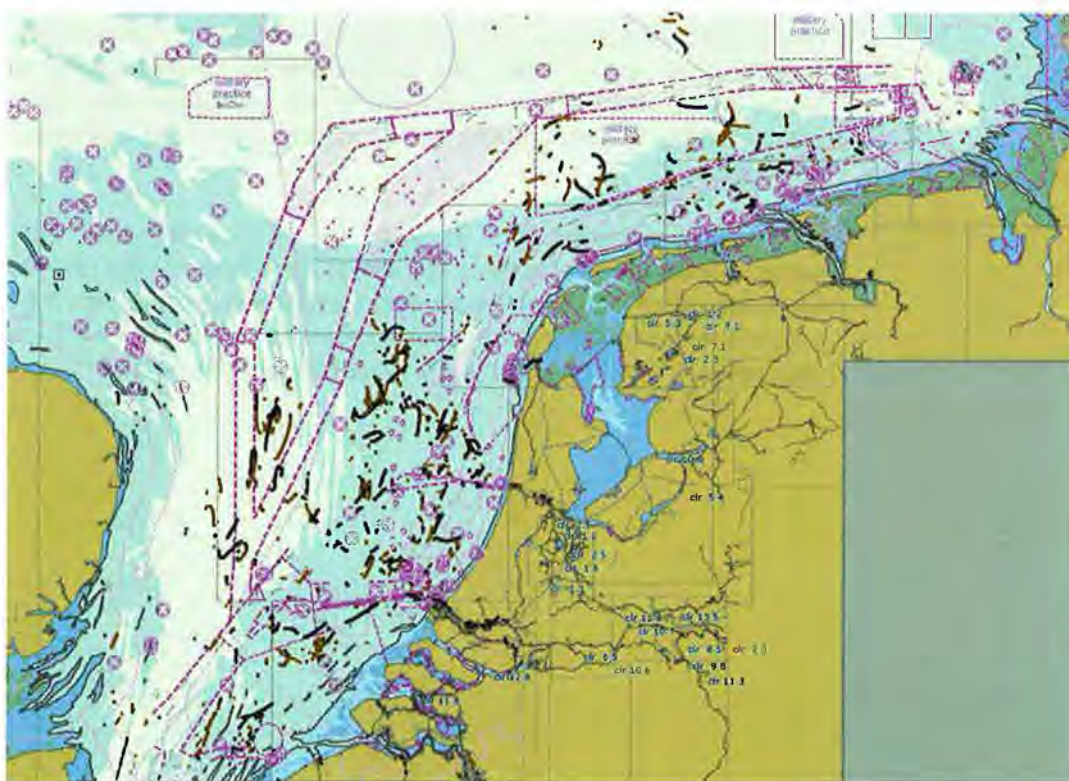
Figuur 3-15

Schaduw > 40 m, > 50 m en maximale lengte van een schaduwstuk voor de gevoeligheidsanalyse

3.8 Tijdelijk onmanoeuvrerbare schepen

Op dit moment voert MARIN een studie uit voor DGTL naar het aantal drifters op de Noordzee, die aan het eind van dit jaar (2006) wordt afgerond. Hierin valt een analyse van de AIS-data van de kustwacht van 1 maart 2005 – 31 december 2005. Deze dataset bevat alle vaarbewegingen van de schepen met AIS aan boord, die zijn ontvangen door de AIS-basestations langs de Nederlandse kust. Deze set dekt een strook langs de Nederlandse kust. De records zijn onderzocht op de navigatiestatus "Not under command" (verder aangeduid met NUC-records), wat wil zeggen dat ze op dat moment niet in staat zijn om de normale uitwijkregels in acht te nemen. Alle drifters zouden dat moeten uitzenden. De dataset is niet volmaakt, mede door het feit dat de navigatie status handmatig ingevoerd moet worden in de AIS transponder, daarom zijn er een aantal filters toegepast om de waarschijnlijke drifters over te houden. In Figuur 3-16 zijn de waarschijnlijke drifters geplot. De zwarte lijnen geven een koers over de grond tussen 0° en 180° aan en de bruine lijnen een koers groter dan 180°.

De data van 10 maanden is ook geanalyseerd om na te gaan of er een verhoogde kans is op een drifter nabij de haven en wat de orde van grootte van deze extra kans is. In dit rapport wordt niet in detail op deze analyse ingegaan maar worden de resultaten van de analyse voor wat betreft de onmanoeuvrerbare schepen nabij havens gepresenteerd.



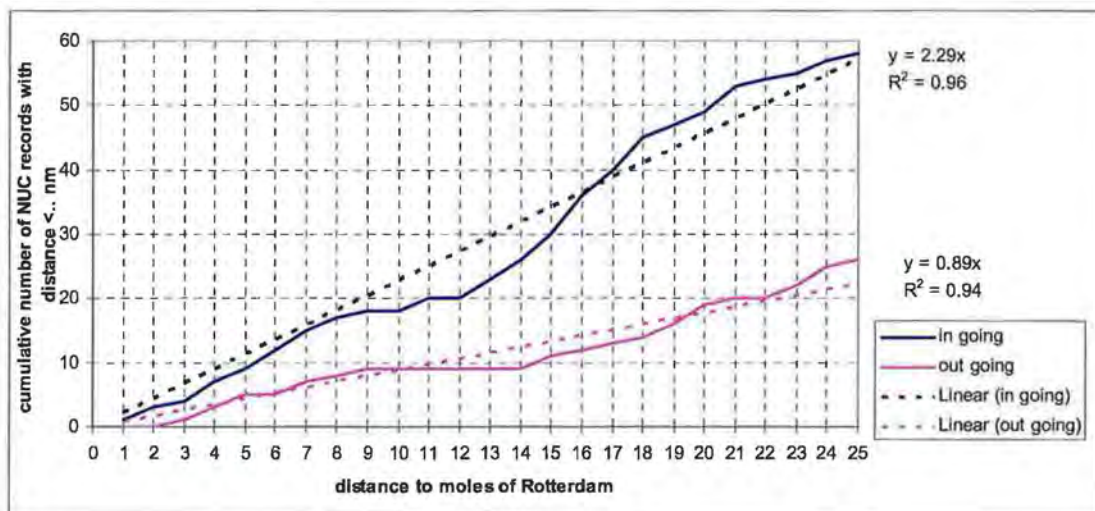
Figuur 3-16 NUC-records met snelheid over de grond < 6 knopen en drifthoek > 30° (maart-december 2005)

Figuur 3-16 laat zien dat bij het inkomende verkeer door Maas West meer storingen voorkomen dan bij het uitgaande verkeer door Maas West. Dit wordt onder andere veroorzaakt door het overgaan van zeebedrijf naar havenbedrijf, waarbij de kans op een storing groter is, maar ook door het vaart verminderen voor het oppakken van de loods. Om dit verschil te kwantificeren is voor alle NUC-records op zee de afstand tot de

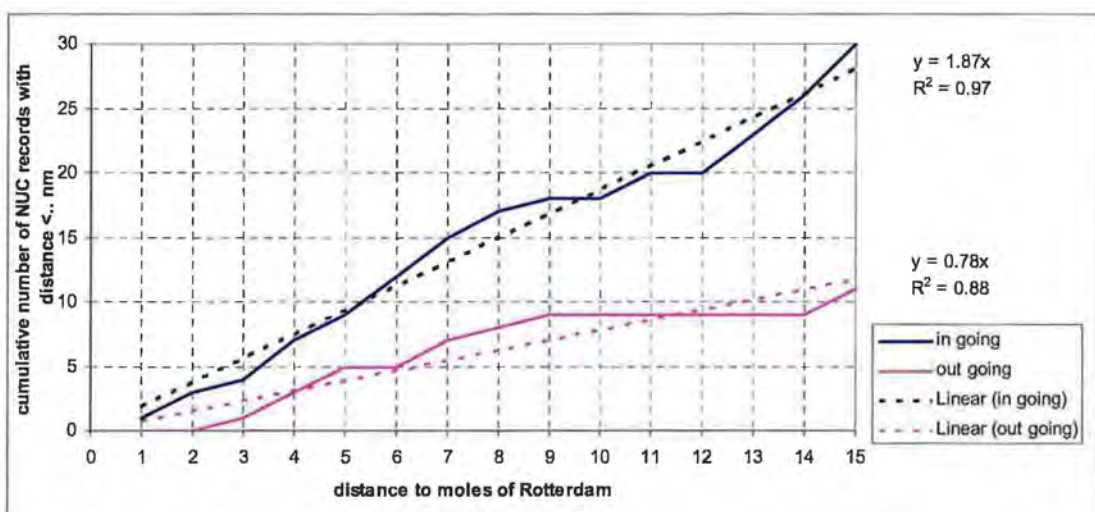
havenmond bepaald. Gerekend is met de kortste afstand, dus niet helemaal gelijk aan de vaarafstand, maar dat heeft geen effect op de resultaten van deze analyse. Vervolgens is een tabel gemaakt met het aantal NUC records per mijl. Hierbij is een splitsing gemaakt tussen de inkomende schepen (bestemming Rotterdam, Moerdijk etc.) en de uitgaande schepen. De schepen zonder bestemming zijn niet behandeld. De resultaten worden getoond in Figuur 3-17. Uit de figuur blijkt dat het aantal NUC-records inkomend, groter is dan uitgaand, wat de grotere kans op een storing bij inkomende schepen bevestigt. Figuur 3-17 dient als volgt gelezen te worden. Er zijn 30 inkomende schepen die NUC-records hebben verzonden binnen een afstand van 15 mijl tot de havenmond van Rotterdam. Voor uitgaande schepen bedraagt dit aantal 11. Voor de grotere afstanden tot Rotterdam neemt het aantal voor uitgaande schepen relatief meer toe. De reden is dat deze schepen niet allemaal uit Rotterdam zijn vertrokken, maar bijvoorbeeld uit Hamburg met bestemming Antwerpen. Alleen voor schepen met een afstand kleiner dan 15 zeemijl van de havenmond van Rotterdam en bestemming buiten Rotterdam kan worden aangenomen dat ze uit Rotterdam vertrokken zijn. Om deze reden is Figuur 3-18 toegevoegd, waarbij de afstand en de regressielijnen zijn bepaald voor het traject tot 15 mijl voor Rotterdam. Op dit traject is de kans op een NUC $1.87/0.78 = 2.4$ keer zo groot.

Voor de berekeningen in hoofdstuk 4 wordt met deze factor van 2.4 gewerkt om het extra risico voor tijdelijk niet manoeuvreerbare schepen te kwantificeren. Hierbij wordt dan aangenomen dat bij deze schepen dezelfde storingsduur optreedt als gemiddeld op de Noordzee, wat vermoedelijk een overschatting van het probleem is omdat de storingen elders op zee eerder het gevolg zijn van een defecte machine en dus waarschijnlijk langer duren dan de storingen door het overgaan van zeestatus naar havenstatus.

Voor het kwantificeren van de extra aandrijfkans voor een windpark is een extra verkeersdatabase aangemaakt die alleen de ingaande links naar een haven bevatten. Er is verondersteld dat de extra storingskans optreedt op een traject van 10 zeemijl, voordat het loodsstation wordt bereikt vanuit alle richtingen voor de bestemmingen in de Rijnmond, IJmond, Den Helder, Harlingen en de Eemsmond.



Figuur 3-17 Aantal storingen op traject tot havenmond



Figuur 3-18 Aantal storingen op traject tot havenmond

4 RESULTATEN

De resultaten van de verschillende varianten worden gegeven in verschillende tabellen in de Appendix. Voor iedere variant is eenzelfde set tabellen gegeven. In de tekst in dit hoofdstuk wordt alleen verwezen naar de tabellen voor de eerste inrichtingsvariant. Iedere variant begint met een figuur met de lay-out met de nummering van de windturbines. De routegebonden schepen worden in de tabellen verkort weergegeven met "R-schepen" en de niet-routegebonden schepen worden aangeduid met "N-schepen".

4.1 Locatie en inrichtingsvarianten

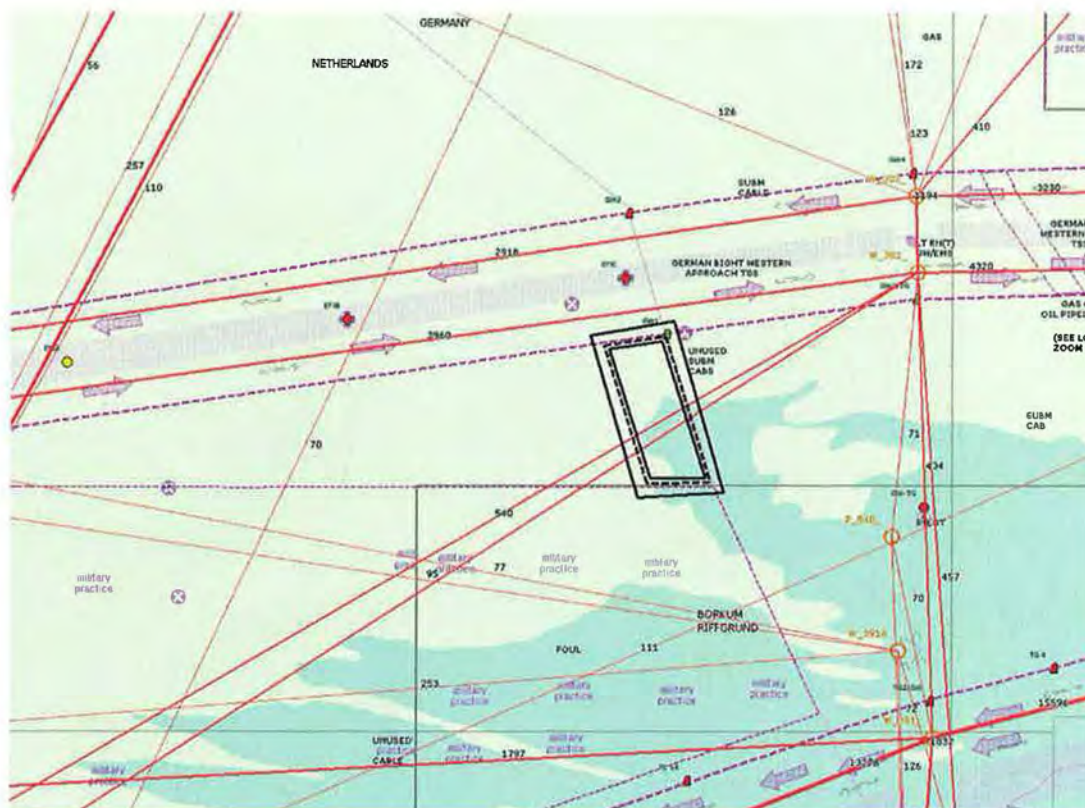
Voor BARD Offshore NL1 is het effect op de scheepvaart voor drie inrichtingsvarianten onderzocht, namelijk:

- Een variant met 78 turbines van 5 MW, verder aangeduid met BARD_5 MW;
- Een variant met 78 turbines van 5 MW, waarbij de onderlinge afstand kleiner is, verder aangeduid met BARD_5 MW_5d;
- Een variant met 32 turbines van 5 MW, waarbij de onderlinge afstand groter is dan bij de eerste variant, verder aangeduid met BARD_5 MW_12d;

In Figuur 4-1 is de windparklocatie BARD Offshore NL1 weergegeven met de verkeersdatabase voor 2004, waarbij de locatie nog niet vrijgemaakt is. In Figuur 4-2 wordt de verkeersdatabase getoond waarbij de windparklocatie BARD Offshore NL1 vrijgemaakt is. Bij de 5 MW 12d variant staan de windturbines ruim 1400m uit elkaar waardoor het wettelijk is toegestaan om door het windpark te varen. Het toestaan van verkeer door het windpark verslechtert de veiligheid aanzienlijk en moet worden voorkomen door een extra verordening of door het plaatsen van extra turbines. Bij de berekening is aangenomen dat al het verkeer om het windpark heen vaart.

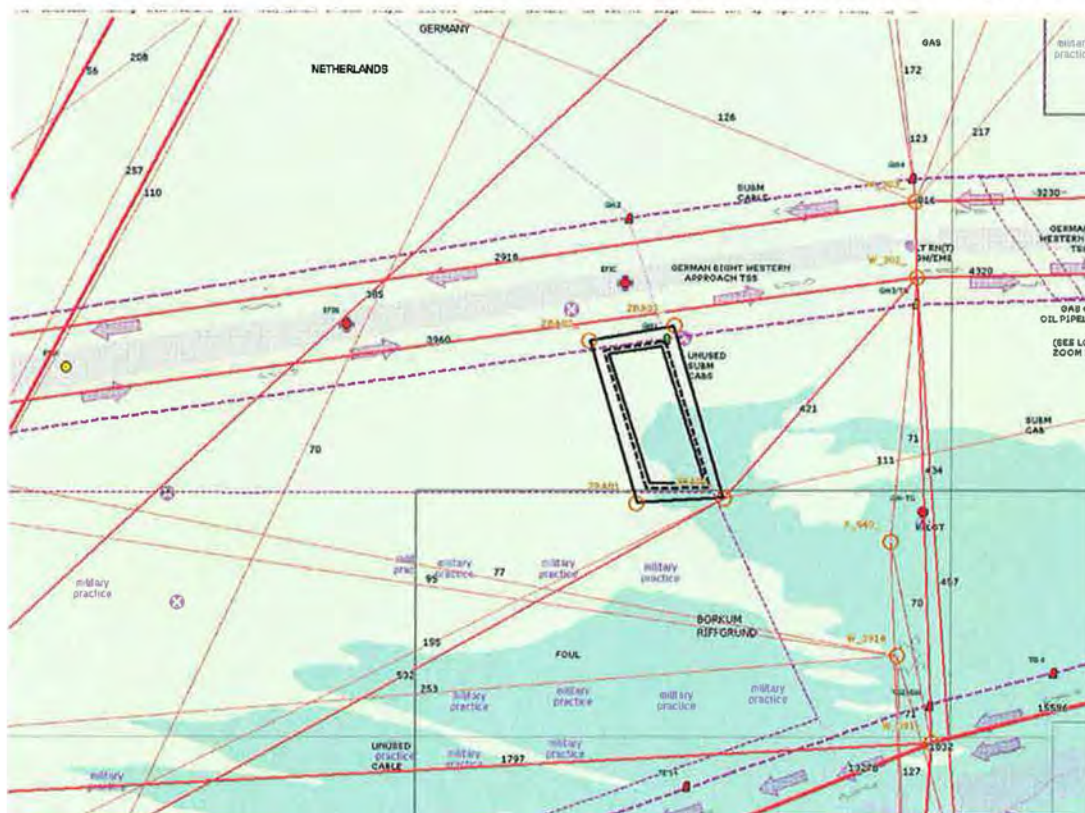
In Figuur 4-1 en Figuur 4-2 zijn drie gebieden getekend. Het binnenste gebied is getrokken over de buitenste turbines van de 5 MW, variant. Het buitenste gebied is een gebied op een afstand van 1 zeemijl van de buitenste turbines. Het middelste (gestippelde) gebied is het gebied op een afstand van 500m (wettelijke veiligheidsafstand) van de buitenste turbines.

Bij de eerste en derde variant wordt het totale oppervlak van het windpark gevuld met turbines. Bij de tweede inrichtingsvariant wordt niet het gehele oppervlak van het windpark gebruikt. Daarom is voor deze variant een aangepaste verkeersdatabase aangemaakt en gebruikt in de berekeningen voor deze variant, zie Figuur 4-3.



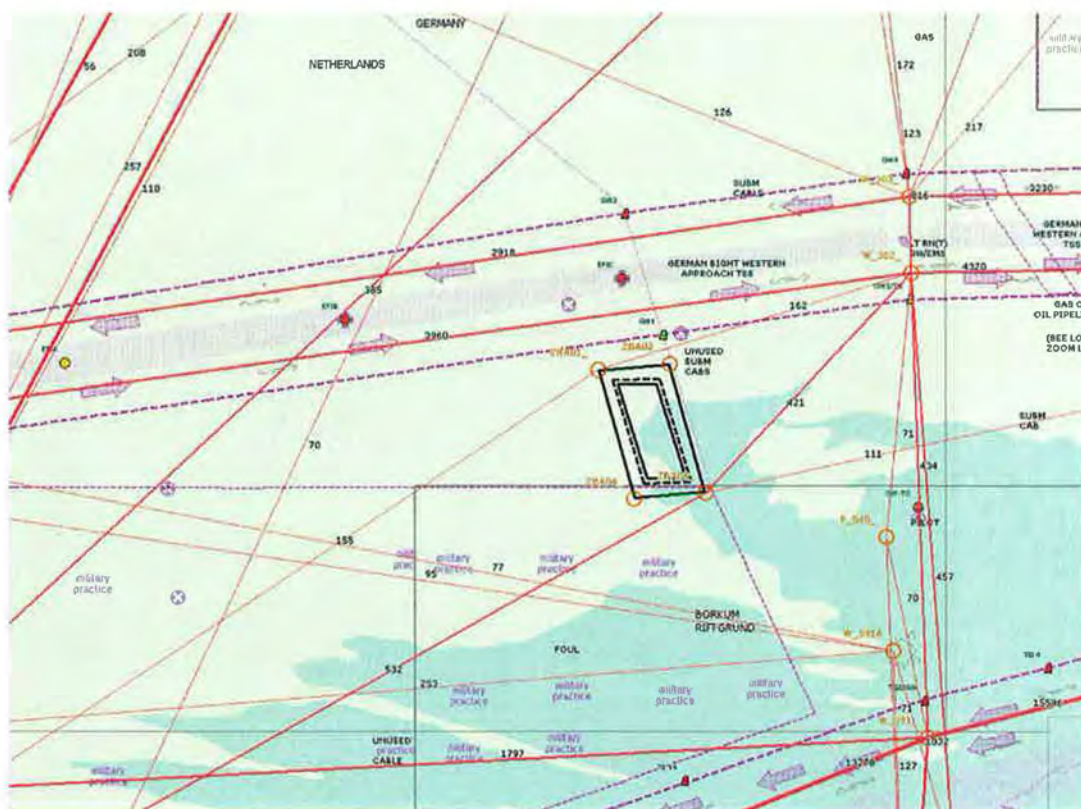
Figuur 4-1

Verkeersbeeld bij windparklocatie BARD Offshore NL1 in de huidige situatie



Figuur 4-2

De windparklocatie BARD Offshore NL1 vrijgemaakt van scheepvaartverkeer voor basisscenario en 12d variant



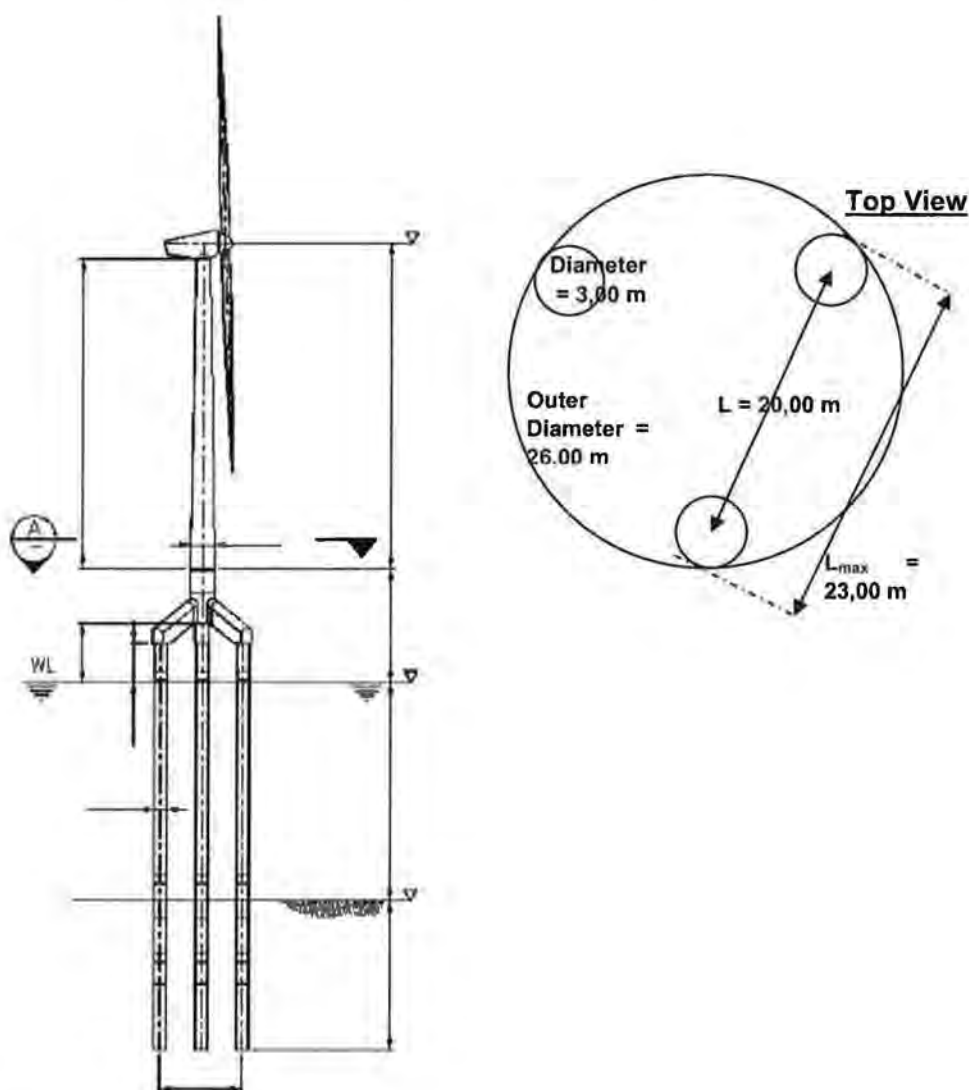
Figuur 4-3

De windparklocatie BARD Offshore NL1 (variant 5d) vrijgemaakt van scheepvaartverkeer.

Turbine type

In het BARD Offshore NL1 windpark zullen tripod turbines geplaatst worden in tegenstelling tot de monopalen in de meeste parken in de Nederlandse EEZ. De totale doorsnede van deze tripods, gebruikt voor de berekeningen, is 23m. De doorsnede gebruikt voor de monopalen varieert tussen de 4m en 6m. Het gebruik van de tripod resulteert dus in relatief grotere aanvaar/aandrijf frequenties dan bij gebruik van een monopaal.

BARD Engineering GmbH heeft een studie laten uitvoeren naar de gevolgen van een aanvaring van een tripod in vergelijking met een monopaal [7]. De belangrijkste conclusie is dat de aanvaringsvriendelijkheid van een tripod gelijk is aan die van een monopaal. Daarom en om een goede vergelijking te kunnen blijven maken met andere studies is dezelfde schadematrix toegepast als voor de monopaal.



Figuur 4-4

Schets van de lay-out van de tripod windturbine

4.2 Aanvaar/aandrijf frequenties

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. Voor deze berekeningen is de verkeersdatabase gebruikt voor 2004 waarbij de windparklocatie is vrijgemaakt van verkeer (zie Figuur 4-2). De resultaten van deze berekening worden gegeven in termen van het aantal mogelijke aanvaringen per jaar voor elke windturbine afzonderlijk en voor het gehele windpark.

Bij het bepalen van de frequenties is rekening gehouden met de extra aandrijfkans (door routegebonden schepen) als gevolg van de verhoogde storingskans nabij de aanloop van een haven (zie 3.8). Door de ligging van het BARD Offshore NL1 windpark is het effect hiervan erg klein. Door de extra storingskans nabij de aanloop van een haven neemt het totaal aantal aandrijvingen per jaar door routegebonden schepen slechts met 0.4% toe.

In Appendix A (Tabel A1-1) staan de aanvaar- en aandrijffrequenties per windturbine. In Tabel A1-2 in Appendix A staat het verwachte totaal aantal aanvaringen en aandrijvingen per jaar voor het gehele windpark inclusief het High Voltage Station. Uit Tabel A1-1 volgt dat de windturbines aan de noordkant van het park de hoogste aanvaarkans hebben.

De kans op een aanvaring/aandrijving van een windturbine per jaar is bepaald voor de drie inrichtingsvarianten. Tabel 4-1 bevat de kans op een aanvaring/aandrijving per jaar gesommeerd over alle windturbines in een windpark. De 12d-variant met 5 MW turbines geeft het kleinste risico. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat bij deze variant "slechts" 32 turbines geplaatst worden tegen 78 turbines voor de beide andere varianten.

In Tabel 4-2 wordt de aanvaar/aandrijfkans gegeven per verwachte energieopbrengst van de variant in MWh. Deze tabel bevat dus de aanvaar/aandrijfkans per jaar per MWh en deze getallen moeten geminimaliseerd worden om het risico per energieopbrengst te minimaliseren. Uit deze tabel volgt dat het verschil tussen de verschillende varianten klein is. Ten slotte worden in Tabel 4-3 de aanvaar/aandrijffrequenties per km² gegeven. Uit deze tabel volgt dat de aandrijf/aanvaarfrequentie per km² groter is voor de 5d-variant, omdat er veel meer windturbines per oppervlakte eenheid staan. Deze tabel geeft geen inzicht in de energieopbrengst per km², die voor de 5d-variant erg hoog is. De locatie van BARD Offshore NL1 is qua verkeersveiligheid een gunstige locatie en omdat het risico per MWh niet erg varieert met de inrichting is een inrichting met een zo groot mogelijke opbrengst op deze locatie aan te bevelen.

Inrichtingsvariant	Oppervlakte [km ²]	Energie opbrengst [MWh]	Aantal turbines	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal aantal per jaar
				R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen	
5 MW	42.34	1598370	78	0.010700	0.014538	0.012574	0.002139	0.039951
5 MW 5d	21.16	1482236	78	0.001700	0.022554	0.011146	0.002325	0.037725
5 MW 12d	41.97	700601	32	0.005237	0.007427	0.005315	0.000919	0.018898

Tabel 4-1 Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar voor de beschouwde inrichtingsvarianten

Inrichtingsvariant	Oppervlakte [km ²]	Energie opbrengst [MWh]	Aantal turbines	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar / MWh		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar / MWh		Totaal per jaar / MWh
				R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen	
5 MW	42.34	1598370	78	6.69E-09	9.10E-09	7.87E-09	1.34E-09	2.50E-08
5 MW 5d	21.16	1482236	78	1.15E-09	1.52E-08	7.52E-09	1.57E-09	2.55E-08
5 MW 12d	41.97	700601	32	7.48E-09	1.06E-08	7.59E-09	1.31E-09	2.70E-08

Tabel 4-2 Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar per MWh voor de beschouwde inrichtingsvarianten

Inrichtingsvariant	Oppervlakte [km ²]	Energie opbrengst [MWh]	Aantal turbines	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar / km ²		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar / km ²		Totaal per jaar / km ²
				R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen	
5 MW	42.34	1598370	78	0.000253	0.000343	0.000297	0.000051	0.000944
5 MW 5d	21.16	1482236	78	0.000080	0.001066	0.000527	0.000110	0.001783
5 MW 12d	41.97	700601	32	0.000125	0.000177	0.000127	0.000022	0.000450

Tabel 4-3 Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar per km² voor de beschouwde inrichtingsvarianten

4.3 Gevolgschade

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. De frequentie van ieder type schade aan het schip is gegeven in Tabel A1-3 in de Appendix. De frequenties worden gegeven voor zeven verschillende scheepstypen.

De onderlinge vergelijking vindt plaats in 4.3.3 bij de behandeling van de bunker en olieuitstroom.

4.3.2 Schade aan de windturbines

Voor de gevolgschade aan de windturbines worden vier typen onderscheiden; een deuk in de turbine mast, de turbine kan scheef gaan staan, de turbine kan omvallen, de gondel en mast kunnen op het schip vallen en er kan geen schade zijn. De frequentie van deze verschillende types voor het gehele windpark gesommeerd is gegeven in Tabel A1-4 in de Appendix.

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 impactenergie niveau's zijn gegeven in Tabel A1-5. Uit Tabel A1-5 volgt dat de aanvaringen/aandrijvingen in de lagere energie niveau's voornamelijk veroorzaakt worden door niet-routegebonden verkeer. Figuur A1-2 bevat nogmaals de aanvaringsfrequenties. De grafiek moet als volgt worden afgelezen. Elk punt op een lijn geeft de frequentie per jaar (x-as) dat de kinetische energie hoger zal zijn dan een bepaalde waarde (y-as).

4.3.3 Milieuschade

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

De totale kans op een uitstroom van olie en de gemiddelde hoeveelheid uitstroom per jaar is voor de drie varianten in Tabel 4-4 gegeven. Op basis van de frequenties (bijvoorbeeld $0.000670 + 0.000210$ voor variant 5 MW) is de gemiddelde tijd tussen twee uitstromingen van olie bepaald. Deze bedraagt voor de variant 5 MW 1136 jaar ($= 1 / (0.000670 + 0.000210)$). De gemiddelde uitstroom van afgerond 0.9 m^3 ladingolie voor de variant van 5 MW in Tabel 4-4 dient alleen als vergelijking. Een gemiddelde van afgerond 0.9 m^3 ieder jaar geeft een heel andere milieubelasting dan een uitstroom van 4275 m^3 eens in de 4750 jaar. In de Appendix is daarom de verdeling van de uitstroom over de verschillende volumeklassen gegeven.

Om een idee te krijgen van wat dit betekent is de uitstroom aan olie ten gevolge van een ongeval (alle verschillende typen) voor de gehele Exclusieve Economische Zone (EEZ) toegevoegd (uit [5]). In Tabel 4-5 zijn de waarden van Tabel 4-4 als percentage van het totaal in de EEZ gegeven. Voor bunkerolie en ladingolie samen is de kans op een uitstroom in de EEZ toegenomen met 0.18% ($= (0.000670 + 0.000210) / (0.353402 + 0.148723)$ in %) voor de variant 5 MW.

De uitstroom vertoont hetzelfde beeld als het aanvaar/aandrijfrisico. Per MWh is het verschil in de milieuschade tussen de drie varianten klein. Wel is de milieuschade per km^2 relatief kleiner bij de 12d-variant ten opzichte van de beide andere varianten.

Naast de uitstroom van olie is ook de uitstroom van chemicaliën een schade aan het milieu. Niet alle soorten chemicaliën zijn even schadelijk voor het milieu, de mate waarin een bepaalde stof schadelijk is wordt aangeduid met ecologisch risico. In Tabel A1-9 worden de frequenties gegeven van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aanvaring/aandrijving van een windturbine voor verschillend ecologisch risico. De uitstroom van chemicaliën geeft hetzelfde beeld als de uitstroom van olie.

Variant	Bunkerolie			Ladingolie			Totaal
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Eens in de ... jaar
5 MW	0.000670	1492	0.369	0.000210	4761	0.915	1136
5 MW 5d	0.000604	1655	0.320	0.000161	6224	0.694	1307
5 MW 12d	0.000284	3525	0.156	0.000089	11221	0.388	2682
EEZ	0.353402	2.8	68.04	0.148723	6.7	1499.5	2.0

Tabel 4-4 *Uitstroomkans en hoeveelheid van bunkerolie en ladingolie*

variant	Bunkerolie		Ladingolie	
	Frequentie	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Frequentie	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³
5 MW	0.19%	0.54%	0.14%	0.06%
5 MW 5d	0.17%	0.47%	0.11%	0.05%
5 MW 12d	0.08%	0.23%	0.06%	0.03%
EEZ	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Tabel 4-5 *Uitstroom van bunkerolie en ladingolie als percentage van de uitstroom op het EEZ*

Variant	Energie-opbrengst [MWh]	Bunkerolie		Ladingolie	
		Frequentie per MWh	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³ per MWh	Frequentie per MWh	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³ per MWh
5 MW	1598370	4.19E-10	2.31E-07	1.31E-10	5.72E-07
5 MW 5d	1482236	4.07E-10	2.16E-07	1.09E-10	4.68E-07
5 MW 12d	700601	4.05E-10	2.23E-07	1.27E-10	5.54E-07

Tabel 4-6 *De uitstroom van bunkerolie en ladingolie per MWh*

Variant	Oppervlakte [km ²]	Bunkerolie		Ladingolie	
		Frequentie per km ²	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³ per km ²	Frequentie per km ²	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³ per km ²
5 MW	42.34	0.000016	0.008715	0.000005	0.021611
5 MW 5d	21.16	0.000029	0.015123	0.000008	0.032798
5 MW 12d	41.97	0.000007	0.003717	0.000002	0.009245

Tabel 4-7 *De uitstroom van bunkerolie en ladingolie per km²*

4.3.4 Persoonlijk letstel

Persoonlijk letstel wordt veroorzaakt doordat de gondel en de mast op het dek van een schip vallen. In Tabel A1-10 is een overzicht gegeven van het aantal directe doden als gevolg van het op het dek vallen van de gondel en de mast. Ook wordt een indicatie gegeven van het groepsrisico. Bij het groepsrisico is de kans op een ramp met meer dan 10 dodelijke slachtoffers gegeven. Een dergelijke ramp doet zich alleen maar voor wanneer een chemicaliën tanker, een ferry of een gastanker de windturbine aanvaart, waarna deze knikt en op het dek terecht komt. Voor de frequenties wordt verwezen naar de detailtabellen in Appendix A.

Beoordeling van het risico

Er bestaan geen echte normen voor het risico op zee maar voor het afschatten van de externe veiligheid is aansluiting gezocht bij de risico-normering vervoer gevaarlijke stoffen, zoals beschreven in [6].

Voor een windpark liggen alle contouren voor het individuele risico op het water zodat altijd aan de (eventuele) norm voor het individueel risico wordt voldaan.

In [6] is een oriënterende waarde voor het groepsrisico gegeven van 10^{-4} per jaar per kilometer route (vaarweg) voor een ramp met minstens 10 slachtoffers. Het is overigens de vraag of deze norm toegepast mag worden, want het gaat hier om slachtoffers van de vervoerders (die het ongeval veroorzaken) en niet om slachtoffers in de directe omgeving van de route. Toch is deze oriënterende waarde gebruikt voor het beoordelen van het groepsrisico. Bij de 5 MW inrichtingsvariant is de kans op meer dan 10 doden (zie Tabel A1-10) gelijk aan $1/15294$ per jaar. Het windpark heeft een lengte van meer dan 12 km, dus per km vaarweg is de kans van $5.5 \cdot 10^{-6}$. Gezien de "worst case" benaderingen mag geconcludeerd worden dat het overlijdensrisico geen echte rol speelt bij de keuze van de inrichtingsvariant.

4.4 Effecten voor de scheepvaart

Tabel 4-8 geeft het effect van het windpark op de scheepvaartongevallen buiten het windpark, door de verandering van de vaarroutes. De veranderingen zijn negatief, wat wil zeggen dat de veiligheid is toegenomen. De reden is dat enkele links (vergelijk Figuur 4-2 met Figuur 4-1) zo verplaatst worden dat het trajectdeel in de Nederlandse EEZ kleiner wordt en in het Duitse EEZ groter. Het risico wordt daardoor verplaatst van Nederland naar Duitsland, maar het blijft verwaarloosbaar klein.

Omschrijving	Eenheid	Resultaat voor hele EEZ na aanpassing van het verkeer bij windpark BARD Offshore NL1	Effect windpark t.o.v. autonome situatie	Relatieve effect van het windpark t.o.v. autonome situatie.
Algemeen				
Gemiddeld aantal aanwezige schepen:				
OBO's	aantal	1.257	0.0000	0.00%
Chemicaliën tankers	aantal	18.965	-0.0010	-0.01%
Olietankers	aantal	8.999	-0.0010	-0.01%
Gas tankers	aantal	5.791	0.0000	0.00%
Bulkers	aantal	26.827	-0.0070	-0.03%
Unitised	aantal	83.995	-0.0120	-0.01%
General Dry Cargo	aantal	6.414	-0.0360	-0.56%
Passenger schepen + conv. ferries	aantal	1.088	0.0000	0.00%
High Speed Ferries	aantal	0.273	0.0000	0.00%
Overig	aantal	5.197	-0.0040	-0.08%
Totaal routegebonden	aantal	158.806	-0.0610	-0.04%
Totaal niet routegebonden	aantal	194.149	0.0000	0.00%
Veiligheid				
Aantal schepen betrokken bij een aanvaring	aantal/jaar	10.965	-0.0120	-0.11%
Stranding als gevolg van navigatiefout	aantal/jaar	6.277	0.0000	0.00%
Stranding als gevolg van motor storing	aantal/jaar	1.422	-0.0004	-0.03%
Rammen van platform na navigatiefout	aantal/jaar	0.269	0.0002	0.07%
Driften tegen platform na motorstoring	aantal/jaar	0.048	0.0000	0.10%
Zinken	aantal/jaar	1.432	-0.0001	-0.01%
Gat in scheepshuid	aantal/jaar	0.000	0.0000	
Brand/Explosie	aantal/jaar	0.000	0.0000	
Totaal	aantal/jaar	20.415	-0.0123	-0.06%
Economische effect				
Kosten van afgelegde zeemijlen	M€ / year	1122.986	-0.7240	-0.06%

Tabel 4-8

Scoretabel voor de effecten van het windpark BARD Offshore NL1 voor de scheepvaart.

4.5 Het effect van het werkverkeer op het risico

De aanlegfase van een windpark duurt een jaar. In de periode van een half jaar varen dan dagelijks enkele schepen (maximaal vijf) van en naar het windpark. De meeste van deze vaarbewegingen worden uitgevoerd met normale snelheid en geven daardoor niet meer hinder voor de andere scheepvaart dan een normale scheepsbeweging. Het effect van deze scheepvaart op het totale risico in een gebied hangt af van de drukte in het gebied. In een gebied bij Rotterdam is het aandeel van 5 bewegingen op 100 vertrekkende schepen per dag kleiner dan voor een haven als IJmuiden/Amsterdam waar zo'n 25 schepen per dag vertrekken. Het relatieve effect op de scheepvaartveiligheid is dus bij Rotterdam kleiner dan bij IJmuiden, maar aan de andere kant is het absolute effect op de verkeersveiligheid bij Rotterdam weer groter. Deze vaarbewegingen moeten gezien worden als normale bedrijvigheid. Het verhoogde risico is van tijdelijke aard.

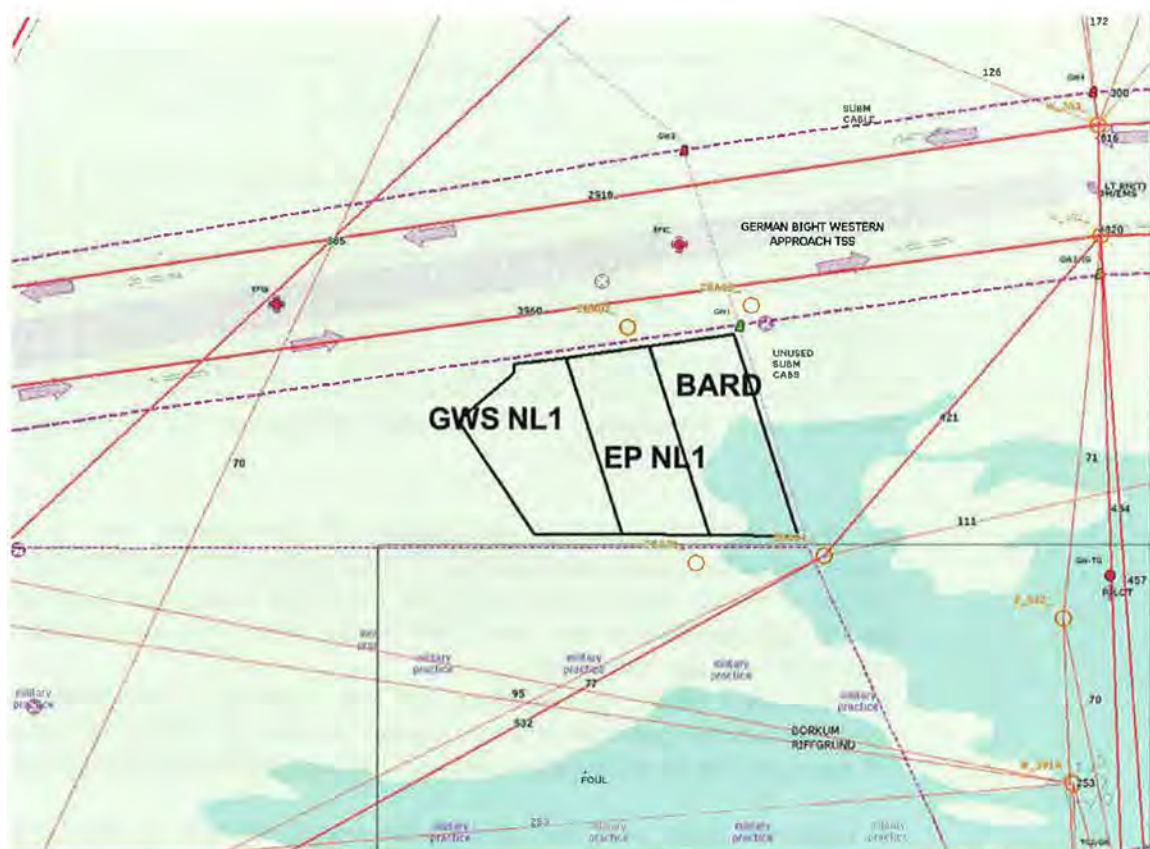
Vermoedelijk zal Emden de uitvalsbasis voor het windpark BARD Offshore NL1 worden. Vanuit Emden naar BARD Offshore NL1 is het ongeveer 3 uur varen in open zee boven de Waddeneilanden. Voor alle bewegingen per jaar dus 2 (heen + terug) x 5 (reizen/dag) x 180 (periode van 6 maanden) x 3 uur varen = 5400 vaaruren voor de aanleg. Dit levert een verhoging van het gemiddelde aantal schepen op zee op van 0,6 schip (= 5400 vaaruren/(365 x 24 uren in een jaar)) op een totaal van 300 varende schepen. Aangezien de bouw maar een half jaar duurt, is de verhoging gedurende dit deel van het jaar 1,2 schip. In deze periode van een half jaar is de kans op een aanvaring tussen schepen door de verhoogde verkeersintensiteit 0,8% hoger dan normaal. De kans op een ander type scheepsongeval neemt in deze periode toe met 0,4%.

4.6 Het cumulatieve effect

Het cumulatieve effect is bepaald volgens de richtlijnen en de aanpak beschreven in 3.6. Het cumulatieve effect is bepaald voor de drie inrichtingsvarianten van BARD Offshore NL1 gecombineerd met de minimumvariant en maximumvariant voor de dichtst bij gelegen windparken, zijnde EP Offshore NL1 (van Eolic Power GmbH) en GWS Offshore NL1 (van Global Wind Support GmbH).

Bij de berekening van het cumulatieve effect is gerekend met de volledige oppervlakte van de potentiële windparken EP Offshore NL1 en GWS Offshore NL1. De contourlijnen, verbindinglijn van de uiterste coördinaten uit de startnotities zijn getekend in Figuur 4-5 met de verkeersdatabase waarbij BARD Offshore NL1 is vrijgemaakt.

De resultaten van het cumulatieve effect voor een variant van het windpark is weergegeven in drie tabellen voor de minimumvariant (Tabel A1-11, Tabel A1-12 en Tabel A1-13 voor de eerste variant van BARD Offshore NL1) en drie tabellen voor de maximumvariant (Tabel A1-14, Tabel A1-15 en Tabel A1-16 voor de eerste variant van BARD Offshore NL1). De tabellen voor de andere inrichtingsvarianten van BARD Offshore NL1 worden gegeven in tabellen in Appendix A2, A3.



Figuur 4-5 BARD Offshore NL1 (geclusterd scenario)

In de eerste van de drie tabellen voor iedere variant wordt voor ieder windpark het aantal windturbines, het totale vermogen en de kans op een aanvaring, aandrijving en kans op een uitstroom per jaar gegeven. In Tabel A1-12 worden de resultaten Tabel A1-11 cumulatief weergegeven dus steeds is aan het eigen windpark een nieuw windpark toegevoegd. Tabel A1-13 geeft hetzelfde weer als Tabel A1-12, maar dan in de vorm van een optreden van de gebeurtenis eens in de zoveel jaar. Tabel A1-12 en Tabel A1-13 bevatten als laatste rij de risico's teruggerekend naar 1000 MW om vergelijking tussen de verschillende scenario's te vergemakkelijken. In de laatste kolom van alle tabellen is de kans op een uitstroom per 1000 MW weergegeven.

Tabel A1-12 geeft voor 1000 MW geïnstalleerd vermogen een kans op een aanvaring of aandrijving van 0.1654 dus eens in de 6.1 jaar (zie Tabel A1-13) en een kans op een uitstroom van lading of bunkerolie van 0.0039, dus eens in de 256 jaar.

De resultaten van alle cumulatieve berekeningen zijn samengevoegd in Tabel 4-9 waarbij de risico's voor 1000 MW geïnstalleerd vermogen uit de tabellen van de Appendix zijn overgenomen. Voor deze drie parken is gerekend met een tripod constructie en niet met een monopaal, omdat deze constructie in deze windparken gebruikt zal worden.

Cumulatief 1000 MW		Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal per jaar	Kans op uitstroom per jaar
Variant voor BARD Offshore NL1	Andere parken	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
5 MW	3 MW	0.0454	0.0551	0.0555	0.0094	0.1654	0.0039
5 MW 5d	3 MW	0.0373	0.0562	0.0511	0.0089	0.1536	0.0036
5 MW 12d	3 MW	0.0454	0.0548	0.0551	0.0094	0.1647	0.0039
5 MW	5 MW	0.0309	0.0408	0.0367	0.0064	0.1148	0.0026
5 MW 5d	5 MW	0.0238	0.0428	0.0336	0.0061	0.1063	0.0023
5 MW 12d	5 MW	0.0298	0.0393	0.0349	0.0061	0.1100	0.0024

Tabel 4-9 Cumulatieve effect voor BARD Offshore NL1 met EP Offshore NL1 en GWS Offshore NL1

De tabel toont duidelijk dat de risico's bij het gebruik van 5 MW turbines (maximumvariant) beduidend lager liggen (orde grootte 0.11 versus 0.16), voornamelijk doordat er minder windturbines nodig zijn. De 5 MW turbine geeft door de afmetingen wel een iets groter risico dan een 3 MW turbine maar dit is veel minder dan de 60% meer vermogen per windturbine.

De verschillen tussen de varianten van het eigen park zijn kleiner omdat deze verschillen worden genivelleerd door de andere parken. De effecten van de inrichting van het eigen park op de scheepvaartveiligheid zijn beschreven in hoofdstuk 4.2.

De uitstroomkansen voor 1000 MW worden vergeleken met de uitstroomkansen in de hele EEZ, zijnde een gemiddelde van eens in de 2.8 jaar voor bunkerolie en eens in de 6.7 jaar voor ladingolie, dus samen een uitstroomkans van $(1/2.8 + 1/6.7) = 0.50$ per jaar. De cumulatieve uitstroomkansen voor olie (teruggerekend voor 1000 MW) voor de minimumvariant bedraagt gemiddeld 0.0038 (zie Tabel 4-9) per jaar en voor de maximumvariant 0.0024 per jaar, dus ongeveer 0.8% bij gebruik van 3 MW windturbines en 0.5% bij gebruik van 5 MW turbines.

Door andere maatregelen, zoals de inzet van De Waker en/of andere sleepboten (zie hoofdstuk 5.2) kan 50% van het aantal aandrijvingen worden voorkomen en worden de percentages dus 0.4% en 0.25%.

Wanneer er, door de energie die de windparken opleveren, minder transport van olie over zee hoeft plaats te vinden, dan leidt de bouw van windparken ook tot een lagere kans op een olie-uitstroom in de EEZ. Dit is als volgt gekwantificeerd. Uitgaande van 1000 MW geïnstalleerd vermogen en 34%² rendement is de totale energie opbrengst geschat op $0.34 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 1000 \text{ MW} / 1000 = 2978 \text{ GWh}$ per jaar. Het olie equivalent van 2978 GWh is 0.26 miljoen ton olie. In Rotterdam wordt ongeveer 100 miljoen ton olie aangevoerd. Wanneer de olie op weg naar/van Rotterdam 50% is van het totale transport in de EEZ, dan is de vermindering van het olietransport 0.13%, dus 0.13% minder kans op een olie-uitstroom door een ander incident. Dit weegt nog niet op tegen de hierboven genoemde toename van 0.5-0.8% zonder De Waker en 0.25-0.4% met De Waker.

²

Het rendement voor de verschillende initiatiefnemers varieert van 28% tot 50%. Voor de berekening is gekozen een rendement van 34%.

Verder is de kans op een uitstroom een worst case benadering. Daar het percentage olietankers met een dubbele huid steeds groter wordt, is de kans op een uitstroom van ladingolie kleiner dan gemodelleerd, zoals in 5.3 wordt uitgelegd.

Kwalitatief

Voor de scheepvaartveiligheid betekent een aaneenschakeling van windparken dat het totale risico over het algemeen minder is dan de som van de risico's van de individuele parken, waarmee nu gerekend is. Dit komt omdat over het algemeen schepen door een ander park eerder verder weg van het eigen park zullen worden geleid dan dichterbij. Echter, voor het cumulatieve scenario voor BARD Offshore NL1 (zie Figuur 4-5) zou het risico niet veel veranderen door de aanwezigheid van de andere parken binnen het scenario.

Door de bouw van EP Offshore NL1 wordt alleen "voorkomen" dat niet-routegebonden schepen het BARD Offshore NL1 park aan de westkant kunnen passeren, dus zal de totale aanvaar/aandrijfkans iets afnemen.

Wel is bij een geclusterd aantal windparken de totale omweg veelal meer dan de omweg van de individuele windparken. Echter, door het vrijhouden van de clearways en het vroegtijdig anticiperen op de locatie van de windparken zijn de extra af te leggen zeemijlen verwaarloosbaar klein [4]. Alleen voor sommige niet-routegebonden schepen die een missie/visgrond hebben vlak achter een windpark kan een windpark hinderlijk in de weg liggen. Voor BARD Offshore NL1 kan geconcludeerd worden dat de extra toename van de omweg door de andere windparken in de cluster nihil is.

4.7 Radardekking naar de Nederlandse havens

Windpark BARD Offshore NL1 valt buiten de radardekking naar een Nederlandse haven.

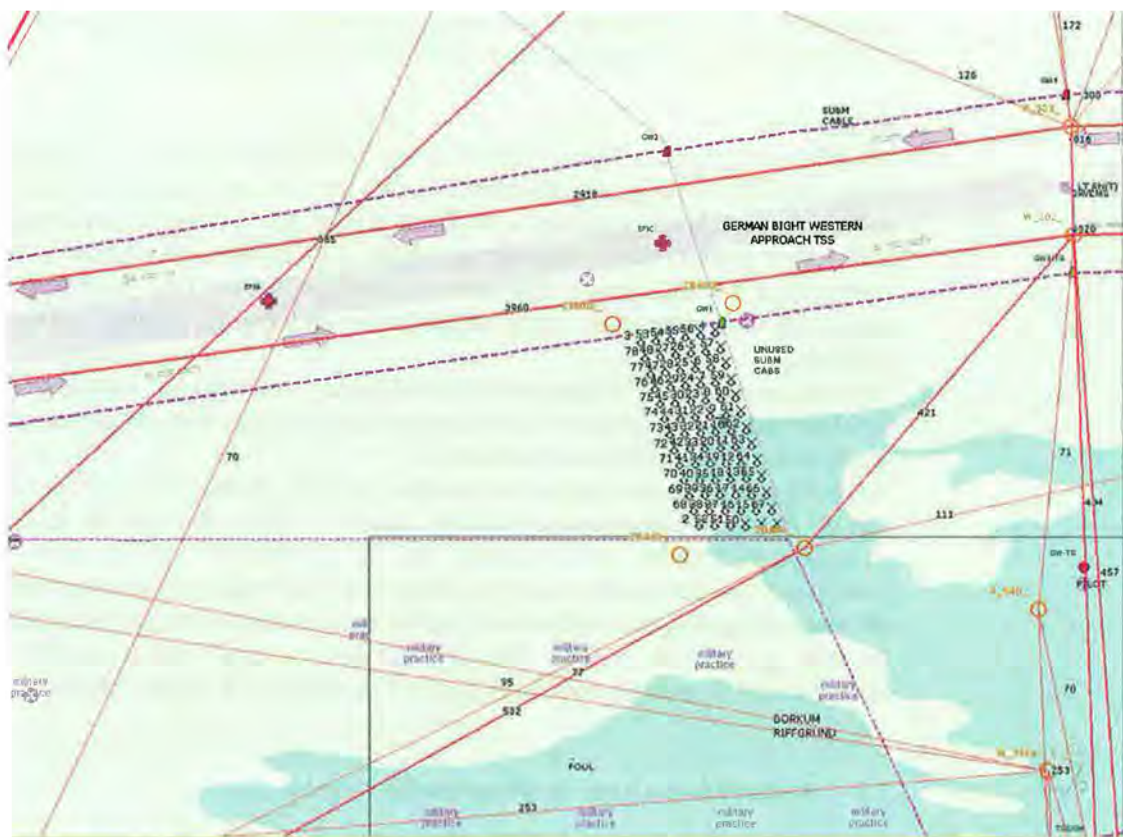
4.8 Kruisende scheepvaart

In 4.8.1 zijn voor alle inrichtingsvarianten de figuren opgemaakt die aangeven hoeveel schaduwstukken van een bepaalde grootte optreden op het traject van 8 nm tot aan het kruispunt. In 4.8.2 is het extra aantal aanvaringen geschat door de zichtbelemmering door het windpark.

4.8.1 Vergelijking opstellingen voor de varianten

Figuur 4-6 toont de scheepvaartlinks in de buurt van het windpark BARD Offshore NL1 waarbij het windpark vrijgemaakt is. De noordkant van het park grenst aan de diepwaterroute richting de Duitse Bocht. Routegebonden schepen passeren het park in oostelijke richting. Een kruisende situatie, waarbij het windpark een "obstakel" zou kunnen vormen, met ander routegebonden verkeer doet zich niet voor nabij de windpark locatie.

De grootste zichtproblemen doen zich voor aan de noordoostkant van het park waar niet-routegebonden schepen vanuit zuidelijke richting routegebonden schepen in het verkeersscheidingsstelsel kruisen. In deze situatie kan het routegebonden schip, door de aanwezigheid van het windpark, niet uitwijken naar stuurboordzijde.



Figuur 4-6 Verkeersafwikkeling bij BARD Offshore NL1

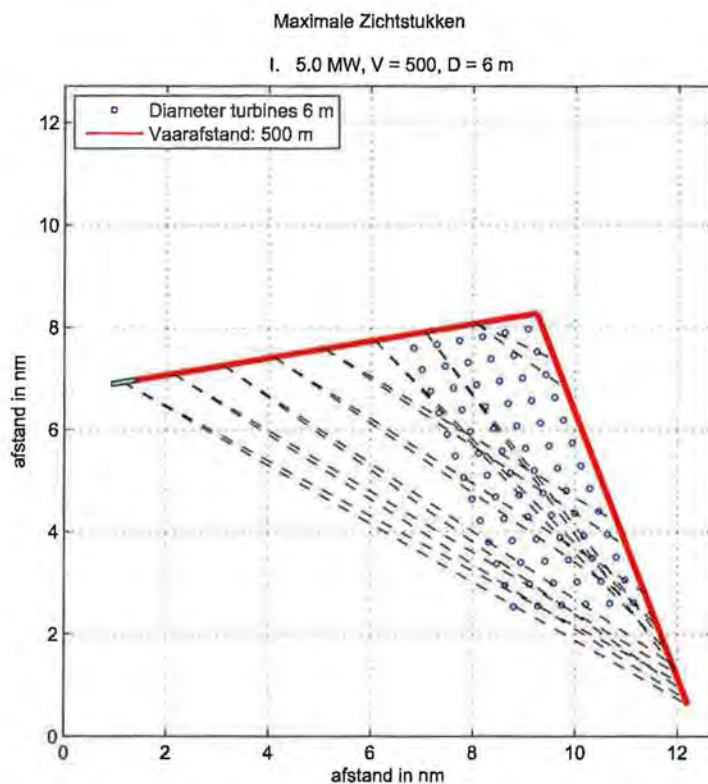
Voor deze situatie, een kruising van een oostgaand routegebonden schip en een noordgaand niet-routegebonden schip zijn voor de drie inrichtingsvarianten de schaduwstukken bepaald. Aangenomen wordt dat het niet-routegebonden schip 500m van het park vaart. De resultaten hiervan zijn weergegeven in Figuur 4-7 tot en met Figuur 4-11 voor het blauwe schip dat langs de rode track vaart.

De figuren tonen aan dat er een lastig stuk is op ongeveer 2 á 3 nm afstand van het kruispunt met schaduwstukken boven de 50 m. De 5d-variant geeft duidelijk minder grote schaduwen, maar dit wordt veroorzaakt door het feit dat de afstand tussen het park en het routegebonden schip (veel) groter is dan bij de beide andere inrichtingsvarianten.

De maximale lengte van de schaduw tot 4 nm voor het kruispunt is voor alle inrichtingsvarianten gelijk, ook de maximale schaduw lengte voor de 5 MW en de 12d-variant binnen de 4 nm voor het kruispunt is gelijk.

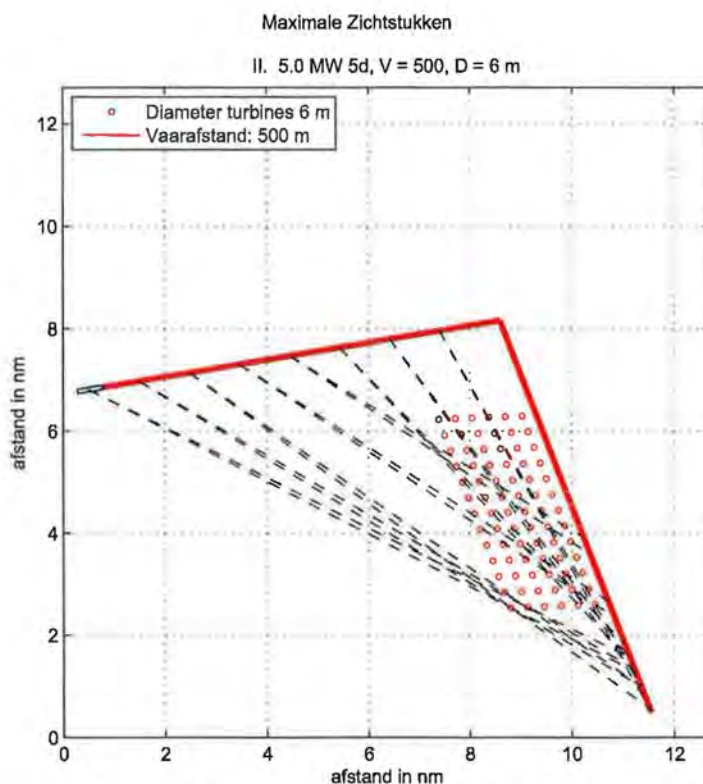
Door de grotere passeerafstand bij de 5d-variant geeft deze variant de minste zichtbelemmering, maar bij deze variant wordt dan ook niet de volledige oppervlakte van de windparklocatie benut. Het verschil tussen de beide andere inrichtingsvarianten is klein. De 12d-variant laat iets minder schaduwstukken groter dan 20m zien dan de "basis" inrichtingsvariant. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat het aantal turbines bij deze variant meer dan gehalveerd is ten opzichte van de "basis" variant.

In 4.8.2 wordt aangegeven wat de orde van grootte is van de extra kans op een aanvaring door de zichtbelemmering.



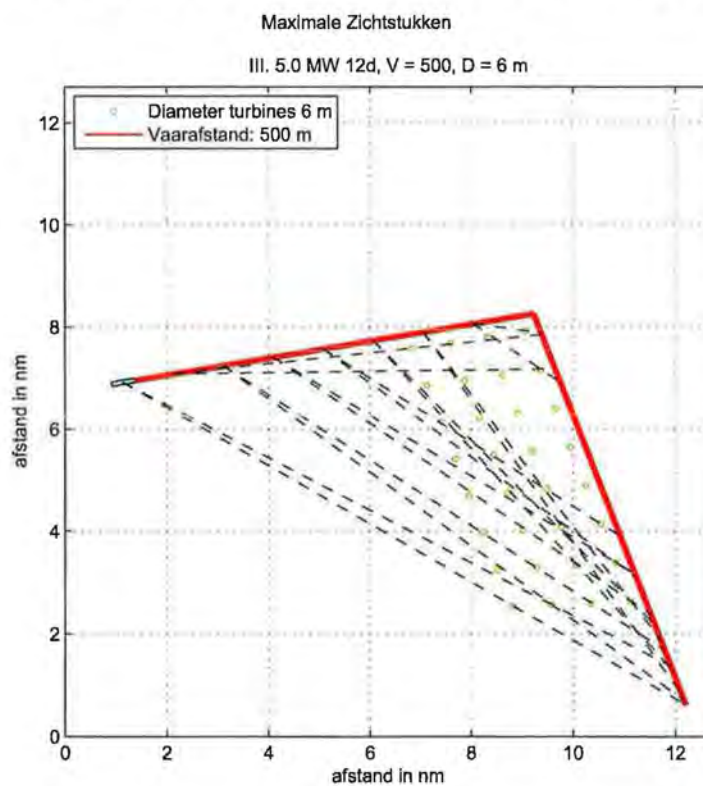
Figuur 4-7

Routegebonden met niet-routegebonden, 5 MW; Diepwaterroute naar Duitse Bocht met noordgaande niet-routegebonden schip



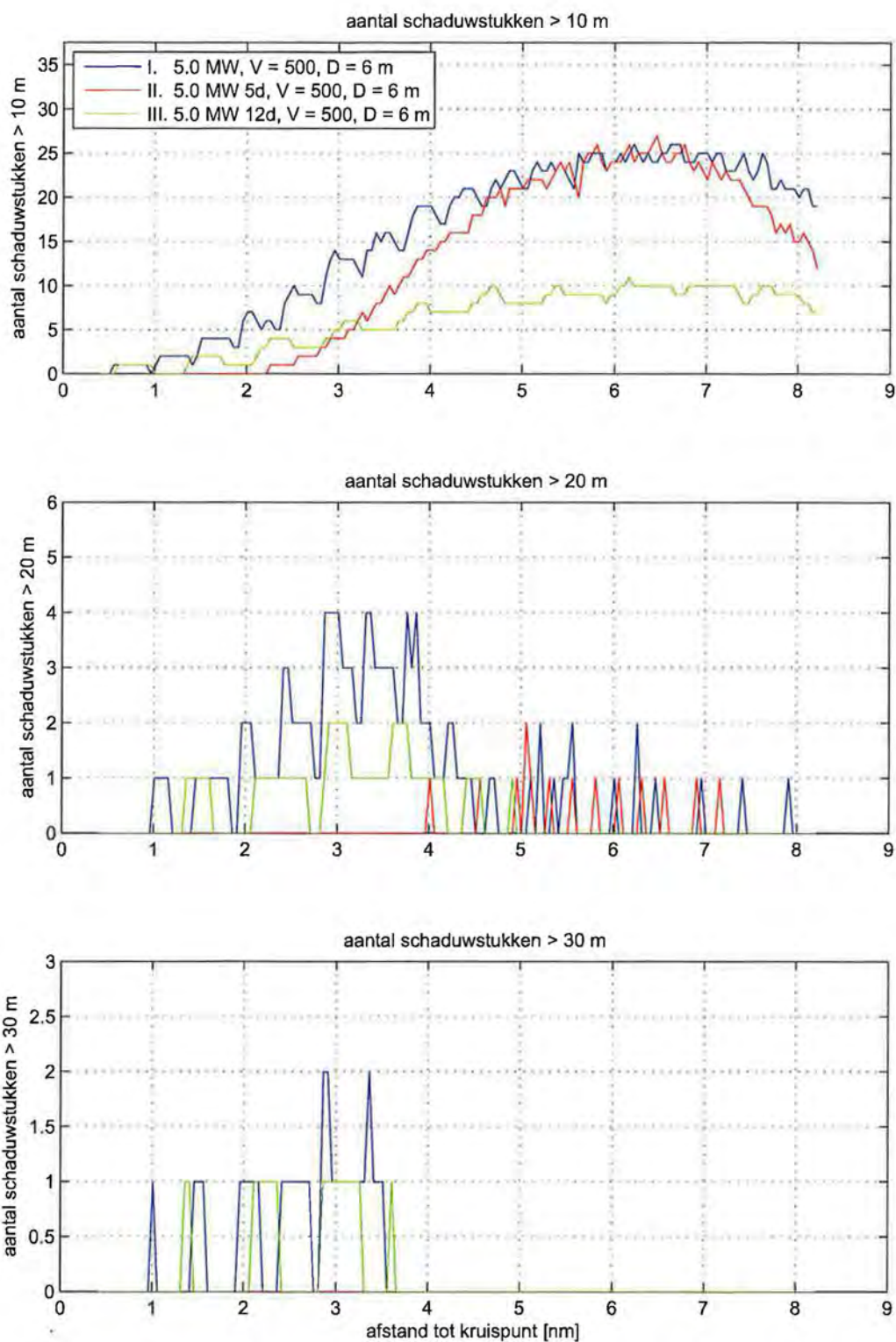
Figuur 4-8

Routegebonden met niet-routegebonden, 5 MW 5d-variant; Diepwaterroute naar Duitse Bocht met noordgaande niet-routegebonden schip

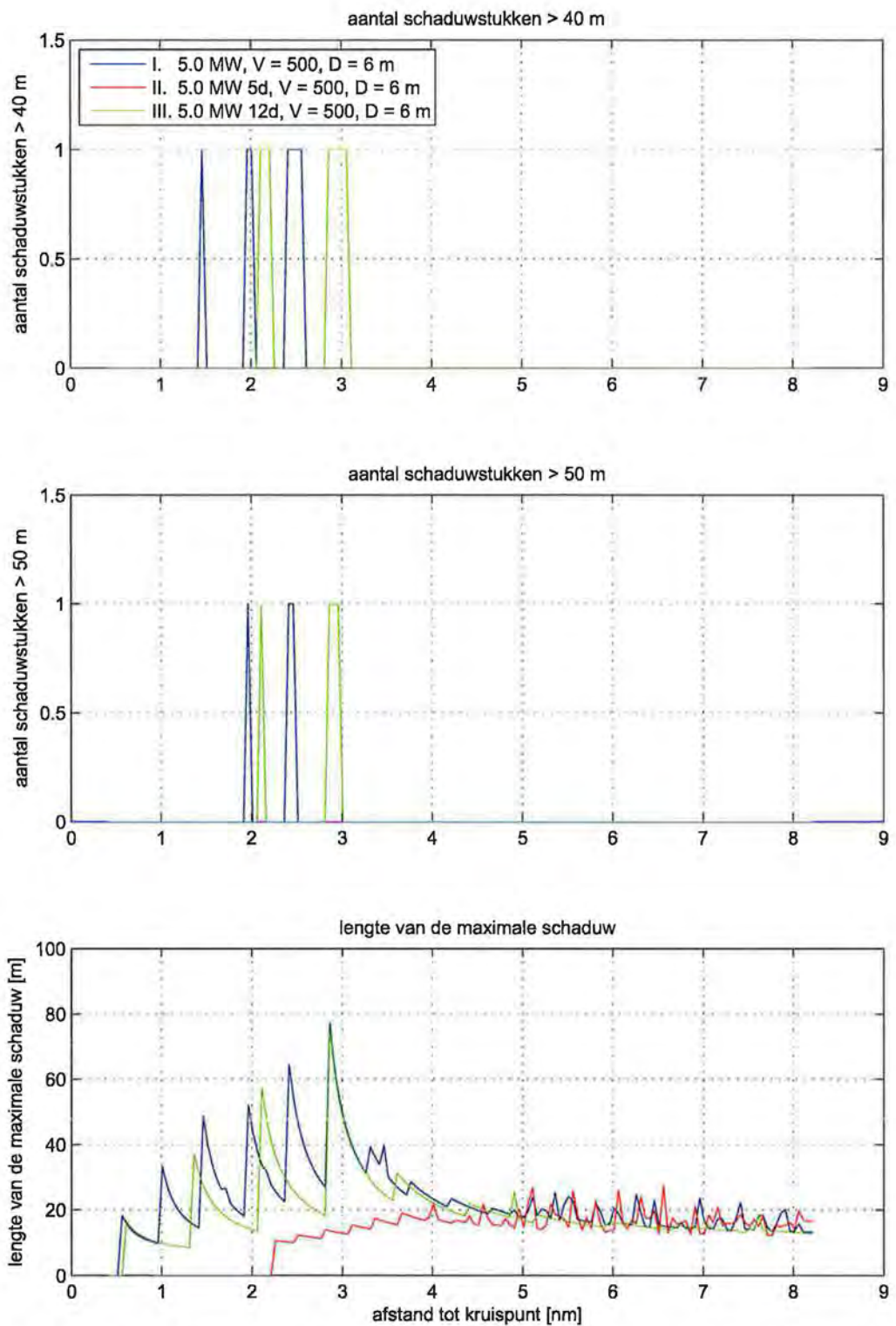


Figuur 4-9

Routegebonden met niet-routegebonden, 5 MW 12d-variant; Diepwaterroute naar Duitse Bocht met noordgaande niet-routegebonden schip



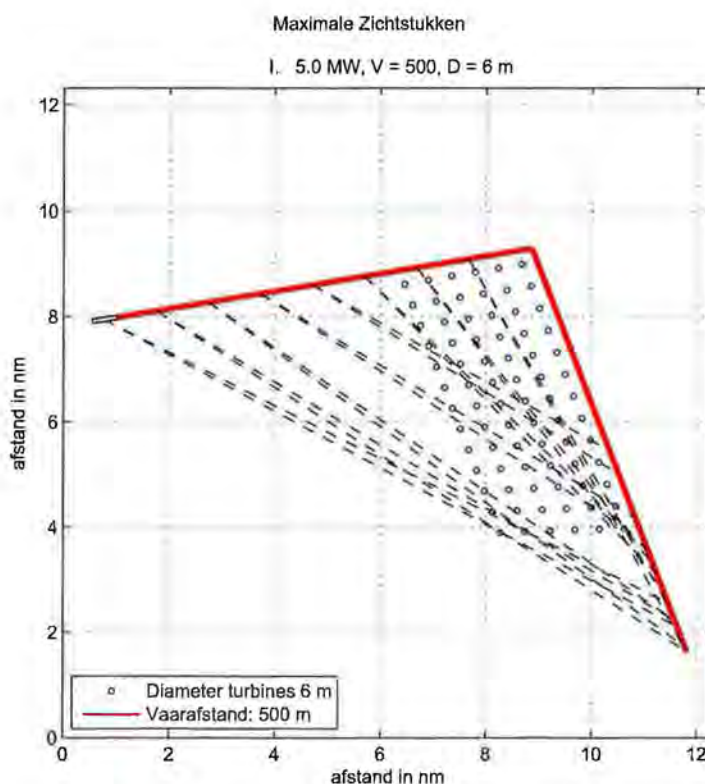
Figuur 4-10 Routegebonden met niet-routegebonden; aantal schaduwstukken >10m, >20m en 30m



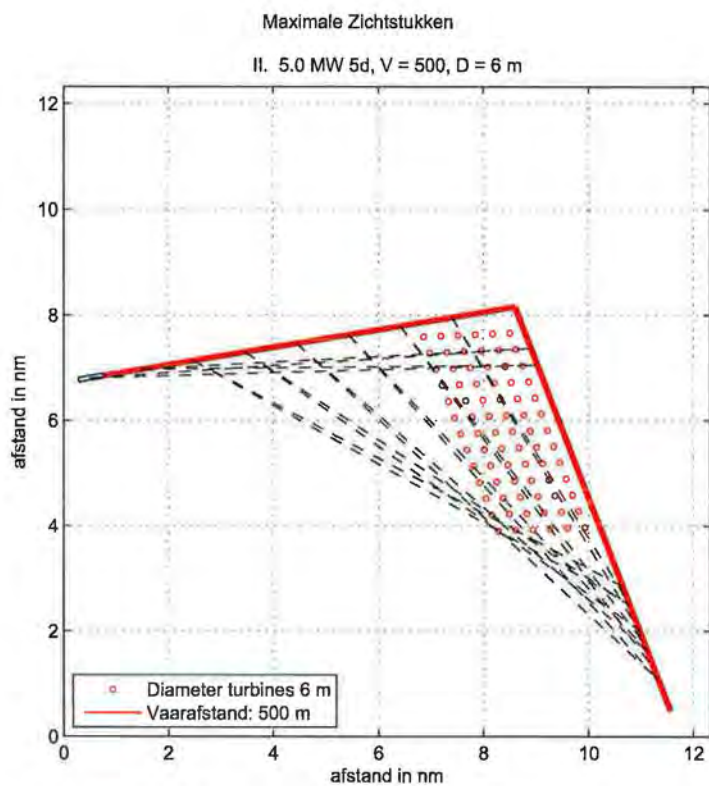
Figuur 4-11 Routegebonden met niet-routegebonden; aantal schaduwstukken >40m, >50m en maximale lengte van een schaduwstuk

In Figuur 4-12 tot en met Figuur 4-16 zijn de figuren gemaakt voor het niet-routegebonden verkeer. Voor dit verkeer is aangenomen dat het naar dezelfde moeilijke hoek vaart. Voor deze schepen is aangenomen dat ze vlak langs het park op een afstand van 500 m varen. De "basis" variant en de 12d-variant vertonen een gelijk beeld als de situatie routegebonden met niet-routegebonden. Alleen voor de 5d-variant is de link verschoven richting het park. Routegebonden verkeer zal binnen het verkeersscheidingsstelsel blijven en dus zal de afstand tussen het park en de link met de routegebonden schepen groter zijn voor de 5d-variant. Niet-routegebonden verkeer zal echter wel dicht langs het park mogen varen, dus voor de situatie van alleen niet-routegebonden schepen is de link verschoven tot op 500m van het windpark.

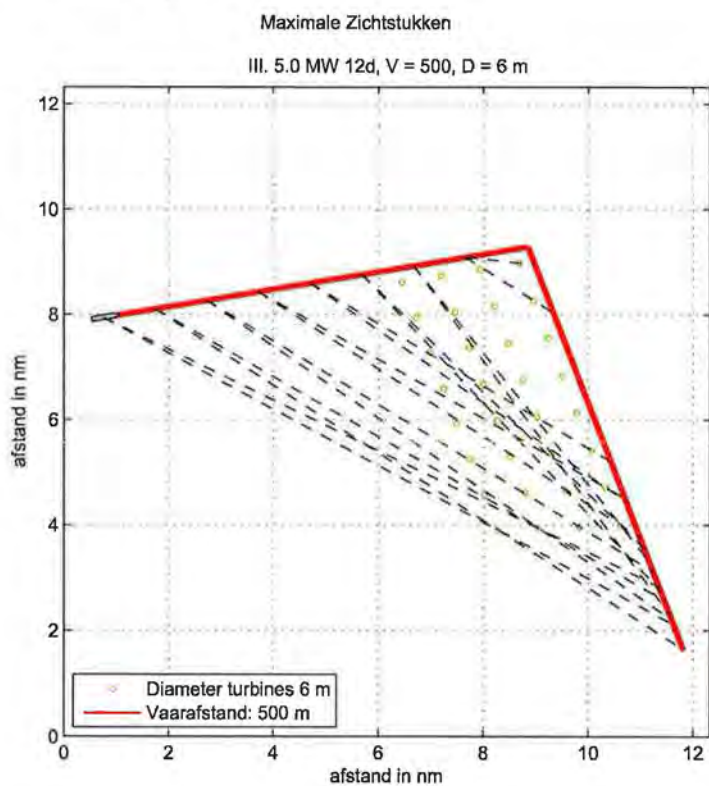
Uit de figuren volgt nu dat het verloop van de maximale lengte van de schaduw voor alle drie de inrichtingsvarianten hetzelfde beeld laat zien.



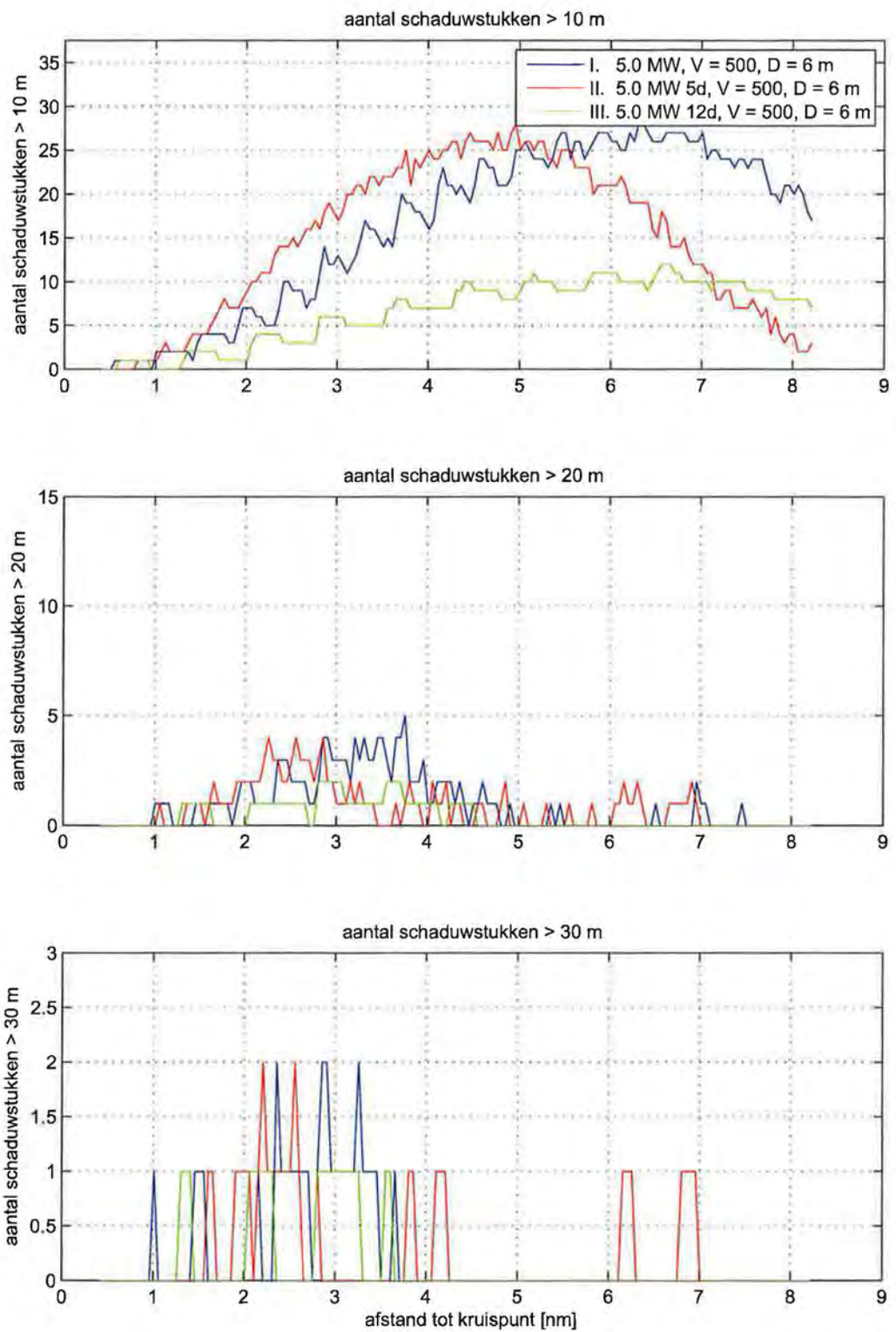
Figuur 4-12 Niet-routegebonden, 5 MW



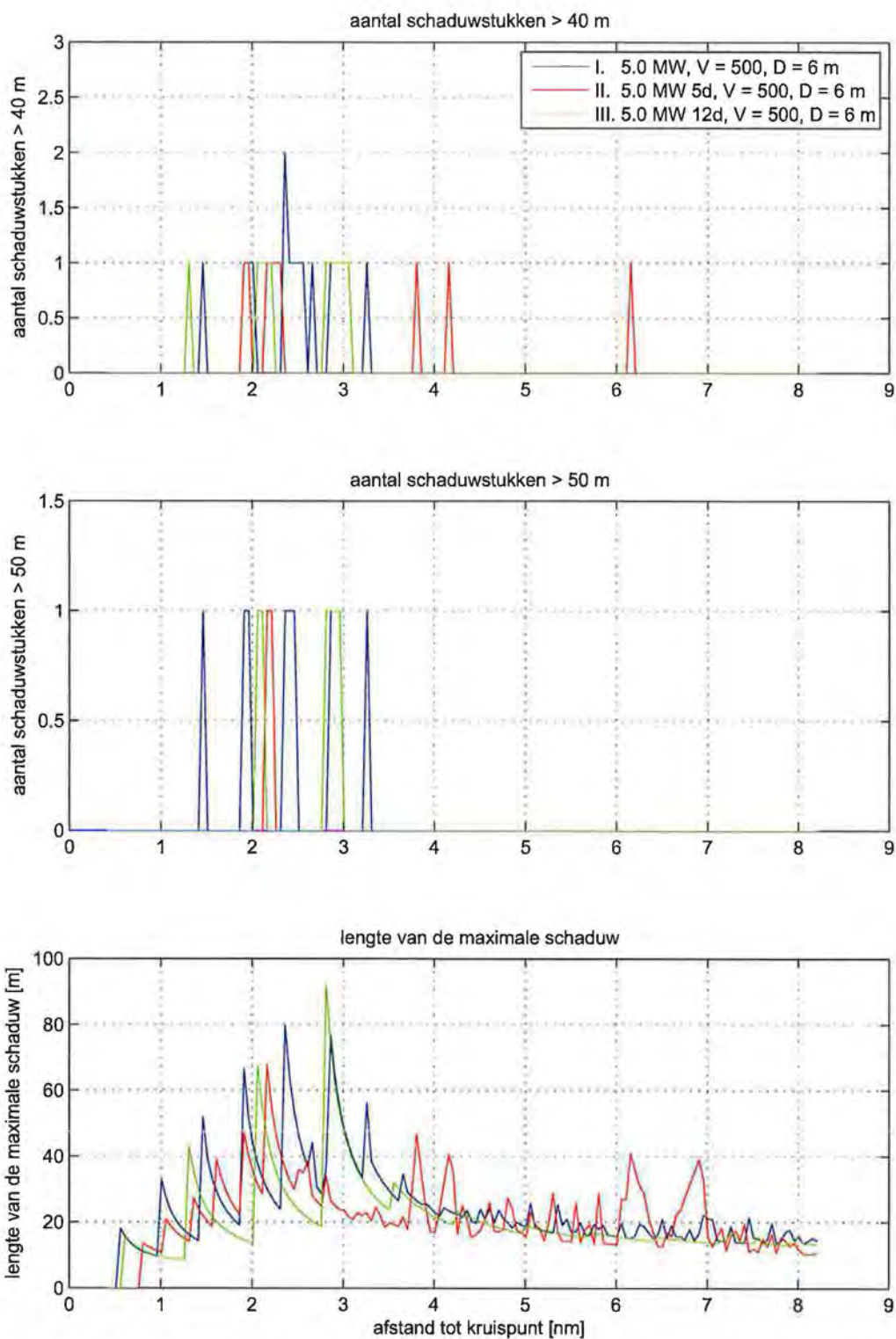
Figuur 4-13 Niet-routegebonden, 5 MW 5d-variant;



Figuur 4-14 Niet-routegebonden, 5 MW 12d-variant;



Figuur 4-15 Niet-routegebonden; aantal schaduwstukken >10m, >20m en 30m



Figuur 4-16

Niet-routegebonden; aantal schaduwstukken >40m, >50m en maximale lengte van een schaduwstuk

4.8.2 Extra aanvaringen door zichtbelemmering

In Figuur 4-6 is de verkeersafwikkeling voor de locatie BARD Offshore NL1 gegeven. Er vinden geen kritische ontmoetingen op een van de hoekpunten voor tussen twee routegebonden schepen plaats. In Figuur 4-6 zijn alleen de verkeersstromen voor het routegebonden verkeer getekend, maar een moeilijke ontmoetingssituatie kan zich ook voordoen tussen een routegebonden schip (koopvaardij) en een niet-routegebonden schip (meestal visser) of tussen twee niet-routegebonden schepen. Voor een niet-routegebonden schip is de zichtkwesitie wel hetzelfde als voor een routegebonden schip, maar een niet-routegebonden schip heeft veel minder ruimte nodig om uit te wijken. De verplichte 500 m afstand is ruim voldoende voor een noodmanoeuvre, welke natuurlijk zoveel mogelijk voorkomen moet worden.

In Tabel 4-10 is de extra kans op een aanvaring door de belemmering van het zicht bepaald op basis van berekeningen en een aantal aannames. In het linkerdeel staat het resultaat van de modelberekening zonder de zichtbeperking door het windpark mee te nemen. De tabel geeft dat er 0.0022 aanvaringen tussen kruisend verkeer per jaar verwacht worden ofwel een aanvaring eens in de 445 jaar. De "overtaking" en "head-on" aanvaringen zijn hier buiten beschouwing gelaten omdat voor dit type aanvaring geen extra risico door het park optreedt. De tabel geeft ook aan tussen welke scheepstypen deze aanvaring verwacht wordt. Voor de niet-routegebonden vaart is aangenomen dat de dichtheid rondom het park twee keer zo groot wordt omdat deze schepen dicht langs het park zullen varen.

In het rechterdeel van de tabel wordt het extra aantal aanvaringen als volgt geschat. Alleen de ontmoetingen tussen kruisende schepen waarbij het windpark zich tussen de schepen bevindt zijn extra gevaarlijk. Dit percentage is voor iedere gridcel geschat, zie Tabel 4-10 in de kolom "fractie moeilijk door windpark". Gezien de al zeer lage aantallen is aangenomen dat bij alle kruisende ontmoetingen in het gebied, het windpark tussen de ontmoetende schepen staat. Voor deze groep wordt aangenomen dat 10% vlak langs het park vaart en in moeilijkheden kan komen. Voor de niet-routegebonden schepen wordt aangenomen dat er meer schepen (20%) vlak langs het park varen omdat het windpark voor deze schepen meer een obstakel vormt.

Er wordt een factor toegepast om de extra ongevalsgevoeligheid, gegeven een moeilijke ontmoeting mee te nemen. Deze factor is 3 voor een ontmoeting tussen twee routegebonden schepen, 2.25 voor een ontmoeting tussen een routegebonden schip en een niet-routegebonden schip en 1.5 voor een ontmoeting tussen twee niet-routegebonden schepen. Feitelijk zou deze factor moeten variëren met de inrichtingsvariant, maar gezien de resultaten van 4.8.1 is het verschil tussen de inrichtingsvarianten minimaal.

Type aanvaring	zonder extra factor voor moeilijk kruisend verkeer				toegepaste factoren			extra aantal aanvaringen door windpark eens in de .. jaar
	R-schepen	N-schepen	aantal aanvaringen per jaar	aanvaringen eens in de .. Jaar	fractie moeilijk door windpark	fractie met kleine afstand	extra factor voor kans op aanvaring gegeven een ontmoeting	
Tussen twee routegebonden en schepen	0.0001	0	0.0000	39180	100%	10%	3	195902
Een routegebonden schip met een niet-routegebonden schip	0.0007	0.0007	0.0007	1430	25%	20%	2.25	22875
Tussen twee niet-routegebonden schepen	0	0.0030	0.0015	656	25%	20%	1.5	26245
Totaal			0.0022	445				11505

Tabel 4-10

Risico en extra risico voor kruisend verkeer

Conclusie

De schatting resulteert in een extra aanvaring door het windpark eens in de 11505 jaar. De betrouwbaarheid van dit resultaat is niet groot omdat de gebruikte factoren en aannames arbitrair zijn, maar het toont wel aan dat de extra kans op een aanvaring klein is.

5 MAATREGELEN

5.1 Gebruik van AIS

Sinds 1 januari 2005 hebben alle schepen boven 300 GT (ongeveer 55 m) een AIS-transponder (Automatic Identification System), die de positie van het schip continu uitzendt. In de buurt varende schepen kunnen deze signalen ontvangen en hiermee is de positie, koers en snelheid van het andere schip bekend.

AIS, mits geïntegreerd in de navigatiehulpmiddelen op de scheepsbrug, biedt dan ook extra mogelijkheden om het kruisende schip vroegtijdig te zien. Te meer daar AIS niet verstoord wordt door het windpark. De verwachting is dat AIS, vooral wanneer AIS wordt geïntegreerd in de navigatiehulpmiddelen op de scheepsbrug de veiligheid op zee zal bevorderen. De verwachting is dat daardoor de kans dat een schip tegen een windturbine aanvaart (rammen) zal afnemen. De verwachting is dat de reductie 20% zal zijn. Deze reductie volgt uit het SAFESHIP-project en de harmonisatie van de aannamen ten behoeve van veiligheidsstudies voor windparken voor de Duitse autoriteiten.

Het is de verwachting dat in de toekomst steeds meer kleinere schepen, waaronder vissers, met een AIS-transponder gaan varen, waardoor het probleem van kruisende scheepvaart steeds minder groot wordt.

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

5.2 Inzet van De Waker

Zoals uit de berekeningen volgt geeft aandrijven het grootste 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. De Waker is een sleepboot van de overheid die naar een drifter wordt gestuurd zodra er een melding binnenkomt bij de kustwacht. De Waker kan dus een aandrijving voorkomen wanneer het schip de drifter kan bereiken voordat een windturbine wordt geraakt. De reductie van het aantal aandrijvingen hangt sterk af van de positie van De Waker op het moment van de melding. De thuishaven van de Waker is Den Helder en bij windkracht vanaf 5 Beaufort ligt de Waker op wacht in het Texel verkeersscheidingsstelsel, dus zeer dicht bij BARD Offshore NL1.

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

Om een inschatting te maken van het effect van de aanwezigheid van De Waker op de aanvaarfrequenties van het windpark, is een korte aanvullende berekening gemaakt

waarbij de inzet van De Waker vanuit Den Helder (bij 0-4 Bft) of het verkeersscheidingsstelsel (vanaf 5 Bft) is meegenomen. De Waker reduceert alleen het aantal aandrijvingen. In Tabel 5-1 zijn de aandrijffrequenties met en zonder De Waker naast elkaar gezet.

	aandrijffrequentie		Procentuele verandering als gevolg van de aanwezigheid waker
	Zonder de Waker	Met de Waker	
5 MW	0.014716	0.007239	-50.81%
5 MW 5d	0.013478	0.005825	-56.79%
5 MW 12d	0.006239	0.003107	-50.21%

Tabel 5-1 Aandrijffrequenties voor het windpark met en zonder de inzet van De Waker.

De Waker reduceert het aantal aandrijvingen met ruim 50%. Deze 50% loopt op tot 70% voor een windpark vlak bij de positie van De Waker bij een windkracht vanaf 5 Beaufort.

Wanneer zeer veel windparken op de Noordzee gebouwd gaan worden zal de meest gunstige locatie voor De Waker waarschijnlijk opnieuw bepaald worden, waardoor de berekende reductie zou kunnen veranderen. Ook is het mogelijk dat meerdere ETV's (Emergency Towing Vessels) zullen worden ingezet.

5.3 Autonome ontwikkeling uitstroom van olie

Voor het bepalen van de kans op een uitstroom van olie is gebruik gemaakt van de schadematrix die is samengesteld uit het onderzoek uitgevoerd voor het Near Shore Windpark. Dit is een "worst case" benadering. Wanneer nu de kans op een olie-uitstroom en de hoeveelheid uitstroom een belemmering zou vormen voor het al dan niet bouwen van offshore windparken dan verdient deze schadematrix verdere aandacht.

De volgende kanttekeningen kunnen bij deze modellering worden gemaakt:

- De uitstroom van ladingolie en bunkerolie kan optreden nadat een schip groter dan 1000 GT tegen een windturbine aandrijft en er een gat in de scheepshuid wordt aangenomen. In de praktijk zal de windturbine niet vol (centraal) geraakt worden maar met de voor- of achterkant van het schip, waardoor een deel van de botsingsenergie wordt omgezet in een rotatie van het schip.
- Het gebruik van een monopaal zonder uitsteeksels (een aanvaringsvriendelijke monopaal) zal minder vaak tot een gat in de scheepshuid leiden dan een tripod of een monopaal met een platform met andere attributen.
- Bij het bepalen van de uitstroom van ladingolie is uitgegaan van enkelwandige olietankers. De praktijk, autonome ontwikkeling, is dat deze enkelwandige olietankers uitgefaseerd worden en worden vervangen door dubbelwandige tankers. De kans dat er een gat in een ladingtank zal ontstaan bij een aandrijving van een windturbine is bij een dubbelwandige tanker kleiner. Dit betoog gaat niet op voor de kans op een uitstroom van bunkerolie omdat de meeste andere schepen niet dubbelwandig zijn uitgevoerd en de brandstoftank dus meestal enkelwandig is uitgevoerd. Dit betekent dat vooral de kans en

hoeveelheid uitstroom van ladingolie minder zal zijn dan met het huidige model wordt berekend. De frequentie voor de uitstroom van bunkerolie zal niet veel afnemen.

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

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

Conclusie

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

5.4 Mitigerende maatregelen bij kruisend verkeer

Afstand vergroten

De meest effectieve maatregel is om de afstand van het passerende verkeer tot het windpark te vergroten. De wettelijke afstand is 500 meter. Het plaatsen van een boei op grotere afstand helpt niet, omdat de scheepvaart in de praktijk aan weerszijden van een boei passeert indien er niet werkelijk gevaar dreigt. Een andere manier om de afstand tot het passerende verkeer te vergroten is:

- het park kleiner te maken;
- het instellen van "traffic lanes" (verkeersstelsels) bij het windpark.

De eerste maatregel helpt alleen wanneer het verkeer door de meest waarschijnlijke verkeersafwikkeling op basis van herkomst en bestemming dan verder van het windpark passeert, maar niet wanneer het verkeer met een kleiner wordend windpark mee schuift. De eerste optie helpt indien aan de noordkant een rij turbines wordt weggehaald, waardoor het zicht op de kritische kruising groter wordt. Deze maatregel geldt ook minder voor niet-routegebonden schepen die vlak langs het park zullen blijven varen.

Voor de tweede optie zal niet zo gauw gekozen worden omdat men internationaal het aantal verplichte verkeersstelsels zo klein mogelijk wil houden. Er moet dus een goede reden zijn om ergens een stelsel in te voeren om het bij de IMO te kunnen verantwoorden. Het instellen van een verplicht stelsel nabij een windpark lijkt daarom geen reële optie.

6 CONCLUSIES

Tabel 6-1 is het meest illustratief voor de keuze van de variant. De 12d-variant geeft een lagere aanvaar/aandrijffrequentie, maar de aanvaar/aandrijffrequentie per MWh is vrijwel gelijk voor de drie inrichtingsvarianten. De locatie van BARD Offshore NL1 is qua verkeersveiligheid een gunstige locatie (vergelijking met behulp van Tabel 6-2) en omdat het risico per MWh niet erg varieert met de inrichting is een inrichting met een zo groot mogelijke opbrengst op deze locatie aan te bevelen, dus feitelijk de 5 MW 5d variant maar dan de gehele locatie volgebouwd.

Inrichtingsvariant	Oppervlakte [km ²]	Energie opbrengst [MWh]	Aantal turbines	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal aantal per jaar
				R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen	
5 MW	42.34	1598370	78	0.010700	0.014538	0.012574	0.002139	0.039951
5 MW 5d	21.16	1482236	78	0.001700	0.022554	0.011146	0.002325	0.037725
5 MW 12d	41.97	700601	32	0.005237	0.007427	0.005315	0.000919	0.018898

Tabel 6-1 Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar voor de beschouwde inrichtingsvarianten

Inrichtingsvariant	Oppervlakte [km ²]	Energie opbrengst [MWh]	Aantal turbines	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar / MWh		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar / MWh		Totaal per jaar / MWh
				R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen	
5 MW	42.34	1598370	78	6.69E-09	9.10E-09	7.87E-09	1.34E-09	2.50E-08
5 MW 5d	21.16	1482236	78	1.15E-09	1.52E-08	7.52E-09	1.57E-09	2.55E-08
5 MW 12d	41.97	700601	32	7.48E-09	1.06E-08	7.59E-09	1.31E-09	2.70E-08

Tabel 6-2 Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar per MWh voor de beschouwde inrichtingsvarianten

De kans op persoonlijk letsel bij een aanvaring en aandrijving is bijzonder klein. Er wordt dan ook ruimschoots aan de criteria voor het extern risico, zowel het individueel als het groepsrisico, voldaan.

Voor bunkerolie en ladingolie samen is de kans op een uitstroom in de EEZ toegenomen met 0.18% voor de 5 MW variant.

De sleepboot De Waker kan een deel van de aandrijvingen voorkomen. Voor de huidige locatie op zee van De Waker nabij het Texel-verkeersscheidingsstelsel bij windkracht vanaf 5 Bft kan 50% van het aantal aandrijvingen worden voorkomen.

De gemodelleerde uitstroom van olie is een worst case benadering. Doordat het percentage tankers met een dubbele huid toeneemt, zal de kans op een uitstroom van olie na een aandrijving met een windturbine afnemen.

Opmerkingen:

In het BARD Offshore NL1 windpark zullen tripod turbines geplaatst worden in tegenstelling tot de monopalen gebruikt in andere parken. De totale doorsnede van deze tripods, gebruikt voor de berekeningen, is 23m. De doorsnede gebruikt voor de monopalen varieert tussen de 4m en 6m. Het gebruik van de tripod resulteert dus in een relatief grotere aanvaar/aandrijf frequenties dan het gebruik van een monopaal, maar deze frequenties blijven in absolute waarden klein door de geringe verkeersintensiteit.

BARD Engineering GmbH heeft een studie laten uitvoeren naar de gevolgen van een aanvaring van een tripod in vergelijking met een monopaal [7]. De belangrijkste conclusie is dat de botsvriendelijkheid van een tripod gelijk is aan die van een monopaal. Daarom, en om een goede vergelijking te kunnen blijven maken met andere studies, is er voor gekozen de schadematrix van de monopaal te gebruiken.

Bij de 5 MW 12d variant staan de windturbines ruim 1400m uit elkaar waardoor het wettelijk is toegestaan om door het windpark te varen. Het toestaan van verkeer door het windpark verslechtert de veiligheid aanzienlijk en moet worden voorkomen door een extra verordening of door het plaatsen van extra turbines. Bij de berekening is aangenomen dat al het verkeer om het windpark heen vaart.

REFERENTIES

- [1] C. van der Tak, J.H. de Jong
Safety Management Assessment Ranking Tool (SMART)
8th International Symposium on Vessel Traffic Services 1996
- [2] W.E. Walker, M. Pöyhönen, C. van der Tak, J.H. de Jong
POLSSS - Policy for Sea Shipping Safety, Executive Summary
RAND Europe and MARIN, December 1998
- [3] J. Barentse
Nadere toelichting: Gevolgen van aanvaringen door de windturbine-installatie
Jacobs Comprimio Nederland, juli 2000
- [4] C. van der Tak
Effecten van ruimteclaims in de Noordzee op de scheepvaart
MARIN, nr 16498.620/2, november 2001
- [5] Y. Koldenhof, C. van der Tak
Risico vervoer (milieu)gevaarlijke stoffen op zee
MARIN, juli 2004
- [6] Kamerstuk 24611; vergaderjaar 1995-1996
Risico-normering vervoer gevaarlijke stoffen
- [7] Dipl.-Ing. Florian Biehl
Kollisionsberechnung für das Offshore-WEA Fundament Tripile der BARD
Engineering GmbH
Technischer Universität Hamburg-Harburg; 28 Februar 2006

APPENDIX A1:

Resultaten windpark BARD Offshore NL1; variant met 78 windturbines van 5 MW



Figuur A1-1 Windpark BARD Offshore NL1, basis variant met 78 windturbines van 5 MW

Windturbine	Positie		Rammen		Driften		Totaal	Eens in de ... jaar
	Easting	Northing	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
001.BARD_5.0	5400.3	605.7	0.000176	0.000127	0.000148	0.000027	0.000479	2088
002.BARD_5.0	5400.3	601.7	0.000039	0.000694	0.000137	0.000035	0.000905	1105
003.BARD_5.0	5405.5	558.8	0.000994	0.000202	0.000250	0.000029	0.001475	678
004.BARD_5.0	5405.7	602.6	0.000978	0.000184	0.000246	0.000026	0.001435	697
005.BARD_5.0	5405.2	602.1	0.000334	0.000043	0.000206	0.000024	0.000607	1648
006.BARD_5.0	5404.8	602.3	0.000143	0.000043	0.000183	0.000023	0.000391	2557
007.BARD_5.0	5404.3	602.6	0.000064	0.000044	0.000166	0.000024	0.000298	3360
008.BARD_5.0	5403.9	602.9	0.000031	0.000047	0.000155	0.000024	0.000257	3896
009.BARD_5.0	5403.4	603.1	0.000015	0.000053	0.000147	0.000025	0.000240	4168
010.BARD_5.0	5403.0	603.4	0.000008	0.000074	0.000141	0.000025	0.000249	4020
011.BARD_5.0	5402.6	603.6	0.000006	0.000107	0.000136	0.000026	0.000275	3639
012.BARD_5.0	5402.1	603.9	0.000006	0.000119	0.000134	0.000027	0.000286	3497
013.BARD_5.0	5401.7	604.1	0.000011	0.000115	0.000134	0.000027	0.000287	3483
014.BARD_5.0	5401.2	604.4	0.000022	0.000105	0.000136	0.000027	0.000290	3447
015.BARD_5.0	5400.8	604.7	0.000040	0.000095	0.000138	0.000027	0.000300	3332
016.BARD_5.0	5400.8	603.8	0.000029	0.000125	0.000137	0.000028	0.000318	3141
017.BARD_5.0	5401.2	603.6	0.000011	0.000027	0.000135	0.000026	0.000199	5025
018.BARD_5.0	5401.6	603.4	0.000007	0.000028	0.000133	0.000025	0.000193	5182
019.BARD_5.0	5402.1	603.1	0.000005	0.000025	0.000134	0.000025	0.000188	5318
020.BARD_5.0	5402.5	602.8	0.000005	0.000022	0.000136	0.000024	0.000188	5320
021.BARD_5.0	5403.0	602.6	0.000009	0.000016	0.000141	0.000024	0.000189	5294
022.BARD_5.0	5403.4	602.3	0.000016	0.000010	0.000147	0.000023	0.000196	5090
023.BARD_5.0	5403.9	602.1	0.000032	0.000009	0.000155	0.000022	0.000218	4584
024.BARD_5.0	5404.3	601.8	0.000066	0.000008	0.000167	0.000022	0.000262	3811
025.BARD_5.0	5404.7	601.6	0.000139	0.000007	0.000183	0.000022	0.000351	2846
026.BARD_5.0	5405.2	601.3	0.000336	0.000040	0.000207	0.000023	0.000606	1651
027.BARD_5.0	5405.1	600.5	0.000340	0.000041	0.000208	0.000024	0.000613	1630
028.BARD_5.0	5404.7	600.8	0.000142	0.000008	0.000184	0.000021	0.000354	2822
029.BARD_5.0	5404.3	601.1	0.000068	0.000008	0.000168	0.000021	0.000264	3790
030.BARD_5.0	5403.8	601.3	0.000033	0.000009	0.000156	0.000021	0.000218	4583
031.BARD_5.0	5403.4	601.6	0.000017	0.000010	0.000147	0.000024	0.000198	5048
032.BARD_5.0	5403.0	601.8	0.000009	0.000016	0.000141	0.000024	0.000190	5271
033.BARD_5.0	5402.5	602.0	0.000005	0.000022	0.000137	0.000025	0.000188	5316
034.BARD_5.0	5402.1	602.3	0.000004	0.000025	0.000134	0.000025	0.000187	5342
035.BARD_5.0	5401.6	602.6	0.000005	0.000027	0.000133	0.000026	0.000190	5258
036.BARD_5.0	5401.2	602.8	0.000008	0.000028	0.000133	0.000026	0.000196	5114
037.BARD_5.0	5400.8	603.1	0.000022	0.000157	0.000135	0.000029	0.000344	2908
038.BARD_5.0	5400.8	602.3	0.000016	0.000165	0.000134	0.000030	0.000344	2906
039.BARD_5.0	5401.2	602.0	0.000007	0.000159	0.000133	0.000030	0.000329	3044
040.BARD_5.0	5401.6	601.8	0.000004	0.000158	0.000132	0.000030	0.000324	3088
041.BARD_5.0	5402.1	601.6	0.000004	0.000151	0.000134	0.000029	0.000318	3149
042.BARD_5.0	5402.5	601.3	0.000005	0.000135	0.000137	0.000027	0.000304	3292
043.BARD_5.0	5402.9	601.0	0.000009	0.000093	0.000142	0.000025	0.000269	3719
044.BARD_5.0	5403.4	600.8	0.000017	0.000064	0.000148	0.000025	0.000255	3926
045.BARD_5.0	5403.8	600.5	0.000034	0.000047	0.000156	0.000025	0.000262	3815
046.BARD_5.0	5404.2	600.3	0.000070	0.000044	0.000168	0.000025	0.000307	3261
047.BARD_5.0	5404.7	600.1	0.000152	0.000044	0.000185	0.000025	0.000406	2461
048.BARD_5.0	5405.1	559.8	0.000346	0.000045	0.000208	0.000026	0.000625	1599
049.BARD_5.0	5400.3	604.9	0.000146	0.000351	0.000146	0.000030	0.000673	1487
050.BARD_5.0	5400.3	604.1	0.000106	0.000552	0.000143	0.000032	0.000833	1201
051.BARD_5.0	5400.3	603.3	0.000081	0.000673	0.000141	0.000034	0.000929	1076
052.BARD_5.0	5400.3	602.5	0.000056	0.000691	0.000139	0.000035	0.000921	1086
053.BARD_5.0	5405.5	559.5	0.000991	0.000185	0.000249	0.000028	0.001454	688
054.BARD_5.0	5405.6	600.3	0.000988	0.000185	0.000249	0.000027	0.001450	690
055.BARD_5.0	5405.6	601.1	0.000985	0.000185	0.000249	0.000027	0.001446	692
056.BARD_5.0	5405.7	601.8	0.000982	0.000185	0.000248	0.000027	0.001442	694
057.BARD_5.0	5405.3	602.8	0.000354	0.000181	0.000207	0.000025	0.000766	1305
058.BARD_5.0	5404.8	603.1	0.000140	0.000182	0.000182	0.000025	0.000529	1890
059.BARD_5.0	5404.4	603.4	0.000063	0.000178	0.000166	0.000025	0.000431	2319
060.BARD_5.0	5403.9	603.6	0.000030	0.000182	0.000155	0.000026	0.000392	2548

Windturbine	Positie		Rammen		Driften		Totaal	Eens in de ... jaar
	Easting	Northing	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
061.BARD_5.0	5403.5	603.9	0.000015	0.000192	0.000146	0.000026	0.000380	2634
062.BARD_5.0	5403.0	604.1	0.000009	0.000271	0.000140	0.000027	0.000447	2237
063.BARD_5.0	5402.6	604.4	0.000007	0.000404	0.000136	0.000029	0.000575	1738
064.BARD_5.0	5402.1	604.7	0.000009	0.000418	0.000135	0.000029	0.000591	1692
065.BARD_5.0	5401.7	604.9	0.000021	0.000356	0.000136	0.000029	0.000542	1847
066.BARD_5.0	5401.2	605.2	0.000052	0.000277	0.000139	0.000029	0.000497	2014
067.BARD_5.0	5400.8	605.5	0.000109	0.000217	0.000143	0.000028	0.000498	2009
068.BARD_5.0	5400.8	601.5	0.000014	0.000694	0.000133	0.000035	0.000877	1140
069.BARD_5.0	5401.2	601.3	0.000006	0.000692	0.000132	0.000036	0.000865	1156
070.BARD_5.0	5401.6	601.0	0.000004	0.000688	0.000132	0.000034	0.000858	1166
071.BARD_5.0	5402.0	600.8	0.000004	0.000672	0.000134	0.000034	0.000844	1185
072.BARD_5.0	5402.5	600.5	0.000005	0.000605	0.000138	0.000033	0.000781	1280
073.BARD_5.0	5402.9	600.2	0.000009	0.000405	0.000142	0.000031	0.000587	1702
074.BARD_5.0	5403.3	600.0	0.000018	0.000240	0.000148	0.000030	0.000436	2296
075.BARD_5.0	5403.8	559.8	0.000035	0.000199	0.000157	0.000029	0.000420	2379
076.BARD_5.0	5404.2	559.5	0.000072	0.000190	0.000169	0.000029	0.000460	2174
077.BARD_5.0	5404.6	559.3	0.000156	0.000189	0.000186	0.000029	0.000560	1785
078.BARD_5.0	5405.0	559.0	0.000382	0.000191	0.000211	0.000029	0.000813	1230
PLT.BARD_5.0	5403.2	602.9	0.000015	0.000085	0.000160	0.000032	0.000292	3428
Totaal per jaar			0.010700	0.014538	0.012577	0.002139	0.039954	25
Dit is eens in ... jaar			93	69	80	467	25	

Tabel A1-1

Locatie met aanvaar/aandrijfkans per turbine (incl. High Voltage Station)

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
Routegebonden	0.010700	93	0.012574	80	0.023274	43
Niet-routegebonden	0.014538	69	0.002139	468	0.016677	60
Totaal	0.025238	40	0.014713	68	0.039951	25

Tabel A1-2 Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor BARD Offshore NL1 variant 5 MW.

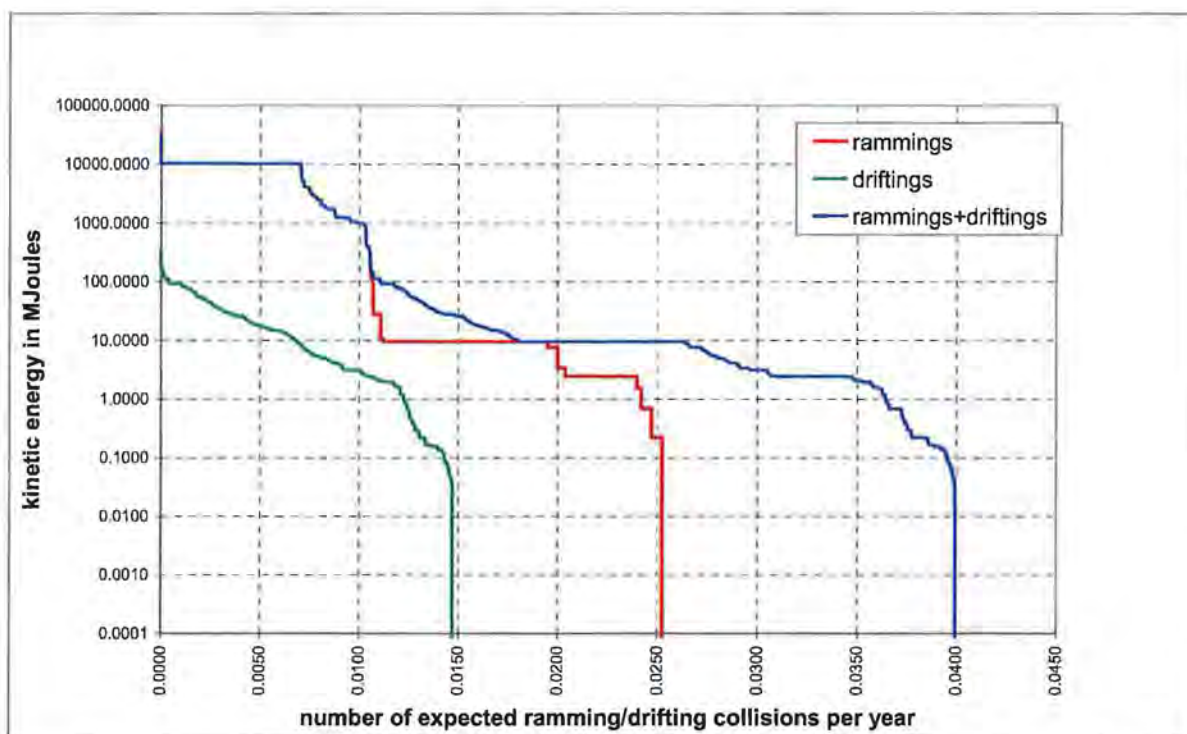
Scheepstype	Soort schade			Totaal
	GosMos ³	schade aan scheepshuid	geen schade	
Olietanker	0.000077	0.001094	0.000703	0.001874
Chemicaliën tanker	0.000059	0.002285	0.000624	0.002968
Gastanker	0.000004	0.000270	0.000042	0.000316
Container+ RoRo	0.000757	0.003838	0.006819	0.011414
Ferry	0.000003	0.000046	0.000031	0.000080
Overige R-schepen	0.000154	0.004823	0.001645	0.006622
N-schepen	0.000000	0.000000	0.016677	0.016677
Totaal	0.001053	0.012356	0.026542	0.039951

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

Schade aan turbine	Rammen				Driften		Totaal		Aantal per jaar	Eens in de ... jaar
	frontaal		Schampen							
	R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen		
Geen	0.000000	0.001367	0.000000	0.013084	0.000799	0.002139	0.000799	0.016590	0.017389	58
Scheef	0.000000	0.000087	0.000011	0.000000	0.005005	0.000000	0.005016	0.000087	0.005103	196
Omvalen	0.000963	0.000000	0.008673	0.000000	0.006774	0.000000	0.016410	0.000000	0.016410	61
GosMos ¹	0.000107	0.000000	0.000946	0.000000	0.000000	0.000000	0.001053	0.000000	0.001053	950
Totaal	0.001070	0.001454	0.009630	0.013084	0.012578	0.002139	0.023278	0.016677	0.039955	25

Tabel A1-4 Schade aan het totale windpark.

³ Gondel en mastdeel valt op schip na plastische vervorming



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

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%	2.6%	2.6%	0.8%	5.3%	6.2%	0.8%	8.0%	8.8%
1-3	0.0%	9.6%	9.6%	5.3%	0.0%	5.3%	5.3%	9.6%	14.9%
3-5	0.0%	1.0%	1.0%	5.0%	0.0%	5.0%	5.0%	1.0%	6.0%
5-10	0.0%	22.0%	22.0%	3.2%	0.0%	3.2%	3.2%	22.0%	25.2%
10-15	0.0%	0.3%	0.3%	3.1%	0.0%	3.1%	3.1%	0.3%	3.4%
15-50	0.0%	0.9%	1.0%	8.5%	0.0%	8.5%	8.5%	0.9%	9.4%
50-100	0.1%	0.0%	0.1%	4.6%	0.0%	4.6%	4.6%	0.0%	4.6%
100-200	0.3%	0.0%	0.3%	1.0%	0.0%	1.0%	1.3%	0.0%	1.3%
>200	26.4%	0.0%	26.4%	0.0%	0.0%	0.0%	26.4%	0.0%	26.4%
Totaal	26.8%	36.4%	63.2%	31.5%	5.4%	36.8%	58.3%	41.7%	100.0%

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

Uitstroom van bunkerolie in m ³	Windpark BARD Offshore NL1; inrichtingvariant 5 MW		
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³
0.01-20	0.000003	347058	0.000
20-150	0.000211	4729	0.016
150-750	0.000310	3224	0.119
750-3000	0.000142	7029	0.222
3000-10000	0.000004	281772	0.012
Totaal	0.000670	1492	0.369

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

Uitstroom van ladingolie in m ³	Windpark BARD Offshore NL1; inrichtingvariant 5 MW		
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³
20-150	0.000000		0.000
150-750	0.000018	54514	0.009
750-3000	0.000070	14185	0.170
3000-10000	0.000119	8371	0.712
10000-30000	0.000002	580072	0.024
30000-100000	0.000000	26964973336	0.000
Totaal	0.000210	4761	0.915

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

Windpark BARD Offshore NL1; inrichtingvariant 5 MW	Bunkerolie			Ladingolie			Totaal
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Eens in de ... jaar
Verkeer 2004	0.000670	1492	0.369	0.000210	4761	0.915	1136

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

Ecologische risico-indicator	Verkeer 2004
Zeer hoog ecologisch risico	0.000043
Hoog ecologisch risico	0.000009
Gemiddeld ecologische risico	0.000007
Gering ecologisch risico	0.000064
Verwaarloosbaar ecologische risico	0.000028
Totaal	0.000152
Eens in de ... jaar	6589

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

Scheepstype	Aanvaringstype Aantal per jaar		Samen eens in de ...jaar	Directe doden		Groepsrisico Eens in de ... jaar meer dan 10 doden
	Frontaal	Schampen		Gemiddeld aantal doden per keer	Gemiddeld aantal doden per jaar	
Olietanker	0.000008	0.000069	12968	0.95	0.000073	
Chemicaliën tanker	0.000007	0.000052	16976	1.23	0.000072	16976
Gastanker	0.000000	0.000003	257732	1.19	0.000005	257732
Container + RoRo	0.000076	0.000681	1322	1.35	0.001019	
Ferry	0.000000	0.000002	384615	47.58	0.000124	384615
Overige R-schepen	0.000016	0.000138	6498	0.88	0.000136	
N-schepen	0.000000	0.000000		0.00	0.000000	
Totaal	0.000107	0.000946	950	1.36	0.001429	15294

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

nr	Windpark	Aantal turbines	Totaal MW	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal per jaar	Kans op uitstroom per jaar	Kans op uitstroom per jaar per 1000 MW
				R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen			
1	5 MW	78	281	0.0107	0.0145	0.0126	0.0021	0.0400	0.0009	0.0031
2	EP Offshore NL1	212	636	0.0373	0.0428	0.0375	0.0063	0.1239	0.0026	0.0041
3	GWS offshore NL 1	233	699	0.0254	0.0317	0.0396	0.0068	0.1034	0.0028	0.0040

Tabel A1-11 Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 3 MW turbines in compacte opstelling

Windpark	Aantal turbines	Totaal MW	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal per jaar	Kans op uitstroom per jaar	Kans op uitstroom per jaar per 1000 MW
			R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen			
5 MW	78	281	0.0107	0.0145	0.0126	0.0021	0.0400	0.0009	0.0031
5 MW + EP Offshore NL1	290	917	0.0480	0.0573	0.0501	0.0084	0.1638	0.0035	0.0038
5 MW + EP Offshore NL1 + GWS Offshore NL 1	523	1616	0.0734	0.0890	0.0897	0.0152	0.2672	0.0063	0.0039
Gemiddeld per 1000 MW		1000	0.0454	0.0551	0.0555	0.0094	0.1654	0.0039	0.0039

Tabel A1-12 Cumulatief aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 3 MW turbines in compacte opstelling

Windpark	Aantal turbines	Totaal MW	Een aanvaring (rammen) eens in .. jaar		Een aandrijving (driften) eens in .. jaar		Totaal eens in .. jaar	Kans op uitstroom eens in .. jaar	Kans op uitstroom per 1000 MW eens in de .. jaar
			R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen			
5 MW	78	281	93.5	68.8	79.5	467.5	25.0	1136.4	319.1
5 MW + EP Offshore NL1	290	917	20.8	17.4	20.0	118.5	6.1	285.6	261.8
5 MW + EP Offshore NL1 + GWS Offshore NL 1	523	1616	13.6	11.2	11.2	65.8	3.7	159.4	257.6
Gemiddeld per 1000 MW		1000	22.0	18.2	18.0	106.3	6.0	257.6	257.6

Tabel A1-13 Cumulatief, kans op een aanvaring/aandrijving voor het geclusterd scenario in termen van eens in de zoveel jaar; andere parken ingericht met 3 MW turbines in compacte opstelling

nr	Windpark	Aantal turbines	Totaal MW	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal per jaar	Kans op uitstroom per jaar	Kans op uitstroom per jaar per 1000 MW
				R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen			
1	5 MW	78	281	0.0107	0.0145	0.0126	0.0021	0.0400	0.0009	0.0031
2	EP Offshore NL1	127	635	0.0233	0.0295	0.0227	0.0039	0.0795	0.0016	0.0025
3	GWS Offshore NL 1	140	700	0.0159	0.0219	0.0241	0.0042	0.0661	0.0017	0.0024

Tabel A1-14 Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 5 MW turbines in compacte opstelling

Windpark	Aantal turbines	Totaal MW	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal per jaar	Kans op uitstroom per jaar	Kans op uitstroom per jaar per 1000 MW
			R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen			
5 MW	78	281	0.0107	0.0145	0.0126	0.0021	0.0400	0.0009	0.0031
5 MW + EP Offshore NL1	205	916	0.0340	0.0440	0.0353	0.0061	0.1194	0.0025	0.0027
5 MW + EP Offshore NL1 + GWS Offshore NL 1	345	1616	0.0500	0.0659	0.0594	0.0103	0.1855	0.0042	0.0026
Gemiddeld per 1000 MW		1000	0.0309	0.0408	0.0367	0.0064	0.1148	0.0026	0.0026

Tabel A1-15 Cumulatief aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 5 MW turbines in compacte opstelling

Windpark	Aantal turbines	Totaal MW	Een aanvaring (rammen) eens in .. jaar		Een aandrijving (driften) eens in .. jaar		Totaal eens in .. jaar	Kans op uitstroom eens in .. jaar	Kans op uitstroom per 1000 MW eens in de .. jaar
			R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen			
5 MW	78	281	93.5	68.8	79.5	467.5	25.0	1136.4	319.1
5 MW + EP Offshore NL1	205	916	29.4	22.7	28.3	164.7	8.4	404.2	370.1
5 MW + EP Offshore NL1 + GWS Offshore NL 1	345	1616	20.0	15.2	16.8	97.0	5.4	240.1	388.0
Gemiddeld per 1000 MW		1000	32.3	24.5	27.2	156.7	8.7	388.0	388.0

Tabel A1-16 Cumulatief, kans op een aanvaring/aandrijving voor het geclusterd scenario in termen van eens in de zoveel jaar; andere parken ingericht met 5 MW turbines in compacte opstelling

APPENDIX A2:

Resultaten windpark BARD Offshore NL1; 5d-variant 78 windturbines van 5 MW



Figuur A2-1 Windpark BARD Offshore NL1, 5d- variant met 78 windturbines van 5 MW

Windturbine	Positie		Rammen		Driften		Totaal	Eens in ... de jaar
	Easting	Northing	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
001.BARD_5.0_5d	5400.3	601.7	0.000039	0.000694	0.000137	0.000035	0.000905	1105
002.BARD_5.0_5d	5400.6	601.6	0.000019	0.000694	0.000134	0.000035	0.000883	1133
003.BARD_5.0_5d	5401.0	601.4	0.000009	0.000694	0.000133	0.000035	0.000871	1148
004.BARD_5.0_5d	5401.3	601.2	0.000005	0.000694	0.000132	0.000035	0.000866	1155
005.BARD_5.0_5d	5401.6	601.0	0.000004	0.000690	0.000132	0.000035	0.000860	1162
006.BARD_5.0_5d	5401.9	600.8	0.000003	0.000688	0.000133	0.000034	0.000859	1164
007.BARD_5.0_5d	5402.2	600.7	0.000004	0.000669	0.000135	0.000034	0.000842	1187
008.BARD_5.0_5d	5402.5	600.5	0.000006	0.000602	0.000138	0.000033	0.000778	1285
009.BARD_5.0_5d	5402.8	600.3	0.000009	0.000456	0.000141	0.000031	0.000637	1569
010.BARD_5.0_5d	5403.1	600.1	0.000014	0.000315	0.000145	0.000030	0.000504	1984
011.BARD_5.0_5d	5403.4	559.9	0.000022	0.000231	0.000151	0.000029	0.000433	2308
012.BARD_5.0_5d	5403.8	559.8	0.000036	0.000194	0.000158	0.000029	0.000416	2401
013.BARD_5.0_5d	5404.1	559.6	0.000060	0.000191	0.000166	0.000029	0.000445	2246
014.BARD_5.0_5d	5400.3	602.3	0.000050	0.000694	0.000138	0.000035	0.000917	1091
015.BARD_5.0_5d	5400.6	602.1	0.000020	0.000250	0.000134	0.000031	0.000434	2302
016.BARD_5.0_5d	5401.0	601.9	0.000011	0.000250	0.000133	0.000031	0.000424	2357
017.BARD_5.0_5d	5401.3	601.7	0.000006	0.000250	0.000132	0.000031	0.000418	2391
018.BARD_5.0_5d	5401.6	601.6	0.000004	0.000247	0.000132	0.000031	0.000414	2415
019.BARD_5.0_5d	5401.9	601.4	0.000003	0.000243	0.000133	0.000031	0.000410	2440
020.BARD_5.0_5d	5402.2	601.2	0.000004	0.000229	0.000135	0.000029	0.000397	2519
021.BARD_5.0_5d	5402.5	601.0	0.000005	0.000211	0.000138	0.000029	0.000383	2612
022.BARD_5.0_5d	5402.8	600.8	0.000008	0.000170	0.000141	0.000028	0.000347	2883
023.BARD_5.0_5d	5403.1	600.7	0.000013	0.000124	0.000145	0.000027	0.000309	3238
024.BARD_5.0_5d	5403.4	600.5	0.000020	0.000089	0.000150	0.000026	0.000286	3502
025.BARD_5.0_5d	5403.8	600.4	0.000033	0.000077	0.000156	0.000026	0.000292	3421
026.BARD_5.0_5d	5404.1	600.2	0.000056	0.000189	0.000164	0.000028	0.000438	2285
027.BARD_5.0_5d	5400.3	602.9	0.000066	0.000684	0.000139	0.000034	0.000924	1083
028.BARD_5.0_5d	5400.6	602.7	0.000024	0.000246	0.000135	0.000031	0.000437	2287
029.BARD_5.0_5d	5401.0	602.5	0.000011	0.000079	0.000133	0.000028	0.000251	3984
030.BARD_5.0_5d	5401.3	602.3	0.000007	0.000079	0.000132	0.000028	0.000246	4071
031.BARD_5.0_5d	5401.6	602.2	0.000004	0.000078	0.000132	0.000028	0.000242	4134
032.BARD_5.0_5d	5401.9	602.0	0.000004	0.000077	0.000133	0.000027	0.000241	4152
033.BARD_5.0_5d	5402.2	601.8	0.000004	0.000070	0.000135	0.000027	0.000236	4243
034.BARD_5.0_5d	5402.5	601.6	0.000005	0.000062	0.000137	0.000027	0.000231	4329
035.BARD_5.0_5d	5402.8	601.4	0.000008	0.000054	0.000140	0.000026	0.000228	4385
036.BARD_5.0_5d	5403.1	601.3	0.000012	0.000038	0.000144	0.000023	0.000217	4601
037.BARD_5.0_5d	5403.4	601.1	0.000019	0.000031	0.000149	0.000023	0.000222	4497
038.BARD_5.0_5d	5403.8	600.9	0.000031	0.000076	0.000155	0.000025	0.000288	3468
039.BARD_5.0_5d	5404.1	600.7	0.000052	0.000190	0.000163	0.000028	0.000433	2311
040.BARD_5.0_5d	5400.3	603.4	0.000084	0.000667	0.000141	0.000034	0.000925	1081
041.BARD_5.0_5d	5400.6	603.2	0.000031	0.000238	0.000137	0.000030	0.000436	2294
042.BARD_5.0_5d	5401.0	603.1	0.000014	0.000079	0.000134	0.000028	0.000255	3917
043.BARD_5.0_5d	5401.3	602.9	0.000009	0.000079	0.000133	0.000028	0.000249	4021
044.BARD_5.0_5d	5401.6	602.7	0.000006	0.000078	0.000132	0.000027	0.000243	4107
045.BARD_5.0_5d	5401.9	602.5	0.000004	0.000077	0.000133	0.000027	0.000241	4155
046.BARD_5.0_5d	5402.2	602.3	0.000004	0.000070	0.000134	0.000027	0.000235	4252
047.BARD_5.0_5d	5402.5	602.2	0.000005	0.000063	0.000137	0.000026	0.000231	4337
048.BARD_5.0_5d	5402.8	602.0	0.000007	0.000055	0.000140	0.000026	0.000227	4401
049.BARD_5.0_5d	5403.1	601.8	0.000011	0.000038	0.000144	0.000025	0.000218	4591
050.BARD_5.0_5d	5403.4	601.6	0.000018	0.000031	0.000148	0.000025	0.000222	4509
051.BARD_5.0_5d	5403.8	601.4	0.000029	0.000076	0.000154	0.000026	0.000286	3498
052.BARD_5.0_5d	5404.1	601.3	0.000049	0.000189	0.000162	0.000028	0.000427	2340
053.BARD_5.0_5d	5400.3	604.0	0.000105	0.000605	0.000143	0.000032	0.000885	1129
054.BARD_5.0_5d	5400.6	603.8	0.000038	0.000203	0.000138	0.000030	0.000408	2453
055.BARD_5.0_5d	5401.0	603.6	0.000023	0.000219	0.000136	0.000029	0.000407	2455
056.BARD_5.0_5d	5401.3	603.4	0.000013	0.000230	0.000134	0.000030	0.000407	2457
057.BARD_5.0_5d	5401.6	603.2	0.000008	0.000237	0.000133	0.000030	0.000408	2452
058.BARD_5.0_5d	5401.9	603.1	0.000005	0.000235	0.000133	0.000029	0.000403	2481
059.BARD_5.0_5d	5402.2	602.9	0.000004	0.000226	0.000134	0.000029	0.000394	2540
060.BARD_5.0_5d	5402.5	602.7	0.000005	0.000209	0.000136	0.000029	0.000378	2642

Windturbine	Positie		Rammen		Driften		Totaal	Eens in ... de jaar
	Easting	Northing	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
061.BARD 5.0_5d	5402.8	602.5	0.000007	0.000170	0.000139	0.000028	0.000344	2906
062.BARD 5.0_5d	5403.1	602.3	0.000011	0.000110	0.000143	0.000027	0.000291	3441
063.BARD 5.0_5d	5403.4	602.2	0.000017	0.000088	0.000148	0.000026	0.000279	3580
064.BARD 5.0_5d	5403.8	602.0	0.000028	0.000076	0.000153	0.000025	0.000282	3543
065.BARD 5.0_5d	5404.1	601.9	0.000045	0.000189	0.000160	0.000027	0.000422	2367
066.BARD 5.0_5d	5400.3	604.5	0.000126	0.000453	0.000145	0.000031	0.000755	1325
067.BARD 5.0_5d	5400.6	604.3	0.000077	0.000496	0.000141	0.000032	0.000745	1342
068.BARD 5.0_5d	5401.0	604.1	0.000043	0.000544	0.000137	0.000033	0.000757	1321
069.BARD 5.0_5d	5401.3	604.0	0.000022	0.000608	0.000135	0.000032	0.000798	1254
070.BARD 5.0_5d	5401.6	603.8	0.000011	0.000638	0.000134	0.000032	0.000815	1226
071.BARD 5.0_5d	5401.9	603.7	0.000006	0.000645	0.000134	0.000032	0.000817	1223
072.BARD 5.0_5d	5402.2	603.5	0.000005	0.000646	0.000135	0.000032	0.000818	1223
073.BARD 5.0_5d	5402.5	603.3	0.000005	0.000568	0.000136	0.000032	0.000741	1349
074.BARD 5.0_5d	5402.8	603.1	0.000007	0.000427	0.000139	0.000030	0.000603	1659
075.BARD 5.0_5d	5403.1	602.9	0.000010	0.000277	0.000142	0.000029	0.000459	2180
076.BARD 5.0_5d	5403.4	602.8	0.000016	0.000211	0.000147	0.000027	0.000402	2487
077.BARD 5.0_5d	5403.8	602.6	0.000026	0.000189	0.000153	0.000027	0.000395	2534
078.BARD 5.0_5d	5404.1	602.4	0.000043	0.000185	0.000160	0.000027	0.000414	2415
PLT.BARD 5.0_5d	5403.2	602.9	0.000015	0.000531	0.000160	0.000037	0.000743	1345
Totaal per jaar			0.001699	0.022555	0.011153	0.002325	0.037732	27
Dit is eens in .. jaar			589	44	90	430	27	

Tabel A2-1

Locatie met aanvaar/aandrijfkans per turbine

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
Routegebonden	0.001700	588	0.011146	90	0.012846	78
Niet-routegebonden	0.022554	44	0.002325	430	0.024879	40
Totaal	0.024254	41	0.013471	74	0.037725	27

Tabel A2-2 Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor BARD Offshore NL1; 5 MW 5d-variant.

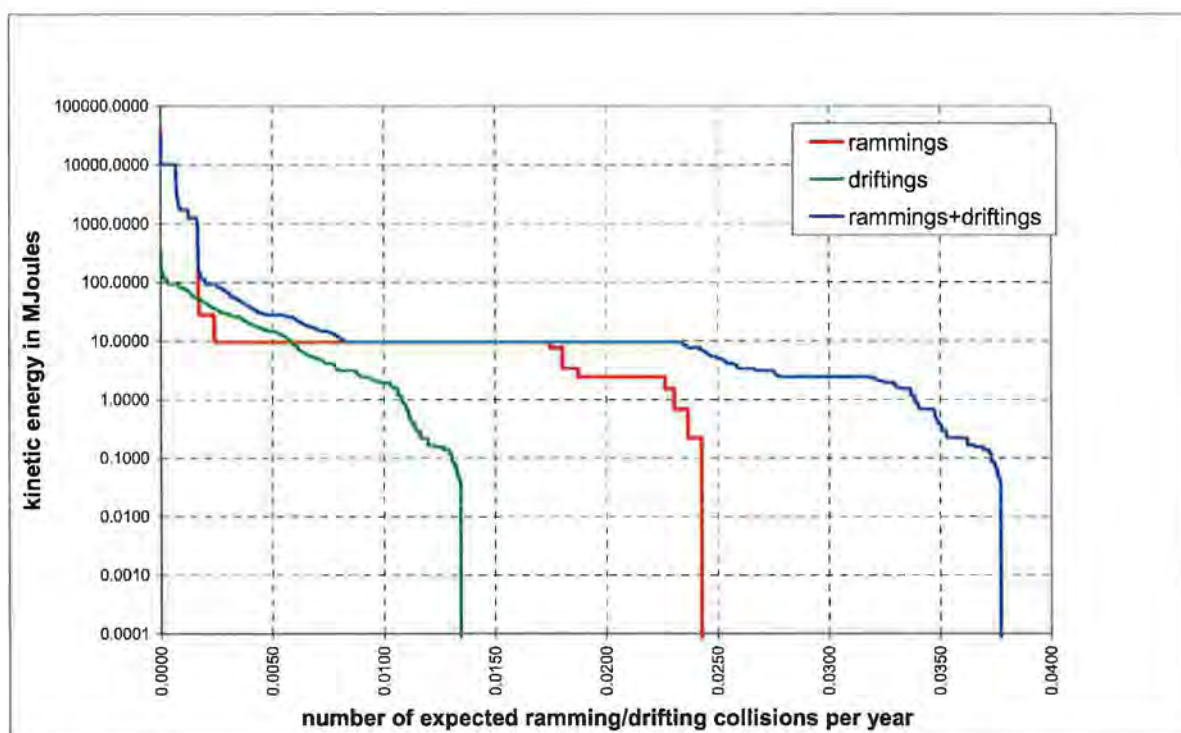
Scheepstype	Soort schade			Totaal
	GosMos ⁴	schade aan scheepshuid	geen schade	
Olietanker	0.000004	0.000839	0.000048	0.000891
Chemicaliën tanker	0.000001	0.001789	0.000031	0.001821
Gastanker	0.000000	0.000224	0.000001	0.000225
Container+ RoRo	0.000077	0.003406	0.000690	0.004173
Ferry	0.000000	0.000044	0.000011	0.000055
Overige R-schepen	0.000085	0.004617	0.000979	0.005681
N-schepen	0.000000	0.000000	0.024879	0.024879
Totaal	0.000168	0.010919	0.026638	0.037725

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

Schade aan turbine	Rammen				Driften		Totaal		Aantal per jaar	Eens in de ... jaar
	frontaal		Schampen							
	R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen		
Geen	0.000000	0.002134	0.000000	0.020299	0.000852	0.002325	0.000852	0.024758	0.025610	39
Scheef	0.000000	0.000121	0.000010	0.000000	0.004564	0.000000	0.004574	0.000121	0.004695	213
Omvallen	0.000153	0.000000	0.001368	0.000000	0.005738	0.000000	0.007259	0.000000	0.007259	138
GosMos ¹	0.000017	0.000000	0.000150	0.000000	0.000000	0.000000	0.000167	0.000000	0.000167	5974
Totaal	0.000170	0.002255	0.001528	0.020299	0.011154	0.002325	0.012852	0.024879	0.037731	27

Tabel A2-4 Schade aan het totale windpark.

⁴ Gondel en mastdeel valt op schip na plastische vervorming



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

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%	3.2%	3.2%	0.9%	6.2%	7.1%	0.9%	9.4%	10.3%
1-3	0.0%	11.4%	11.4%	5.4%	0.0%	5.4%	5.4%	11.4%	16.8%
3-5	0.0%	1.9%	1.9%	4.8%	0.0%	4.8%	4.8%	1.9%	6.6%
5-10	0.0%	41.4%	41.4%	3.0%	0.0%	3.0%	3.0%	41.4%	44.4%
10-15	0.0%	0.1%	0.1%	2.9%	0.0%	2.9%	2.9%	0.1%	3.0%
15-50	0.0%	1.8%	1.8%	7.9%	0.0%	7.9%	7.9%	1.8%	9.7%
50-100	0.0%	0.0%	0.0%	3.9%	0.0%	3.9%	4.0%	0.0%	4.0%
100-200	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%	0.8%	0.8%	0.0%	0.8%
>200	4.4%	0.0%	4.4%	0.0%	0.0%	0.0%	4.4%	0.0%	4.4%
Totaal	4.5%	59.8%	64.3%	29.5%	6.2%	35.7%	34.0%	66.0%	100.0%

Tabel A2-5 Verdeling aanvaar en aandrijfkansen over de scheepstypen en energieklassen voor alle windturbines.

Uitstroom van bunkerolie in m ³	Windpark BARD Offshore NL1; 5 MW 5d-variant		
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³
0.01-20	0.000003	322686	0.000
20-150	0.000200	5010	0.015
150-750	0.000274	3651	0.104
750-3000	0.000125	7993	0.192
3000-10000	0.000003	375448	0.009
Totaal	0.000604	1655	0.320

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

Uitstroom van ladingolie in m ³	Windpark BARD Offshore NL1; 5 MW 5d-variant		
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³
20-150	0.000000		0.000
150-750	0.000016	61872	0.008
750-3000	0.000052	19201	0.125
3000-10000	0.000091	10976	0.542
10000-30000	0.000001	762222	0.018
30000-100000	0.000000	38183779370	0.000
Totaal	0.000161	6224	0.694

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

Windpark BARD Offshore NL1; 5 MW 5d-variant	Bunkerolie			Ladingolie			Totaal
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Eens in de ... jaar
Verkeer 2004	0.000604	1655	0.320	0.000161	6224	0.694	1307

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

Ecologische risico-indicator	Verkeer 2004
Zeer hoog ecologisch risico	0.000033
Hoog ecologisch risico	0.000008
Gemiddeld ecologische risico	0.000006
Gering ecologisch risico	0.000049
Verwaarloosbaar ecologische risico	0.000024
Totaal	0.000119
Eens in de ... jaar	8412

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

Scheepstype	Aanvaringstype Aantal per jaar		Samen eens in de ...jaar	Directe doden		Groepsrisico Eens in de ... jaar meer dan 10 doden
	Frontaal	Schampen		Gemiddeld aantal doden per keer	Gemiddeld aantal doden per jaar	
Olietanker	0.000000	0.000004	227273	0.89	0.000004	
Chemicaliën tanker	0.000000	0.000001	784314	1.14	0.000001	784314
Gastanker	0.000000	0.000000	18181818	1.20	0.000000	18181818
Container + RoRo	0.000008	0.000069	13063	1.30	0.000100	
Ferry	0.000000	0.000000	3333333	49.15	0.000015	3333333
Overige R-schepen	0.000009	0.000076	11768	0.95	0.000081	
N-schepen	0.000000	0.000000		0.00	0.000000	
Totaal	0.000017	0.000151	5968	1.20	0.000200	613497

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

nr	Windpark	Aantal turbines	Totaal MW	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal per jaar	Kans op uitstroom per jaar	Kans op uitstroom per jaar per 1000 MW
				R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen			
1	5 MW 5d	78	390	0.0017	0.0226	0.0111	0.0023	0.0377	0.0008	0.0020
2	EP Offshore NL1	212	636	0.0373	0.0428	0.0375	0.0063	0.1239	0.0026	0.0041
3	GWS Offshore NL 1	233	699	0.0254	0.0317	0.0396	0.0068	0.1034	0.0028	0.0040

Tabel A2-11 Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 3 MW turbines in compacte opstelling

Windpark	Aantal turbines	Totaal MW	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal per jaar	Kans op uitstroom per jaar	Kans op uitstroom per jaar per 1000 MW
			R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen			
5 MW 5d	78	390	0.0017	0.0226	0.0111	0.0023	0.0377	0.0008	0.0020
5 MW 5d + EP Offshore NL1	290	1026	0.0390	0.0653	0.0487	0.0086	0.1616	0.0034	0.0033
5 MW 5d + EP Offshore NL1 + GWS Offshore NL 1	523	1725	0.0644	0.0970	0.0882	0.0154	0.2650	0.0062	0.0036
Gemiddeld per 1000 MW		1000	0.0373	0.0562	0.0511	0.0089	0.1536	0.0036	0.0036

Tabel A2-12 Cumulatief aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 3 MW turbines in compacte opstelling

Windpark	Aantal turbines	Totaal MW	Een aanvaring (rammen) eens in .. jaar		Een aandrijving (driften) eens in .. jaar		Totaal eens in .. jaar	Kans op uitstroom eens in .. jaar	Kans op uitstroom per 1000 MW eens in de ... jaar
			R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen			
5 MW 5d	78	390	588.2	44.3	89.7	430.1	26.5	1307.2	509.8
5 MW 5d + EP Offshore NL1	290	1026	25.6	15.3	20.6	115.9	6.2	295.3	303.0
5 MW 5d + EP Offshore NL1 + GWS Offshore NL 1	523	1725	15.5	10.3	11.3	65.0	3.8	162.4	280.2
Gemiddeld per 1000 MW		1000	26.8	17.8	19.6	112.1	6.5	280.2	280.2

Tabel A2-13 Cumulatief, kans op een aanvaring/aandrijving voor het geclusterd scenario in termen van eens in de zoveel jaar; andere parken ingericht met 3 MW turbines in compacte opstelling

nr	Windpark	Aantal turbines	Totaal MW	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal per jaar	Kans op uitstroom per jaar	Kans op uitstroom per jaar per 1000 MW
				R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen			
1	5 MW 5d	78	390	0.0017	0.0226	0.0111	0.0023	0.0377	0.0008	0.0020
2	EP Offshore NL1	127	635	0.0233	0.0295	0.0227	0.0039	0.0795	0.0016	0.0025
3	GWS Offshore NL 1	140	700	0.0159	0.0219	0.0241	0.0042	0.0661	0.0017	0.0024

Tabel A2-14 Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 5 MW turbines in compacte opstelling

Windpark	Aantal turbines	Totaal MW	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal per jaar	Kans op uitstroom per jaar	Kans op uitstroom per jaar per 1000 MW
			R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen			
5 MW 5d	78	390	0.0017	0.0226	0.0111	0.0023	0.0377	0.0008	0.0020
5 MW 5d + EP Offshore NL1	205	1025	0.0250	0.0520	0.0339	0.0063	0.1172	0.0024	0.0023
5 MW 5d + EP Offshore NL1 + GWS Offshore NL 1	345	1725	0.0410	0.0739	0.0579	0.0105	0.1833	0.0040	0.0023
Gemiddeld per 1000 MW		1000	0.0238	0.0428	0.0336	0.0061	0.1063	0.0023	0.0023

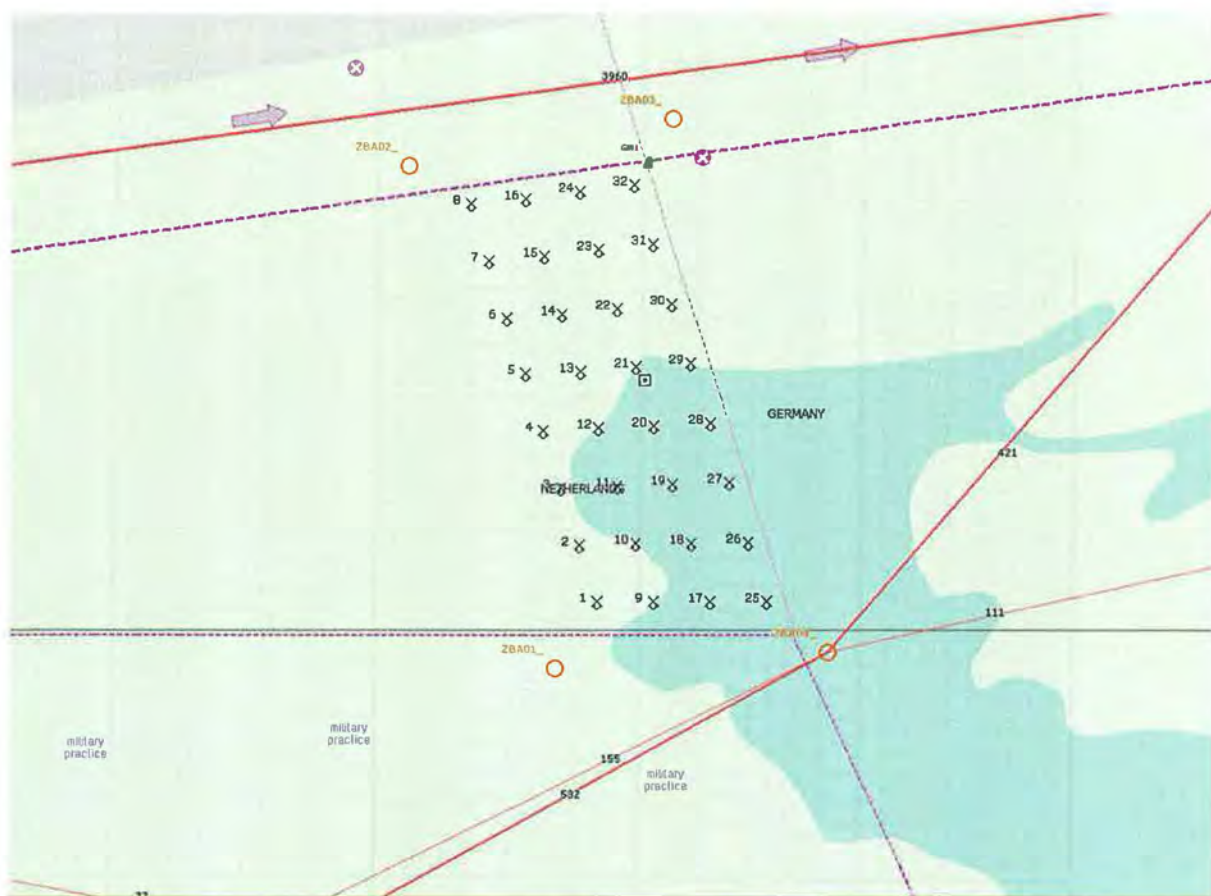
Tabel A2-15 Cumulatief aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 5 MW turbines in compacte opstelling

Windpark	Aantal turbines	Totaal MW	Een aanvaring (rammen) eens in .. jaar		Een aandrijving (driften) eens in .. jaar		Totaal eens in .. jaar	Kans op uitstroom eens in .. jaar	Kans op uitstroom per 1000 MW eens in de ... jaar
			R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen			
5 MW 5d	78	390	588.2	44.3	89.7	430.1	26.5	1307.2	509.8
5 MW 5d + EP Offshore NL1	205	1025	39.9	19.2	29.5	159.8	8.5	423.8	434.4
5 MW 5d + EP Offshore NL1 + GWS Offshore NL 1	345	1725	24.4	13.5	17.3	95.3	5.5	246.9	425.9
Gemiddeld per 1000 MW		1000	42.1	23.3	29.8	164.4	9.4	425.9	425.9

Tabel A2-16 Cumulatief, kans op een aanvaring/aandrijving voor het geclusterd scenario in termen van eens in de zoveel jaar; andere parken ingericht met 5 MW turbines in compacte opstelling.

APPENDIX A3:

Resultaten windpark BARD Offshore NL1; 12d-variant 32 windturbines van 5 MW



Figuur A3-1 Windpark BARD Offshore NL1, 12d-variant met 32 windturbines van 5 MW

Windturbine	Positie		Rammen		Driften		Totaal	Eens in ... de jaar
	Easting	Northing	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
001.BARD_5.0_12d	5400.3	601.7	0.000039	0.000694	0.000137	0.000035	0.000905	1105
002.BARD_5.0_12d	5401.1	601.3	0.000007	0.000694	0.000132	0.000036	0.000869	1150
003.BARD_5.0_12d	5401.8	600.9	0.000003	0.000686	0.000133	0.000034	0.000857	1167
004.BARD_5.0_12d	5402.5	600.5	0.000006	0.000599	0.000138	0.000033	0.000776	1288
005.BARD_5.0_12d	5403.3	600.1	0.000016	0.000274	0.000147	0.000030	0.000468	2139
006.BARD_5.0_12d	5404.0	559.6	0.000052	0.000190	0.000164	0.000029	0.000434	2302
007.BARD_5.0_12d	5404.7	559.2	0.000196	0.000189	0.000192	0.000028	0.000606	1651
008.BARD_5.0_12d	5405.5	558.8	0.000981	0.000202	0.000249	0.000029	0.001481	684
009.BARD_5.0_12d	5400.3	603.1	0.000072	0.000678	0.000140	0.000034	0.000923	1083
010.BARD_5.0_12d	5401.1	602.6	0.000009	0.000050	0.000133	0.000027	0.000220	4551
011.BARD_5.0_12d	5401.8	602.2	0.000004	0.000047	0.000133	0.000027	0.000211	4744
012.BARD_5.0_12d	5402.6	601.7	0.000005	0.000040	0.000137	0.000027	0.000209	4789
013.BARD_5.0_12d	5403.3	601.3	0.000015	0.000023	0.000146	0.000024	0.000209	4794
014.BARD_5.0_12d	5404.0	600.9	0.000048	0.000014	0.000162	0.000022	0.000246	4066
015.BARD_5.0_12d	5404.8	600.5	0.000174	0.000014	0.000189	0.000022	0.000399	2505
016.BARD_5.0_12d	5405.5	600.1	0.000927	0.000178	0.000246	0.000028	0.001379	725
017.BARD_5.0_12d	5400.3	604.4	0.000117	0.000489	0.000144	0.000032	0.000781	1280
018.BARD_5.0_12d	5401.1	604.0	0.000016	0.000043	0.000135	0.000026	0.000220	4549
019.BARD_5.0_12d	5401.8	603.5	0.000006	0.000046	0.000133	0.000026	0.000212	4722
020.BARD_5.0_12d	5402.6	603.1	0.000006	0.000040	0.000137	0.000025	0.000208	4811
021.BARD_5.0_12d	5403.4	602.6	0.000014	0.000020	0.000146	0.000023	0.000203	4935
022.BARD_5.0_12d	5404.1	602.2	0.000046	0.000014	0.000161	0.000023	0.000243	4108
023.BARD_5.0_12d	5404.9	601.7	0.000168	0.000014	0.000187	0.000022	0.000392	2553
024.BARD_5.0_12d	5405.6	601.3	0.000913	0.000182	0.000245	0.000026	0.001366	732
025.BARD_5.0_12d	5400.3	605.7	0.000175	0.000131	0.000148	0.000027	0.000482	2075
026.BARD_5.0_12d	5401.1	605.2	0.000065	0.000259	0.000140	0.000029	0.000492	2031
027.BARD_5.0_12d	5401.9	604.8	0.000013	0.000383	0.000135	0.000030	0.000561	1781
028.BARD_5.0_12d	5402.6	604.4	0.000007	0.000383	0.000137	0.000029	0.000555	1802
029.BARD_5.0_12d	5403.4	603.9	0.000014	0.000210	0.000145	0.000026	0.000395	2529
030.BARD_5.0_12d	5404.2	603.5	0.000044	0.000184	0.000160	0.000026	0.000414	2416
031.BARD_5.0_12d	5404.9	603.0	0.000170	0.000183	0.000187	0.000025	0.000565	1771
032.BARD_5.0_12d	5405.7	602.6	0.000898	0.000184	0.000243	0.000026	0.001351	740
PTL.BARD_5.0_12d	5403.2	602.9	0.000015	0.000088	0.000160	0.000032	0.000295	3394
Totaal per jaar			0.005240	0.007427	0.005321	0.000919	0.018906	53
Dit is eens in ... jaar			191	135	188	1089	53	

Tabel A3-1

Locatie met aanvaar/aandrijfkans per turbine

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
Routegebonden	0.005237	191	0.005315	188	0.010552	95
Niet-routegebonden	0.007427	135	0.000919	1088	0.008346	120
Totaal	0.012664	79	0.006234	160	0.018898	53

Tabel A3-2 Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor BARD Offshore NL1 5 MW variant 12d.

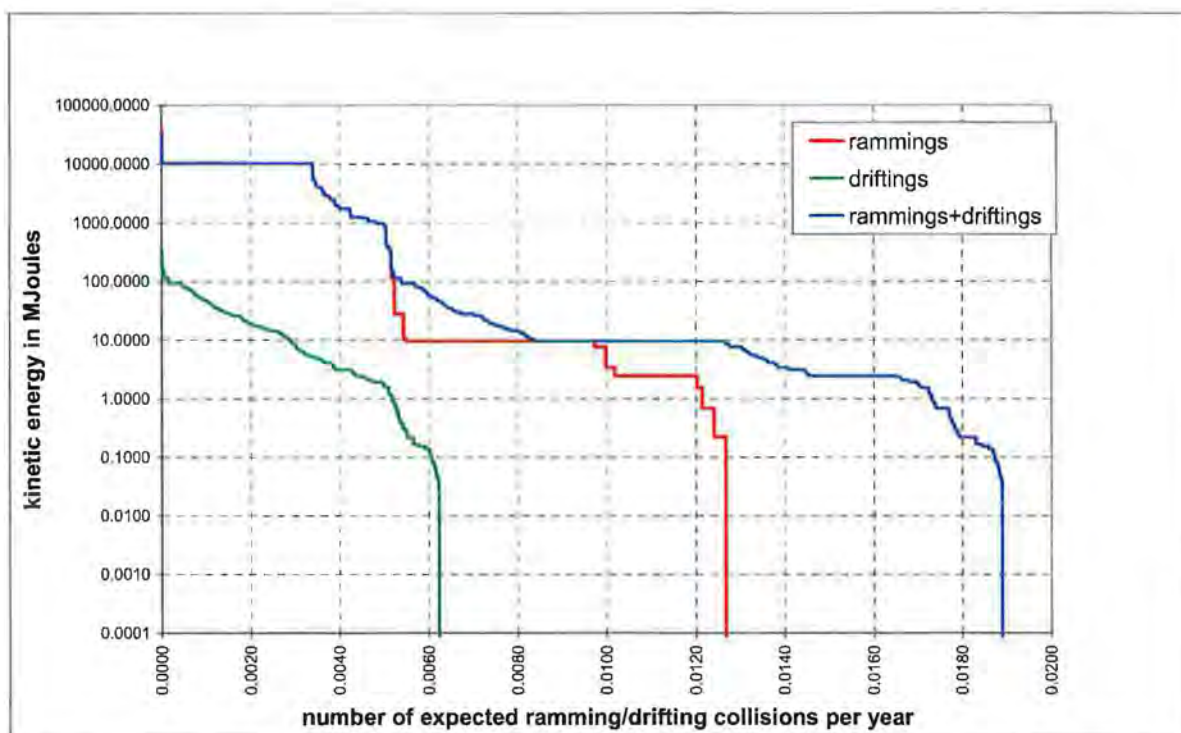
Scheepstype	Soort schade			Totaal
	GosMos ⁵	schade aan scheepshuid	geen schade	
Olietanker	0.000038	0.000463	0.000348	0.000849
Chemicaliën tanker	0.000030	0.000971	0.000318	0.001319
Gastanker	0.000002	0.000114	0.000022	0.000138
Container+ RoRo	0.000365	0.001618	0.003294	0.005277
Ferry	0.000001	0.000019	0.000014	0.000034
Overige R-schepen	0.000078	0.002038	0.000819	0.002935
N-schepen	0.000000	0.000000	0.008346	0.008346
Totaal	0.000514	0.005223	0.013161	0.018898

Tabel A3-3 Kans op een bepaalde schade soort veroorzaakt door de verschillende scheepstypen.

Schade aan turbine	Rammen				Driften		Totaal		Aantal per jaar	Eens in de ... jaar
	frontaal		Schampen							
	R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen		
Geen	0.000000	0.000699	0.000000	0.006684	0.000338	0.000919	0.000338	0.008302	0.008640	116
Scheef	0.000000	0.000044	0.000006	0.000000	0.002114	0.000000	0.002120	0.000044	0.002165	462
Omvallen	0.000472	0.000000	0.004247	0.000000	0.002869	0.000000	0.007588	0.000000	0.007588	132
GosMos ¹	0.000052	0.000000	0.000462	0.000000	0.000000	0.000000	0.000515	0.000000	0.000515	1943
Totaal	0.000524	0.000743	0.004716	0.006684	0.005321	0.000919	0.010561	0.008346	0.018907	53

Tabel A3-4 Schade aan het totale windpark.

⁵ Gondel en mastdeel valt op schip na plastische vervorming



Figuur A3-2 Totale aanvaringsfrequentie per jaar boven een bepaald kinetisch energieniveau (routegebonden en niet-routegebonden verkeer)

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%	2.8%	2.8%	0.7%	4.8%	5.6%	0.7%	7.7%	8.4%
1-3	0.0%	10.3%	10.3%	4.8%	0.0%	4.8%	4.8%	10.3%	15.1%
3-5	0.0%	1.1%	1.1%	4.5%	0.0%	4.5%	4.5%	1.1%	5.6%
5-10	0.0%	23.7%	23.7%	2.8%	0.0%	2.8%	2.8%	23.7%	26.6%
10-15	0.0%	0.4%	0.4%	2.8%	0.0%	2.8%	2.8%	0.4%	3.1%
15-50	0.0%	1.0%	1.0%	7.6%	0.0%	7.6%	7.6%	1.0%	8.6%
50-100	0.1%	0.0%	0.1%	4.1%	0.0%	4.1%	4.2%	0.0%	4.2%
100-200	0.3%	0.0%	0.3%	0.9%	0.0%	0.9%	1.2%	0.0%	1.2%
>200	27.3%	0.0%	27.3%	0.0%	0.0%	0.0%	27.3%	0.0%	27.3%
Totaal	27.7%	39.3%	67.0%	28.1%	4.8%	33.0%	55.8%	44.2%	100.0%

Tabel A3-5 Verdeling aanvaar en aandrijfkansen over de scheepstypen en energieklassen voor alle windturbines.

Uitstroom van bunkerolie in m ³	Windpark BARD Offshore NL1; 5 MW inrichtingvariant 12d		
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³
0.01-20	0.000001	818075	0.000
20-150	0.000090	11154	0.007
150-750	0.000131	7627	0.050
750-3000	0.000060	16605	0.094
3000-10000	0.000002	663853	0.005
Totaal	0.000284	3525	0.156

Tabel A3-6 Frequentie en volume van een uitstroom van bunkerolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine.

Uitstroom van ladingolie in m ³	Windpark BARD Offshore NL1; 5 MW inrichtingvariant 12d		
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³
20-150	0.000000		0.000
150-750	0.000008	128838	0.004
750-3000	0.000030	33361	0.072
3000-10000	0.000051	19741	0.302
10000-30000	0.000001	1367792	0.010
30000-100000	0.000000	63805370141	0.000
Totaal	0.000089	11221	0.388

Tabel A3-7 Frequentie en volume van een uitstroom van ladingolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine.

Windpark BARD Offshore NL1; 5 MW variant 12d	Bunkerolie			Ladingolie			Totaal
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Eens in de ... jaar
Verkeer 2004	0.000284	3525	0.156	0.000089	11221	0.388	2682

Tabel A3-8 Uitstroom van ladingolie en bunkerolie als gevolg van een aandrijving met een windturbine.

Ecologische risico-indicator	Verkeer 2004
Zeer hoog ecologisch risico	0.000018
Hoog ecologisch risico	0.000004
Gemiddeld ecologische risico	0.000003
Gering ecologisch risico	0.000027
Verwaarloosbaar ecologische risico	0.000012
Totaal	0.000064
Eens in de ... jaar	15519

Tabel A3-9
Frequentie van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aandrijving van een windturbine.

Scheepstype	Aanvaringstype Aantal per jaar		Samen eens in de ...jaar	Directe doden		Groepsrisico Eens in de ... jaar meer dan 10 doden
	Frontaal	Schampen		Gemiddeld aantal doden per keer	Gemiddeld aantal doden per jaar	
Olietanker	0.000004	0.000034	26110	0.95	0.000037	
Chemicaliën tanker	0.000003	0.000027	33339	1.23	0.000037	33339
Gastanker	0.000000	0.000002	501253	1.18	0.000002	501253
Container + RoRo	0.000037	0.000329	2738	1.39	0.000506	
Ferry	0.000000	0.000001	769231	47.58	0.000062	769231
Overige R-schepen	0.000008	0.000070	12873	0.89	0.000069	
N-schepen	0.000000	0.000000		0.00	0.000000	
Totaal	0.000052	0.000462	1944	1.39	0.000713	30039

Tabel A3-10
Overlijdensrisico bij aanvaren en aandrijven van een windturbine waarbij de mast met gondel op het schip valt.

nr	Windpark	Aantal turbines	Totaal MW	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal per jaar	Kans op uitstroom per jaar	Kans op uitstroom per jaar per 1000 MW
				R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen			
1	5 MW 12d	32	160	0.0052	0.0074	0.0053	0.0009	0.0189	0.0004	0.0023
2	EP Offshore NL1	212	636	0.0373	0.0428	0.0375	0.0063	0.1239	0.0026	0.0041
3	GWS Offshore NL 1	233	699	0.0254	0.0317	0.0396	0.0068	0.1034	0.0028	0.0040

Tabel A3-11 Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 3 MW turbines in compacte opstelling

Windpark	Aantal turbines	Totaal MW	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal per jaar	Kans op uitstroom per jaar	Kans op uitstroom per jaar per 1000 MW
			R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen			
5 MW 12d	32	160	0.0052	0.0074	0.0053	0.0009	0.0189	0.0004	0.0023
5 MW 12d + EP Offshore NL1	244	796	0.0425	0.0502	0.0428	0.0072	0.1428	0.0030	0.0038
5 MW 12d + EP Offshore NL1 + GWS Offshore NL 1	477	1495	0.0679	0.0819	0.0824	0.0140	0.2462	0.0058	0.0039
Gemiddeld per 1000 MW		1000	0.0454	0.0548	0.0551	0.0094	0.1647	0.0039	0.0039

Tabel A3-12 Cumulatief aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 3 MW turbines in compacte opstelling

Windpark	Aantal turbines	Totaal MW	Een aanvaring (rammen) eens in .. jaar		Een aandrijving (driften) eens in .. jaar		Totaal eens in .. jaar	Kans op uitstroom eens in .. jaar	Kans op uitstroom per 1000 MW eens in de ... jaar
			R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen			
5 MW 12d	32	160	190.9	134.6	188.1	1088.1	52.9	2681.0	429.0
5 MW 12d + EP Offshore NL1	244	796	23.5	19.9	23.4	138.5	7.0	334.0	265.8
5 MW 12d + EP Offshore NL1 + GWS Offshore NL 1	477	1495	14.7	12.2	12.1	71.5	4.1	173.5	259.3
Gemiddeld per 1000 MW		1000	22.0	18.3	18.1	106.9	6.1	259.3	259.3

Tabel A3-13 Cumulatief, kans op een aanvaring/aandrijving voor het geclusterd scenario in termen van eens in de zoveel jaar; andere parken ingericht met 3 MW turbines in compacte opstelling

nr	Windpark	Aantal turbines	Totaal MW	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal per jaar	Kans op uitstroom per jaar	Kans op uitstroom per jaar per 1000 MW
				R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen			
1	5 MW 12d	32	160	0.0052	0.0074	0.0053	0.0009	0.0189	0.0004	0.0023
2	EP Offshore NL1	127	635	0.0233	0.0295	0.0227	0.0039	0.0795	0.0016	0.0025
3	GWS Offshore NL 1	140	700	0.0159	0.0219	0.0241	0.0042	0.0661	0.0017	0.0024

Tabel A3-14 Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 5 MW turbines in compacte opstelling

Windpark	Aantal turbines	Totaal MW	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal per jaar	Kans op uitstroom per jaar	Kans op uitstroom per jaar per 1000 MW
			R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen			
5 MW 12d	32	160	0.0052	0.0074	0.0053	0.0009	0.0189	0.0004	0.0023
5 MW 12d + EP Offshore NL1	159	795	0.0286	0.0369	0.0281	0.0049	0.0984	0.0020	0.0025
5 MW 12d + EP Offshore NL1 + GWS Offshore NL 1	299	1495	0.0445	0.0588	0.0521	0.0091	0.1645	0.0037	0.0024
Gemiddeld per 1000 MW		1000	0.0298	0.0393	0.0349	0.0061	0.1100	0.0024	0.0024

Tabel A3-15 Cumulatief aantal aanvaringen/aandrijvingen voor het geclusterd scenario; andere parken ingericht met 5 MW turbines in compacte opstelling

Windpark	Aantal turbines	Totaal MW	Een aanvaring (rammen) eens in .. jaar		Een aandrijving (driften) eens in .. jaar		Totaal eens in .. jaar	Kans op uitstroom eens in .. jaar	Kans op uitstroom per 1000 MW eens in de ... jaar
			R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen			
5 MW 12d	32	160	190.9	134.6	188.1	1088.1	52.9	2681.0	429.0
5 MW 12d + EP Offshore NL1	159	795	35.0	27.1	35.6	206.0	10.2	508.3	404.1
5 MW 12d + EP Offshore NL1 + GWS Offshore NL 1	299	1495	22.5	17.0	19.2	110.0	6.1	273.4	408.7
Gemiddeld per 1000 MW		1000	33.6	25.4	28.7	164.5	9.1	408.7	408.7

Tabel A3-16 Cumulatief, kans op een aanvaring/aandrijving voor het geclusterd scenario in termen van eens in de zoveel jaar; andere parken ingericht met 5 MW turbines in compacte opstelling.



PRESENT SHIPPING ROUTES BETWEEN ESBJERG AND THE SOUTHERN NORTH SEA

Final Report

Report No. : 21844.620/2
Date : July 19, 2007

Signature Management: p.p. *F Verheer*

PRESENT SHIPPING ROUTES BETWEEN ESBJERG AND THE SOUTHERN NORTH SEA

MARIN order No. : 21844.620

Ordered by : Global Wind Support GmbH
Domshof 21
28195 Bremen
Germany

and

Eolic Power GmbH
Domshof 21
28195 Bremen
Germany

Reported by : C. van der Tak MSc

CONTENTS

Page

1	INTRODUCTION.....	4
2	OBJECTIVES.....	5
3	APPROACH.....	6
3.1	Introduction.....	6
3.2	The shipping routes to/from Esbjerg.....	8
3.3	Analysis in steps.....	9
4	BEHAVIOUR OF TRAFFIC TO/FROM ESBJERG.....	10
4.1	Traffic to/from Esbjerg.....	10
4.2	Clearway to/from Esbjerg.....	16
4.3	Width of the clearway to/from Esbjerg.....	21
4.4	Conclusions.....	21
5	OTHER TRAFFIC.....	23
6	CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS.....	26
6.1	Conclusions.....	26
6.2	Recommendations.....	26
	REFERENCES.....	27

Figures

Figure 1-1	Routes to/from Esbjerg, wind farms and names of present TSSs.....	5
Figure 3-1	Clearways in the Netherlands EEZ	6
Figure 3-2	Plot of AIS data.....	7
Figure 3-3	Location of platform H7	8
Figure 4-1	AIS tracks to/from ports to Jutland West coast from NL AIS data.....	11
Figure 4-2	AIS tracks to/from ports to Jutland West coast from H7 AIS data.....	11
Figure 4-3	AIS tracks to/from ports to Jutland West coast from NL + H7 AIS data .	12
Figure 4-4	Routes to/from Esbjerg only from the AIS data.....	13
Figure 4-5	Perpendicular and crossings with an angle of 35°	14
Figure 4-6	All tracks to/from Esbjerg from one ship	15
Figure 4-7	Clearway (orange) for route 1 to/from Esbjerg.....	16
Figure 4-8	Connection of the clearway with the West Friesland TSS	17
Figure 4-9	Clearway in the vicinity of a number of wind farms	18
Figure 4-10	Clearway in the vicinity of a number of approved wind farms	19
Figure 4-11	Clearway near the approach channel to Esbjerg	20
Figure 4-12	Orange dashed is an alternative for the southern border of the clearway to/from Esbjerg	21
Figure 5-1	Traffic in the month April from the H7 AIS data.....	24
Figure 5-2	Traffic in the month August from the H7 AIS data.....	24
Figure 5-3	Combination of different data sources	25

1 INTRODUCTION

The last years many projects are initiated to build wind farms in the German or Dutch Exclusive Economic Zone (EEZ). Each new wind farm will reduce the sea space for seagoing vessels. An agglomeration of wind farms can even blockade a free passage to a certain port. For this reason a long term spatial planning is required to avoid or limit these blockades as much as possible. It is required to keep free zones for the traffic to the major ports. These zones are called "corridors" in Germany and "clearways" in the Netherlands. The name clearway (English) will be used further in this report.

Some clearways are more or less fixed because of the location of the ports and the traffic separation schemes (TSS). Other clearways are more flexible because the distance is large and not all shipping traffic will use the same route. In the last cases, the traffic is spread over a wide lane to a port. For a safe and economic use of the sea it is desirable to define a network of clearways that have to be kept free in future. The function of this network of clearways is that the space outside the clearways can be used for other activities, under which wind farms, of course only when the safety and other requirements are met.

An example of a very flexible clearway is the route from the existing traffic separation scheme to Esbjerg and vice versa. Because of the large freedom of sailing at sea, there is not one single point where all ships will leave the traffic separation scheme when heading for Esbjerg. There will be a large variation in sailed tracks from the Dutch traffic separation schemes to Esbjerg. Figure 1-1 contains the routes to/from Esbjerg delivered by the Havenamt Esbjerg. The figure contains also the names of the traffic separations schemes (TSSs) that are used in this report.

With respect to future safety for shipping it is necessary to fix the clearway to/from Esbjerg, otherwise the possibility exists that wind farms will arise in this route. Another important aspect is that this clearway runs through two EEZ's, namely the Germany and the Dutch, thus the location of this clearway needs to be agreed by the Maritime Authorities of both countries.

The wind farm engineering companies like to see that a decision will be taken soon with respect to the location of this clearway, because this decision can affect their plans for the exact location of wind farm.

For this reason Global Wind Support GmbH and Eolic Power GmbH have asked MARIN to analyze the AIS¹ data collected by the Netherlands Coastguard and the AIS data of platform H7, provided by Wasserschiffahrtsamt Nord (WSD Nord) to analyze the routes to and from Esbjerg nowadays taken by the ships. The results are described in this report.

¹ A ship equipped with AIS (Automatic Identification System), mandatory since a few years for each ship above 300 GT, sends out AIS-messages with the position and other characteristics of the ship via VHF. The frequency depends on the speed of the ship. The AIS data is the data received by one or more AIS receivers.

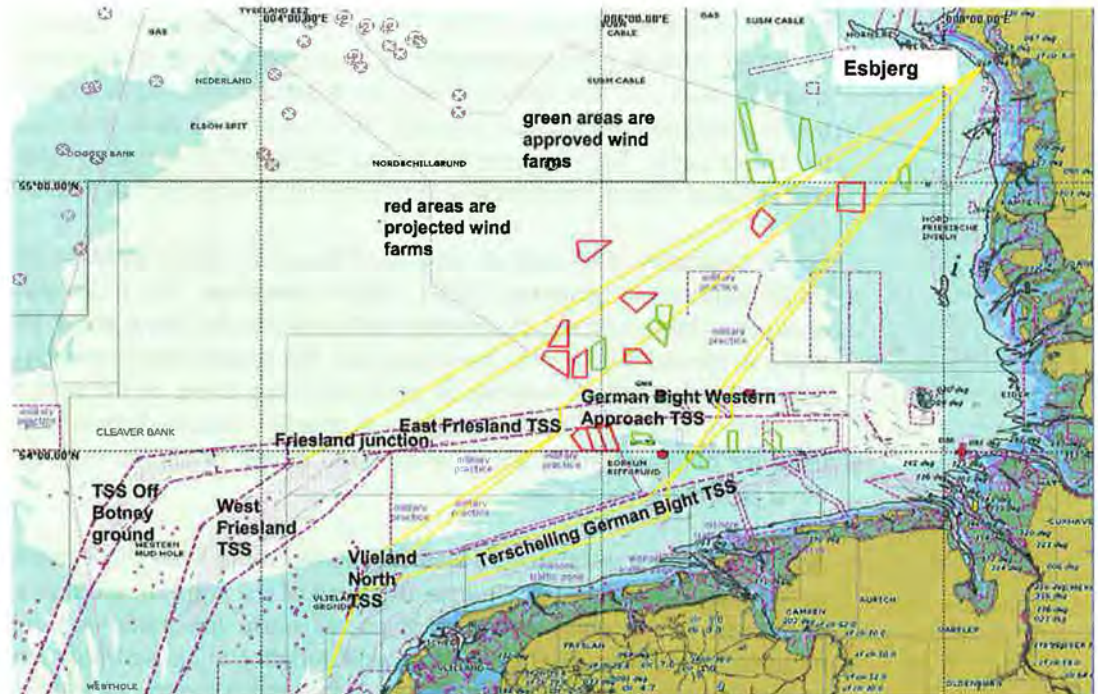


Figure 1-1 Routes to/from Esbjerg, wind farms and names of present TSSs

2 OBJECTIVES

The objective of the study is to analyse the present routes taken by the ships to and from Esbjerg with origins and destinations in the southern North Sea. This analysis has to deliver better information for a possible introduction of a clearway from the Dutch traffic separation schemes to Esbjerg and vice versa.

3 APPROACH

3.1 Introduction

Based on the traffic separation schemes and the Dutch ports the Dutch Maritime Authority has defined a network of clearways, see Figure 3-1 (bordered by red lines) that has to be kept free from other activities besides shipping. MARIN has performed a safety study to assess the impact on the safety when all ships will use this network of clearways [1]. The impact on the shipping safety of more concentrating the traffic in the clearways is very limited, because most traffic sails already concentrated through the traffic separation schemes (red dots in Figure 3-1). The main traffic routes are plotted with black lines. The figure shows that the routes (black) leaving the traffic separation Vlieland-scheme to Skagerrak are not located in the clearways (between red lines).

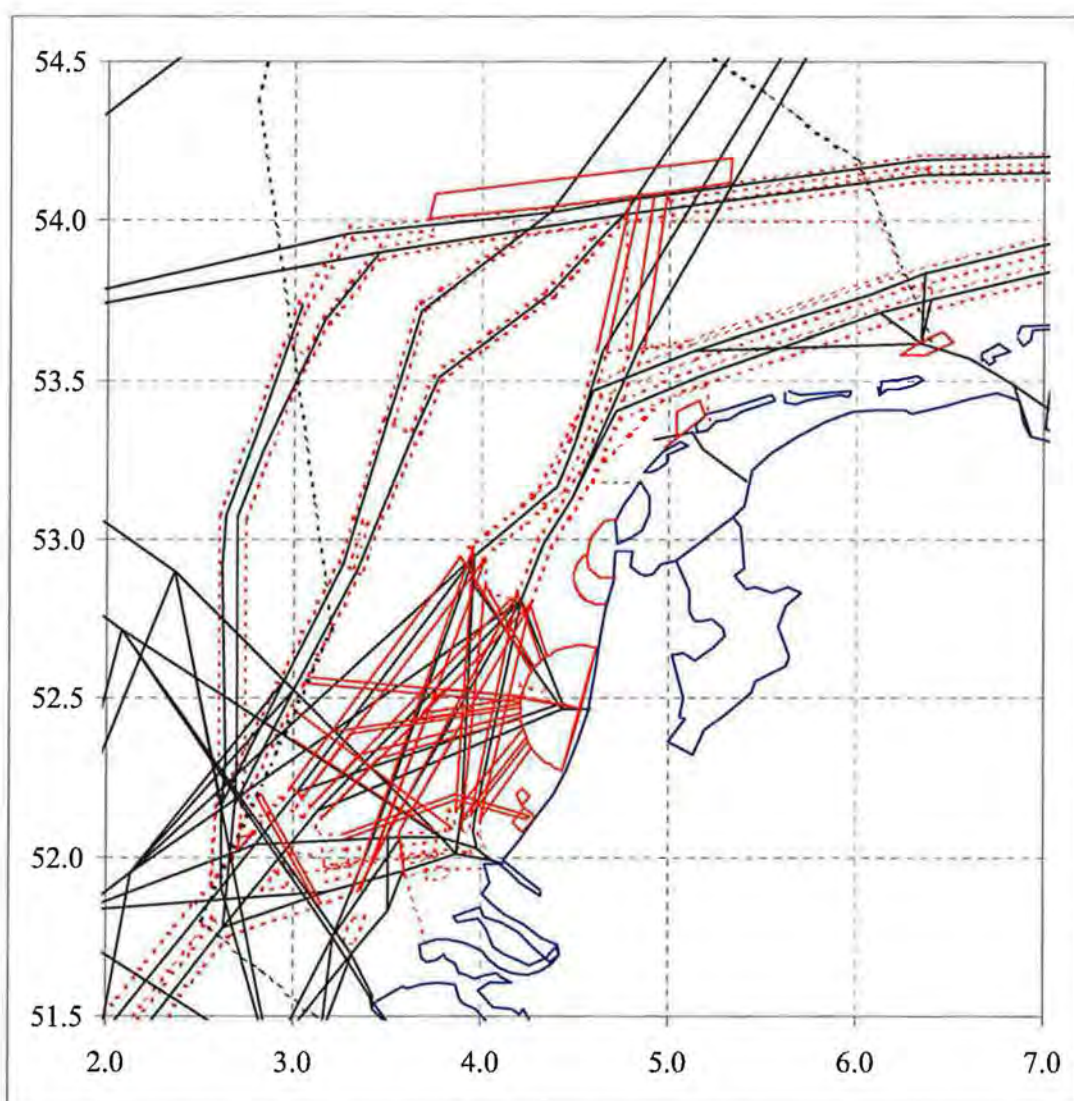


Figure 3-1 Clearways in the Netherlands EEZ

When the ships leave the Vlieland North TSS following the black lines they will enter the German EEZ on a different position than when they follow the clearways. Presently, there is no need to follow the clearway, because no wind farm or other construction requires that. A clearway has no official status, is not indicated on the nautical charts, thus, marines can make their own voyage plan.

In 2001, the year of the creation of the clearways study [1], the knowledge of the traffic was based on flight observations. Nowadays much more information about the traffic is available thanks to AIS data. MARIN receives all AIS data from the Netherlands Coastguard for safety studies on the North Sea since March 2005. In 2005 the coverage did not cover the area north of the deep water route. In 2006 more base stations became into operation, expanding the coverage considerably. The coverage depends on the weather conditions but stretches until above the deepwater route where the route to Esbjerg crosses the Netherlands-Germany border of the EEZ. In Figure 3-2 an example of the AIS-plots is given. From each AIS-target the ship type, size, speed, heading, navigation status, IMO-number, call sign and destination is known as far they are filled in.

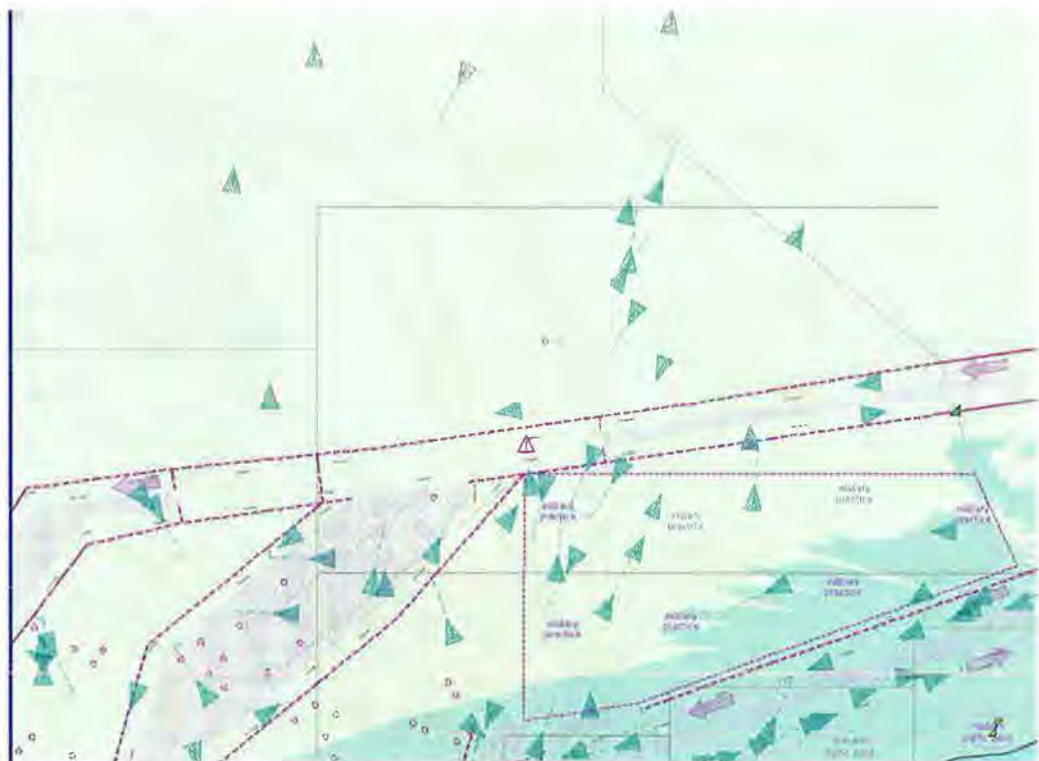


Figure 3-2 Plot of AIS data

The original proposal of MARIN covered only the analysis of the Dutch AIS data with the intention to follow the ships to Esbjerg as long as possible. In a later phase, the opportunity was offered to incorporate the AIS data provided by Wasserschiffahrtsamt Nord (WSD Nord) in Kiel. This AIS data, collected by an AIS receiver on the H7 platform, was made anonymous (ship characteristics as MMSI number, call sign and name of the ship were recoded) for this purpose. This has improved the results considerably, because platform H7 is close located to the shipping routes to Esbjerg, see Figure 3-3. By combining the AIS dataset of the Netherlands Coastguard with the

AIS data of H7 it was possible to follow the routes to/from Esbjerg over a very large extend. This improved the reliability of the routes.

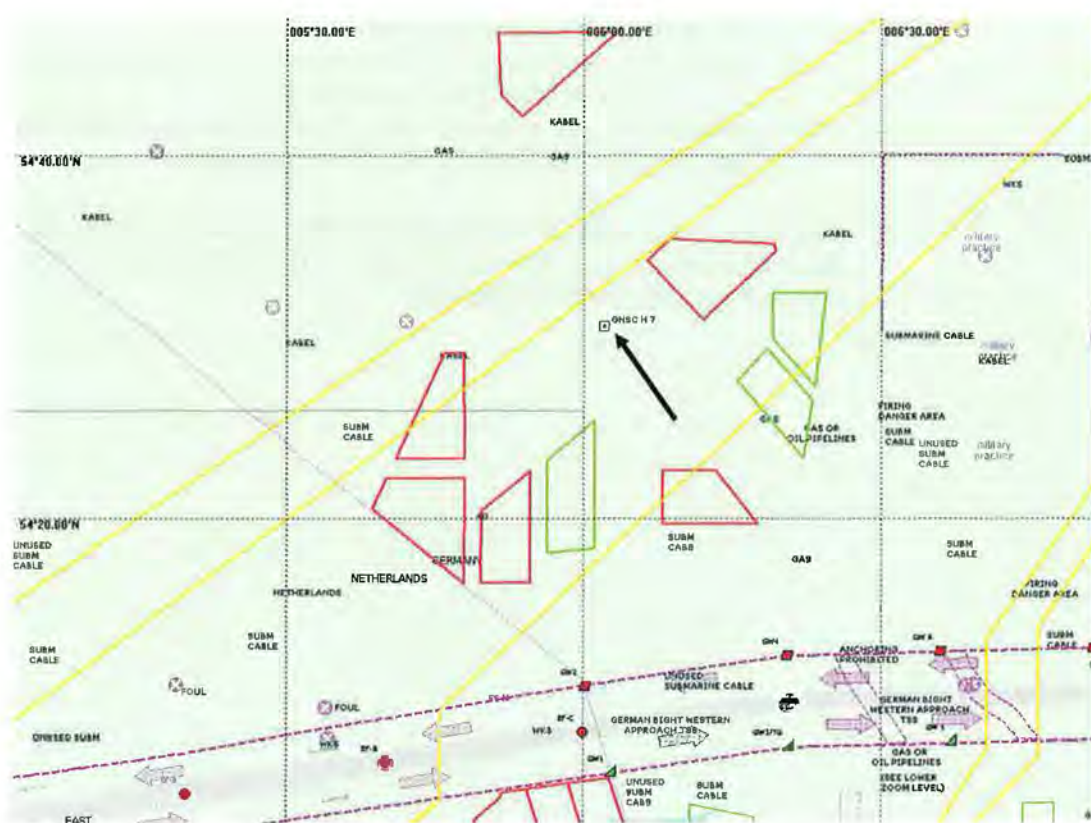


Figure 3-3 Location of platform H7

3.2 The shipping routes to/from Esbjerg

The AIS-message contains a non-mandatory field with the destination. This field plays an important role in this study, in which the route to Esbjerg is analyzed on large distances from the port. Because this field is a free text field, many different names for the destination have been filled in. This makes the analyzing process difficult and time consuming.

On the other hand the free text format has delivered for this study a large benefit. Instead of filling in only the destination, the full trajectory was often filled in (i.e. Esbjerg/Harwich instead of Harwich or Antwerp/Esbjerg instead of Esbjerg). On many ships maintaining a service between two ports, the destination field is never refreshed. This means that a ship with destination code Harwich/Esbjerg can be on her journey from Harwich to Esbjerg or on her return journey from Esbjerg to Harwich. For this study, it was especially helpful that the full line was filled in, because now also the return journey from Esbjerg could be followed.

3.3 Analysis in steps

The analysis contained the following steps:

1. extracting all AIS records that cross the borders of a certain area.
2. collecting all possible destinations;
3. selection of the destinations of interest, thus containing Esbjerg and all possible abbreviations of Esbjerg and misspellings;
4. following the whole track of the MMSI number connected with the selection of step 3 around the date-time stamp of the crossing.

Step 3 is not only done for the destination Esbjerg, but also for all destinations along the coastline, from the coast North of the Elbe to the Northern point of Denmark. This set of ports is indicated with Jutland-W ports.

4 BEHAVIOUR OF TRAFFIC TO/FROM ESBJERG

4.1 Traffic to/from Esbjerg

The results of the analysis are presented using plots of AIS data on a nautical chart background. The figures have no legend, but the explanation of what is presented in the figures is described now.

Two colours are used when plotting the AIS positions. A black dot corresponds with a course over ground between 0° and 180° and a brown colour corresponds with a course over ground between 180° and 360°. With this representation, the sailing direction can easily be followed.

Most figures contain also yellow lines to/from Esbjerg. These lines indicate the routes to/from Esbjerg to Harwich and vice versa provided by the Hafenamt Esbjerg and are taken from [2]. The names of the traffic separations schemes are given in Figure 1-1.

The pilot wind farm areas are plotted with two colours, the green colour is used for the wind farms that are already approved and the red colour is used for the wind farms that are planned but not yet approved.

Figure 4-1 contains the tracks to/from all ports on the coast between the Elbe and the most northern point of Denmark extracted from the AIS data from the Netherlands Coastguard during the period 1/2/2006 to 31/12/2006 (indicated with NL AIS). The lines with small courses are mostly heading for Hirtshals, a port near the most Northern point of Denmark. It is remarkable that there are so many brown dots, representing journeys from the ports, which means that many ships indicate the whole route in the destination filed and not only the destination port.

Figure 4-2 shows the same picture but then for the AIS data collected on the H7 platform during the period 6/3/2006 to 31/1/2007. Of course the tracks on the German EEZ are better covered than in Figure 4-1. This figure shows that there is no doubt about the intentions of the ships. They sail straight forwards to/from Esbjerg.

In Figure 4-3 the NL AIS data and the H7 AIS data are combined in one figure. The figure shows a nearly needless jointure of Figure 4-1 and Figure 4-2, unless the fact that the AIS of NL and H7 have a little different survey time. The figure with the combined databases shows a complete picture of the routes from the Dutch traffic separation schemes to Esbjerg and vice versa.

The results of both databases are presented in all remaining figures in this report, indicated with AIS data.

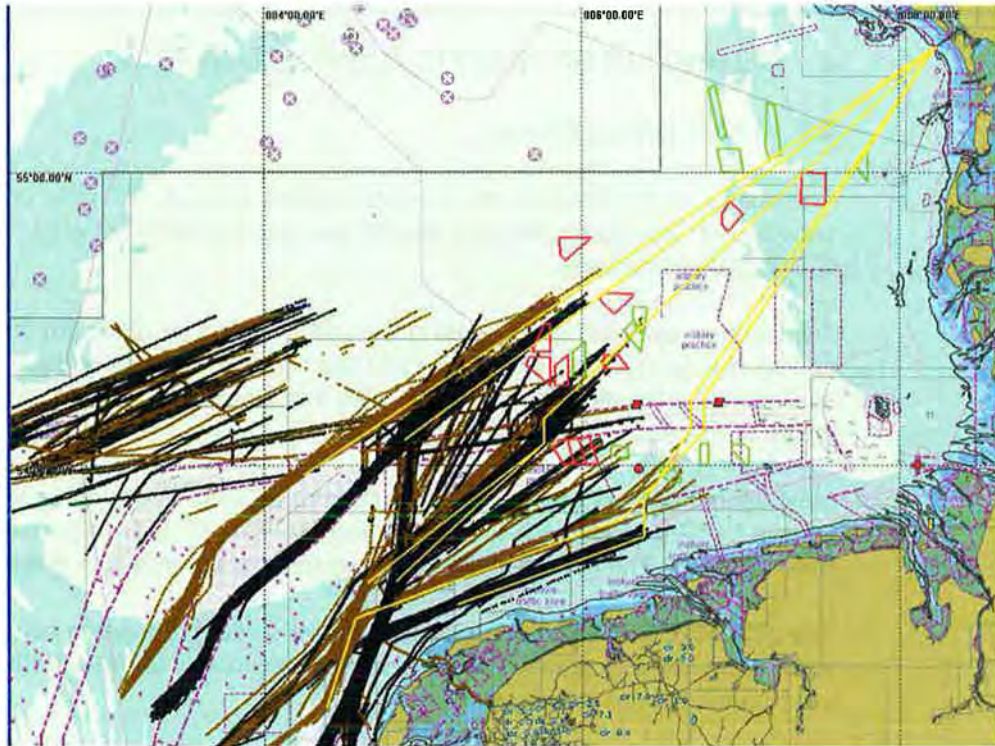


Figure 4-1 AIS tracks to/from ports to Jutland West coast from NL AIS data

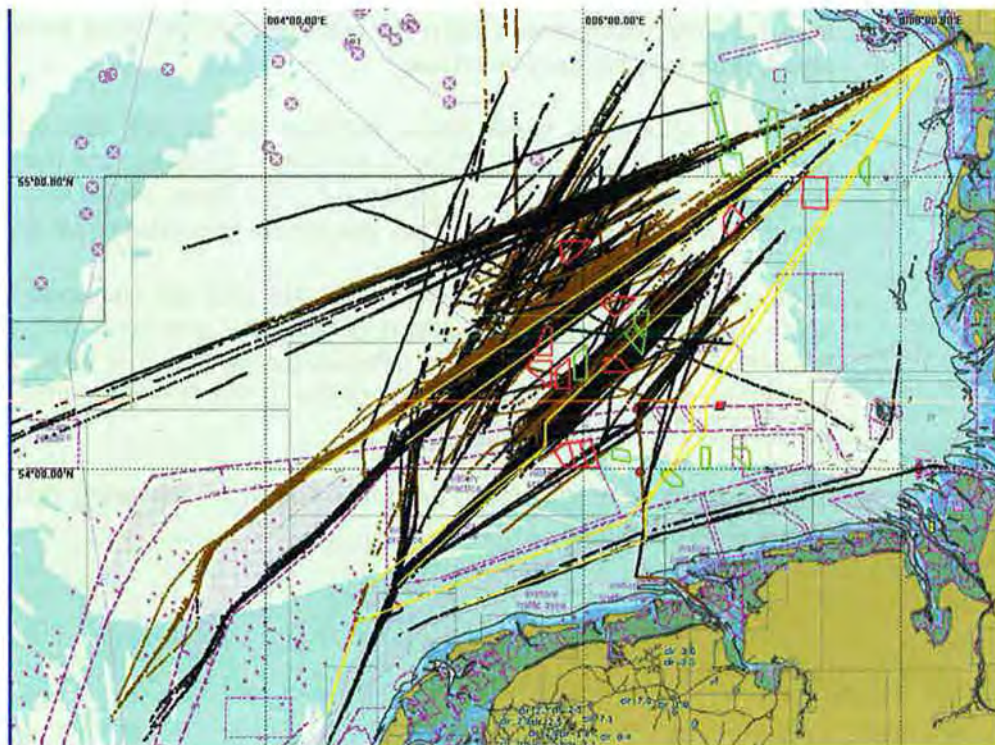


Figure 4-2 AIS tracks to/from ports to Jutland West coast from H7 AIS data

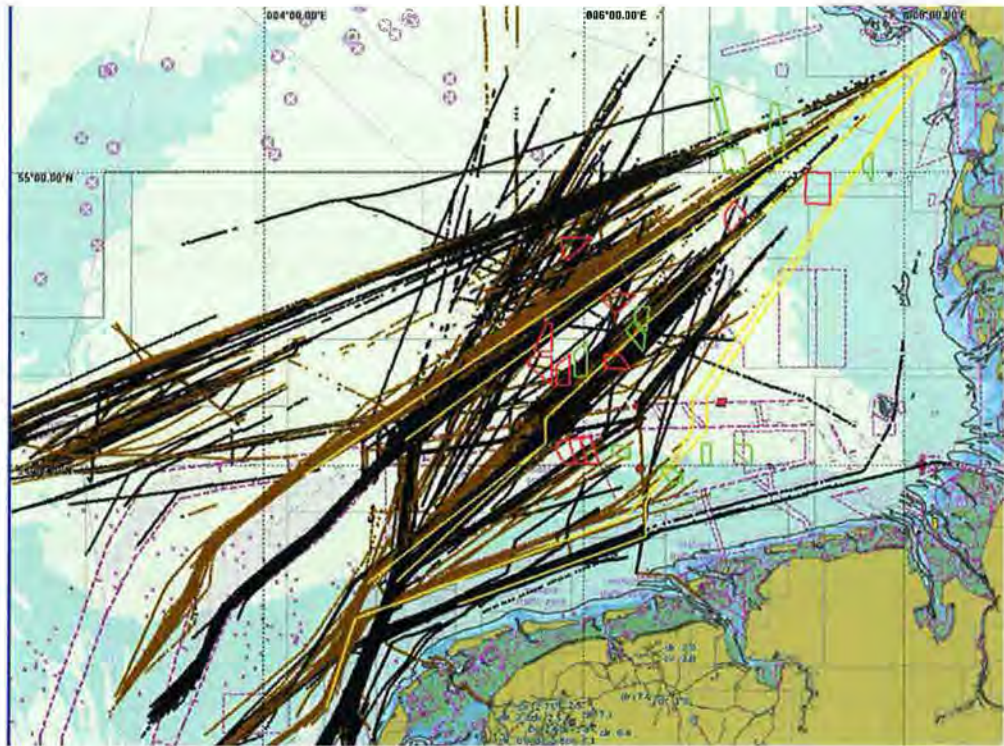


Figure 4-3 AIS tracks to/from ports to Jutland West coast from NL + H7 AIS data

Figure 4-3 contains also the records to other ports than Esbjerg on the coast of Jutland West. These records disturb a little bit the routes to/from Esbjerg. Therefore, a new set is made containing only the records to/from Esbjerg, which is plotted in Figure 4-4. In Figure 4-4 the following 6 routes are indicated with a number:

1. Route 1 is the route from the West Friesland TSS to Esbjerg and the route from Esbjerg to the entrance of the West Friesland TSS. Most ships with origin or destination the Southern North Sea (for example Harwich) took this route. This route is also indicated by the Hafenamt Esbjerg.
2. The ships following this route 2 are heading for Esbjerg directly when they leave the Vlieland North TSS. On this route the ships have to cross the Deep Water German Bight Western Approach TSS above the Wadden. Some of them cross this TSS according the rules with perpendicular courses, but most ships do not change their course and cross the TSS with an angle of about 35°, see Figure 4-5.
3. Route 3 does not leave the Vlieland North TSS in NE direction but follows the Terschelling – German Bight TSS until buoy TG1-Ems, crosses the TSS perpendicular and heads for Esbjerg. This is the third route mentioned by the Hafenamt Esbjerg, but is not used very often in reality. Also this route crosses an approved wind farm.

4. Route 4 leaves the Vlieland North TSS as route 2, but follows a more south-east direction with the intention to cross the German Bight Western Approach TSS near buoy GW3 and GW4. This route is not followed in the opposite direction.
5. Route 5 is the main route from Immingham to Esbjerg and vice versa.
6. Route 6 is followed by a minority of the ships from Immingham to Esbjerg and vice versa. This route runs a few nautical miles above the TSS Off Botney Ground, The Friesland Junction and the East Friesland TSS.

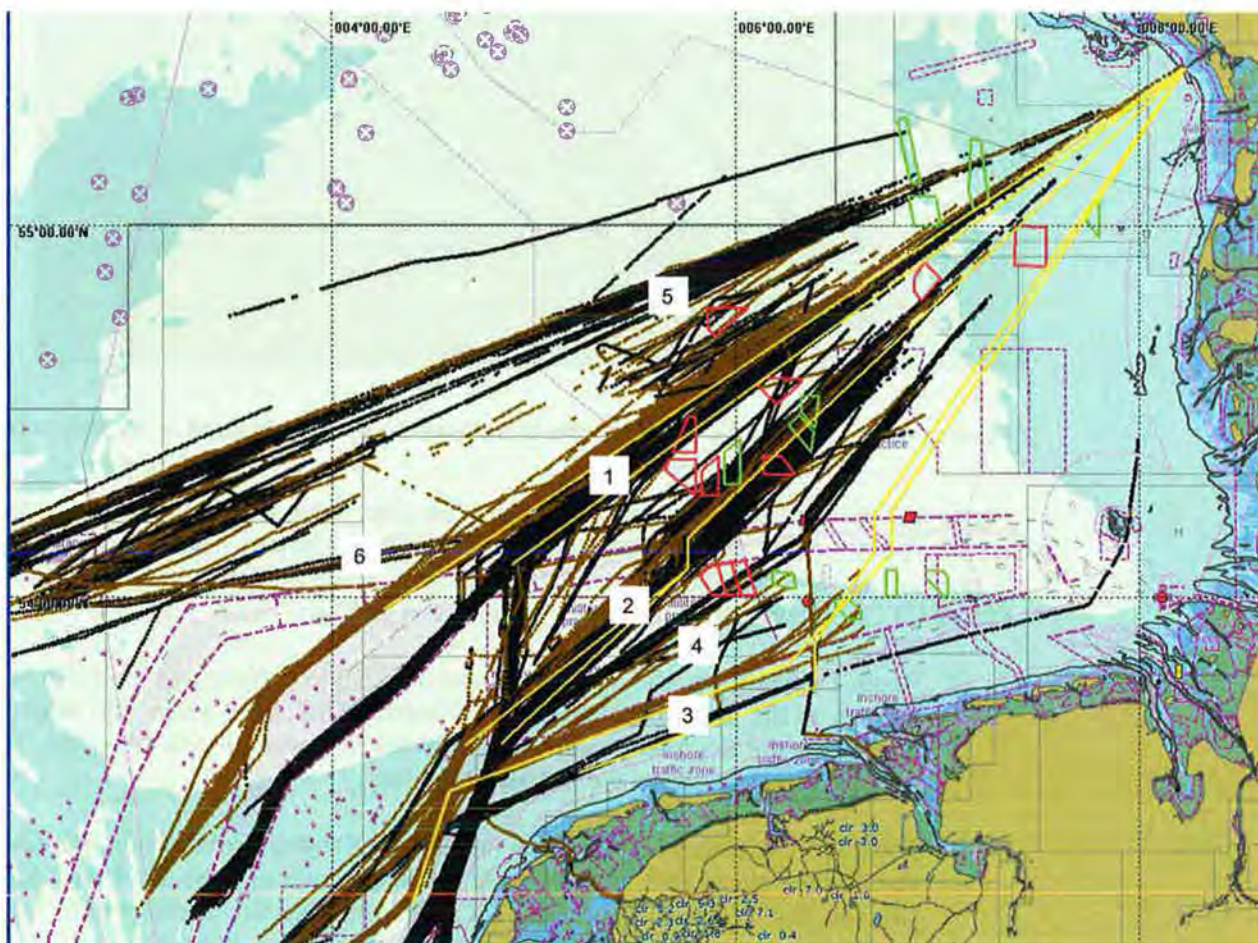


Figure 4-4 Routes to/from Esbjerg only from the AIS data

Figure 4-4 shows the 6 main routes passing the Dutch EEZ to Esbjerg. A first conclusion is that when the approved green wind farms are built, the routes 2 and 5 are not longer possible. Route 5 will pass in future south of the Nordlicher Grund wind farm. Route 2 runs through the three approved wind farms and cannot be used any more in future. Most probably ships that follow route 2 nowadays will follow route 1 when the three approved wind farms in route 2 are built. It is not a large disadvantage for the ships that route 2 is not possible anymore, because:

- From a safety point of view, route 1 is safer than route 2 because the probability of a collision will be less when a ship follows route 1. This route will not cross the dense traffic routes through the Texel TSS and Vlieland TSS.
- Even nowadays the difference between route 1 and route 2 is small. This is illustrated in Figure 4-6 with the AIS tracks of one ship operating on the Harwich – Esbjerg line. This ship uses both routes. The reason why, one time route 1 is taken and another time route 2, cannot be extracted from the AIS data. It may depend on weather conditions but it is also possible that two different masters/crews are in service on this ship, each taking their own route. In any case it makes clear that the difference in both routes is small.

With respect to safety aspects it has to be encouraged that ships will use route 1 instead of route 2 or 3.

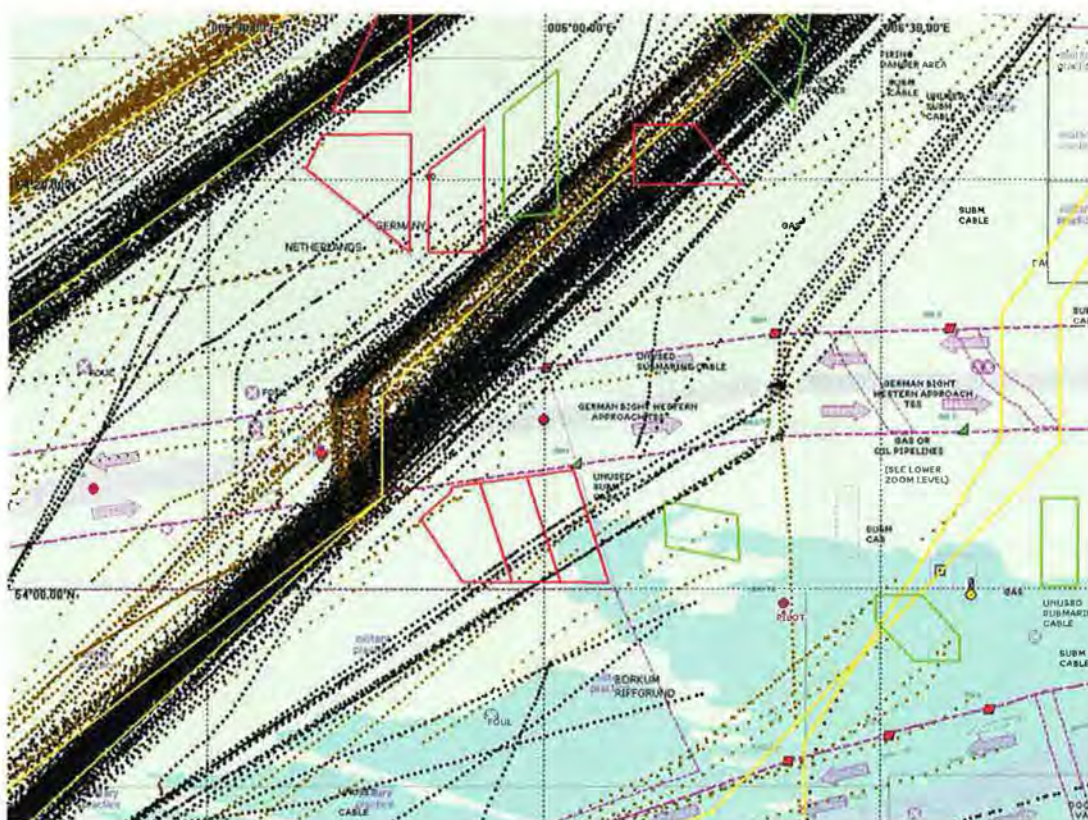


Figure 4-5 Perpendicular and crossings with an angle of 35°

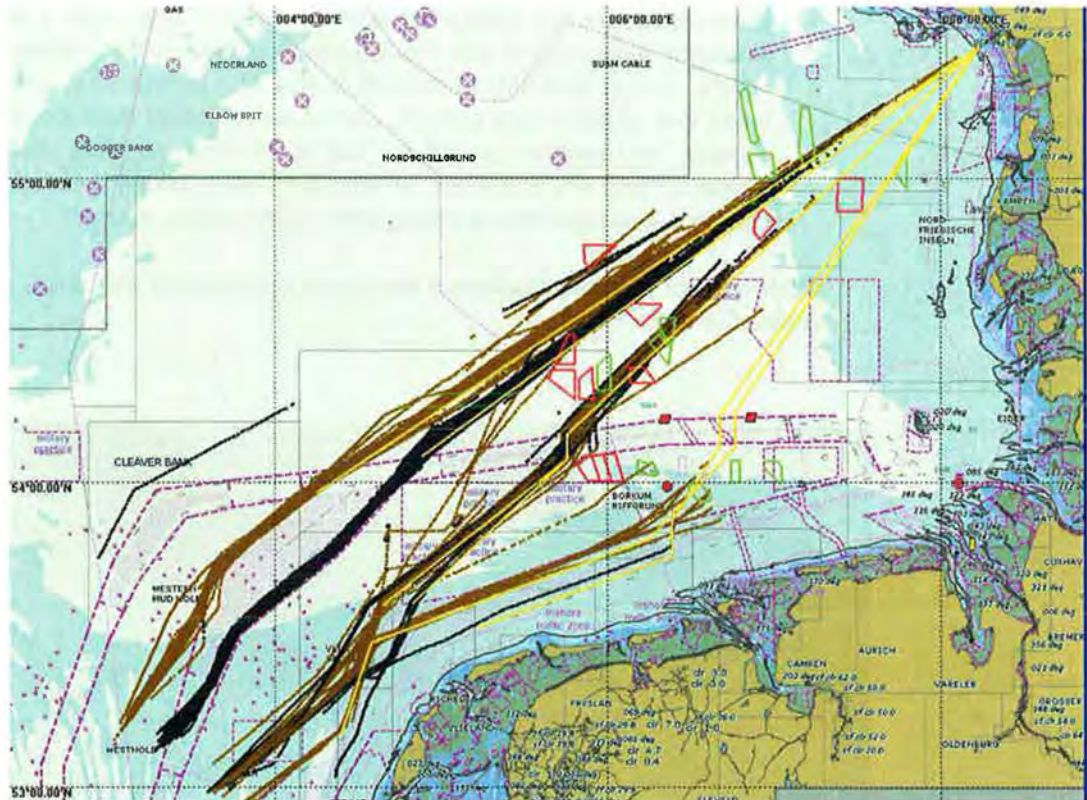


Figure 4-6 All tracks to/from Esbjerg from one ship

4.2 Clearway to/from Esbjerg

Route 1 and 2 are the most dense routes from the Southern North Sea to Esbjerg and vice versa. Because route 1 is more safe and route 2 will be less attractive in future by the approved wind farms, it is expected that mainly route 1 will be used in future. This route has to be kept clear by the introduction of a clearway for this route. The most suitable location for a clearway is such that it includes most of the present tracks to/from Esbjerg. The clearway is plotted with two straight orange lines. The clearway contains the yellow route from the West Friesland TSS to Esbjerg and the route in the opposite direction from Esbjerg to the West Friesland TSS.

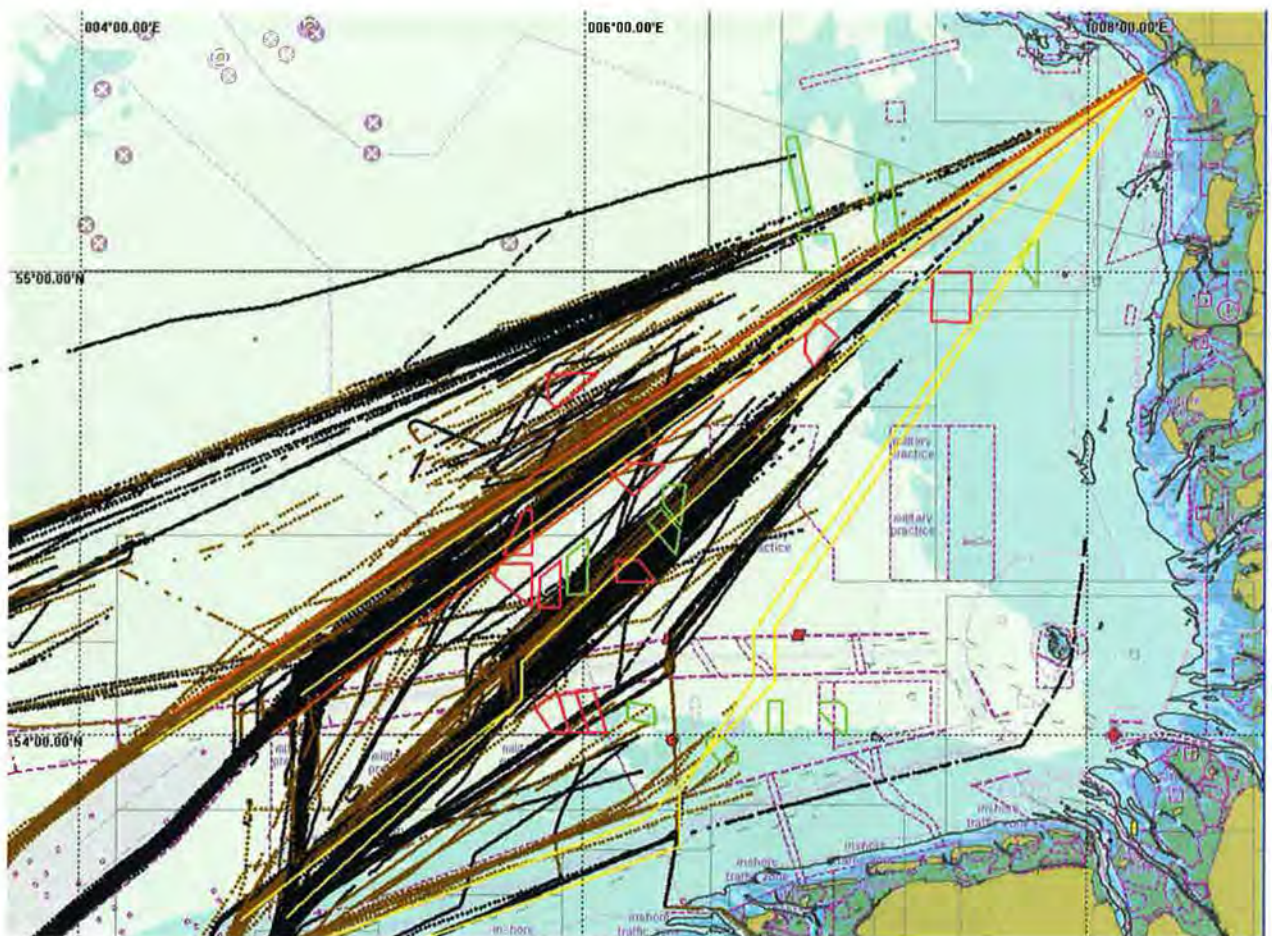


Figure 4-7 Clearway (orange) for route 1 to/from Esbjerg

The clearway plotted in Figure 4-7 has to be seen as the most natural location of the clearway to/from Esbjerg. The width of the clearway is rather large, because of the connection on the outgoing and ingoing lane of the West Friesland TSS. The position of the clearway with respect to the present wind farms is presented by a number of zooms in of Figure 4-7.

Figure 4-8 shows the connection of the clearway with the West Friesland TSS. On the right side of the figure, the tracks can be found that have followed (black) or will follow

(brown) the Vlieland North TSS (not visible). These ships have used the clearway connection between the Vlieland North TSS crossing the deepwater route in the Vlieland Junction. There are more black dots because the route through the Vlieland North TSS passing the Vlieland junction is in the direction to Esbjerg more favourable than in the opposite direction, where the route through the West Friesland TSS is preferred. Another more plausible explanation of more black dots is, that the black dots are from ships that do not operate on a fixed service between two ports.

With the destination field of the AIS message, nearly 100% of all movements to Esbjerg (black dots) could be extracted. However, it was impossible to extract all movements of the journeys departed from Esbjerg (brown dots) because if only the destination for example "Antwerp" was coded in the AIS message, it was impossible to extract this journey as journey departed from Esbjerg. But most ships to/from Esbjerg are operating in regular service, mostly indicated by both ports in the destination field, that is never updated. In any case Figure 5-1 and Figure 5-2 contain all traffic.

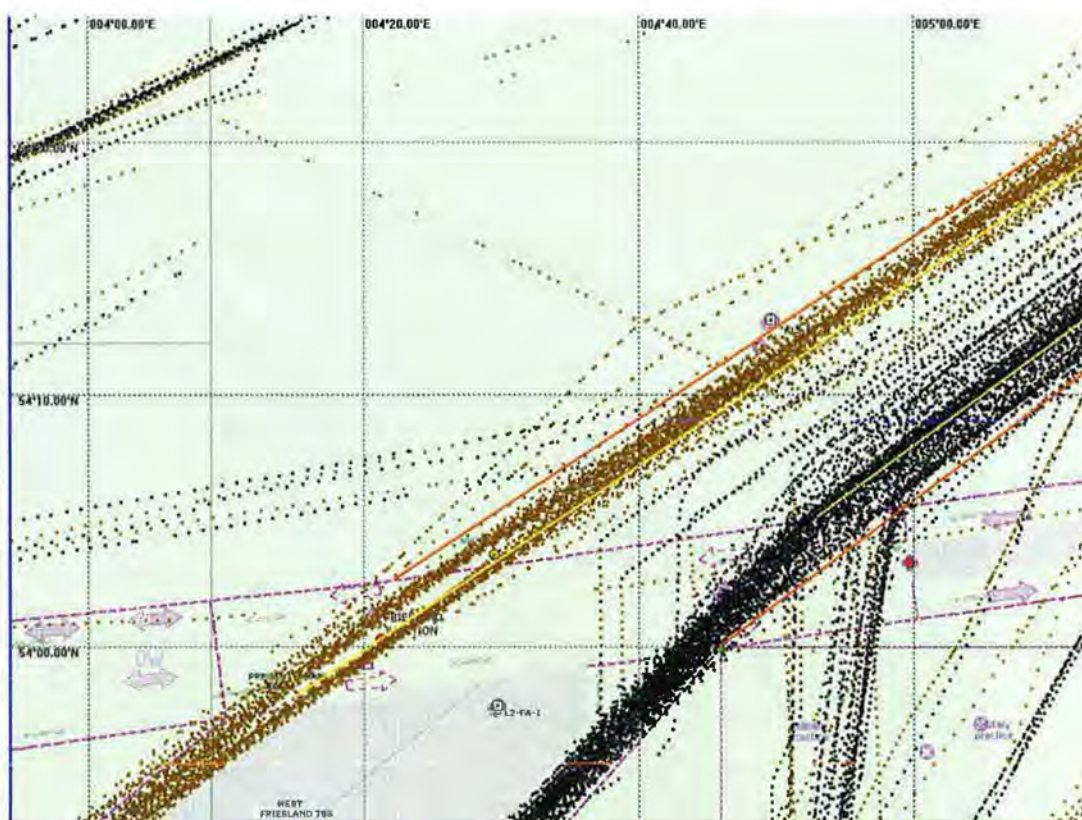


Figure 4-8 Connection of the clearway with the West Friesland TSS

Figure 4-9 shows the present routes in the vicinity of the wind farms Deutsche Bucht and Austerngrund. It shows that the Deutsche Bucht wind farm is located completely outside the clearway. The clearway crosses the Austerngrund wind farm.

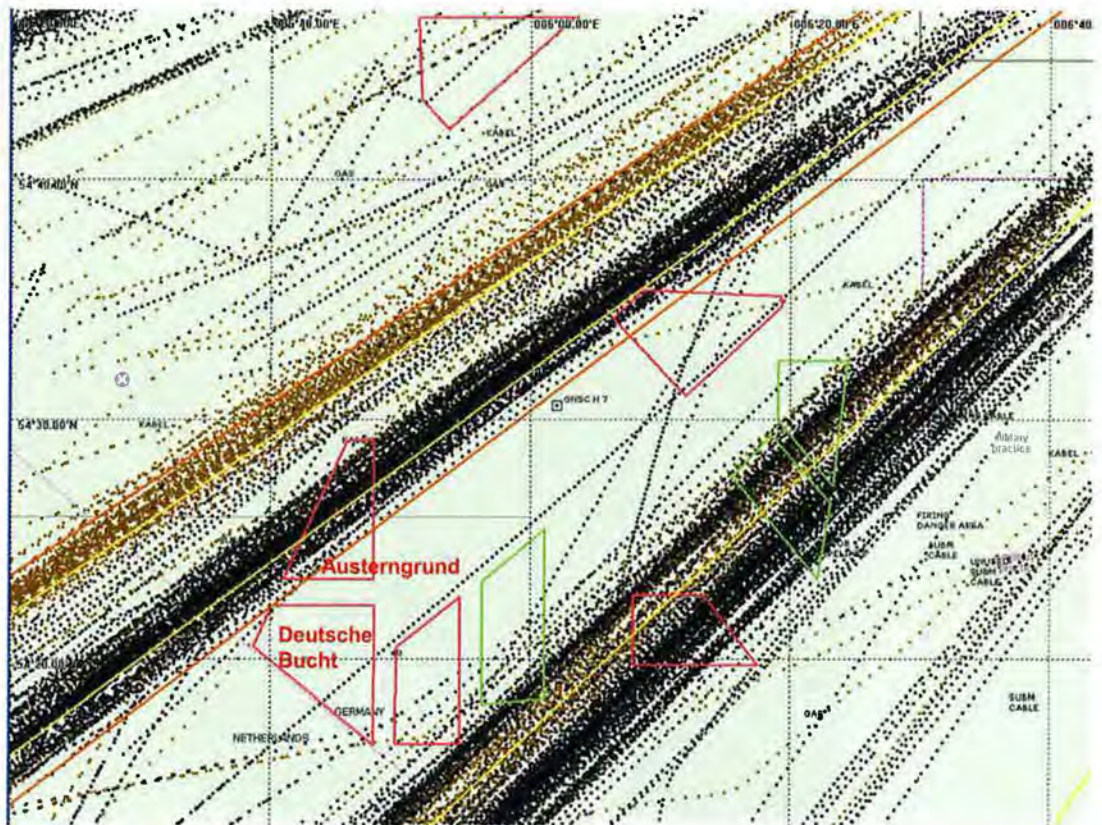


Figure 4-9 Clearway in the vicinity of a number of wind farms

Figure 4-10 shows the clearway in the vicinity of a number of approved wind farms. The clearway crosses the approved wind farm Dan Tysk.

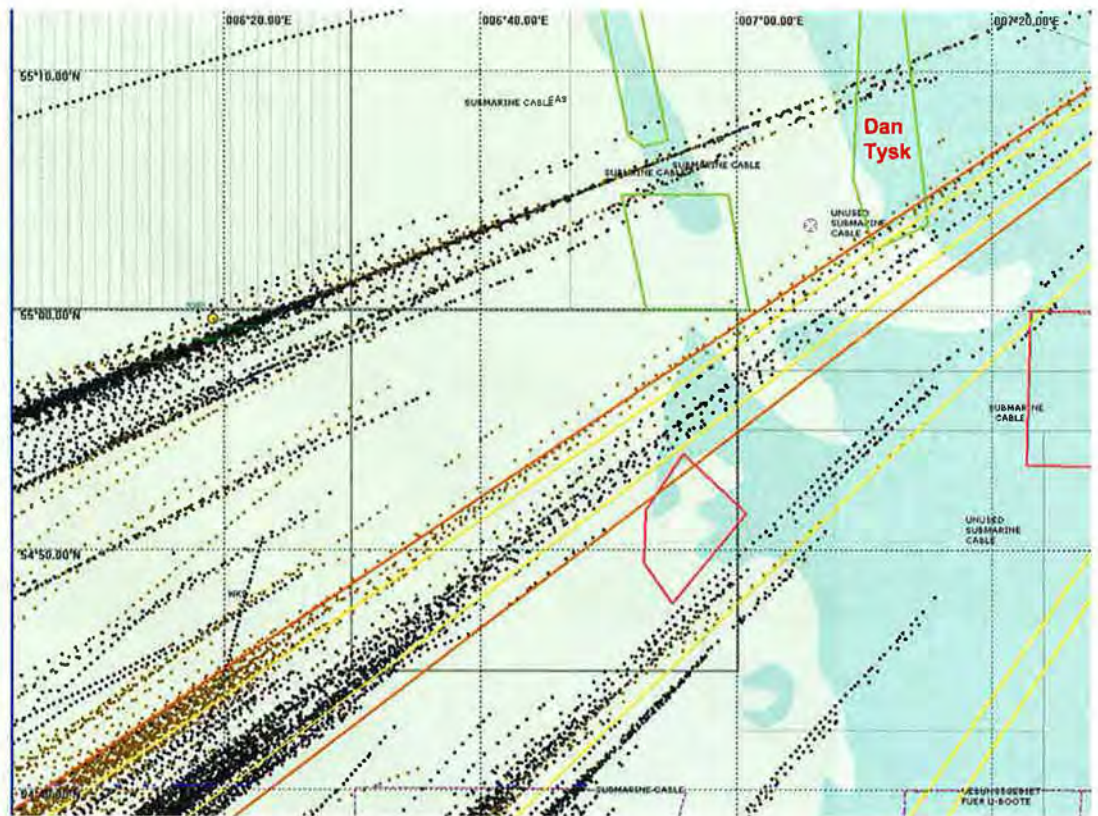


Figure 4-10 Clearway in the vicinity of a number of approved wind farms

Figure 4-11 shows the connection of the clearway with the approach channel to Esbjerg. The AIS coverage from the AIS receiver on platform H7 is very scarce.

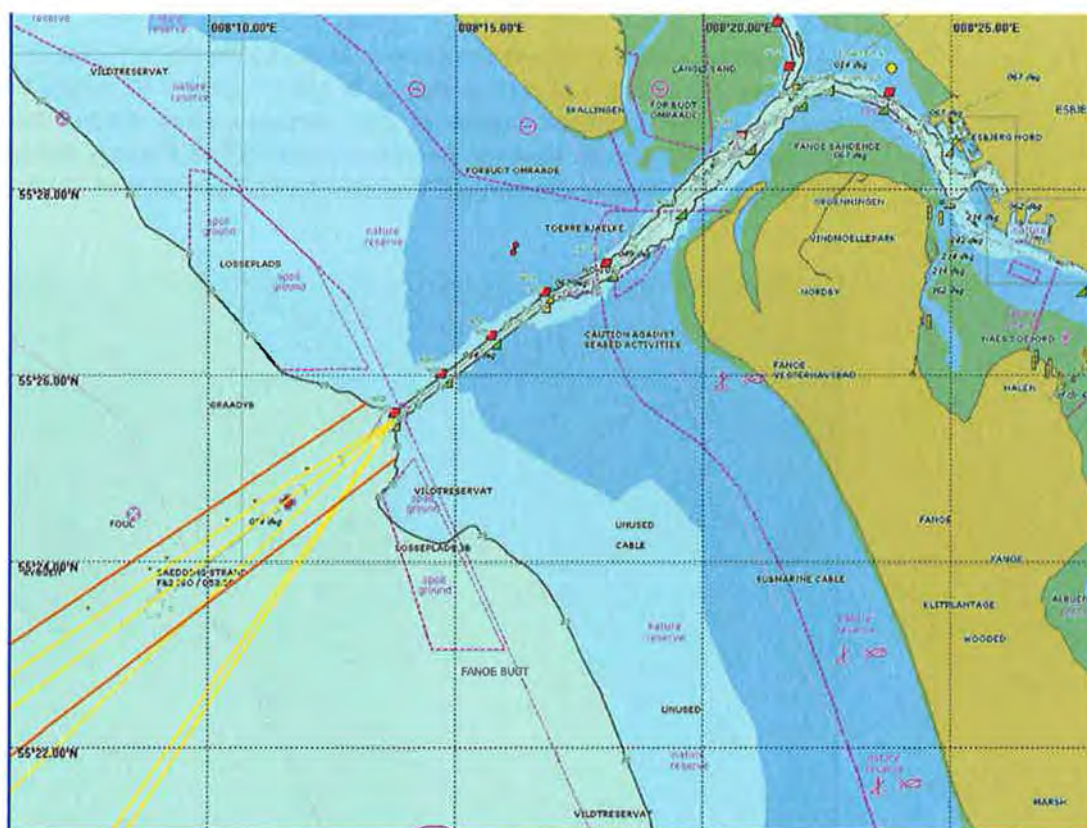


Figure 4-11 Clearway near the approach channel to Esbjerg

4.3 Width of the clearway to/from Esbjerg

The clearway to Esbjerg is in the southern part very wide due to the connection with the West Friesland TSS, where a large distance exists between the NE going traffic lane and the SW going traffic lane. For saving sea space for other activities an additional point can be added in the clearway, to lead the traffic to/from Esbjerg through a smaller clearway. An example of such a change is given Figure 4-12, where the orange dashed line forms the southern border of the clearway. This border means a negligible elongation of the route from the Friesland West TSS to Esbjerg, but offers space to the wind farm initiatives Austerngrund, Ventotec Nord 2 and Weisse Bank.

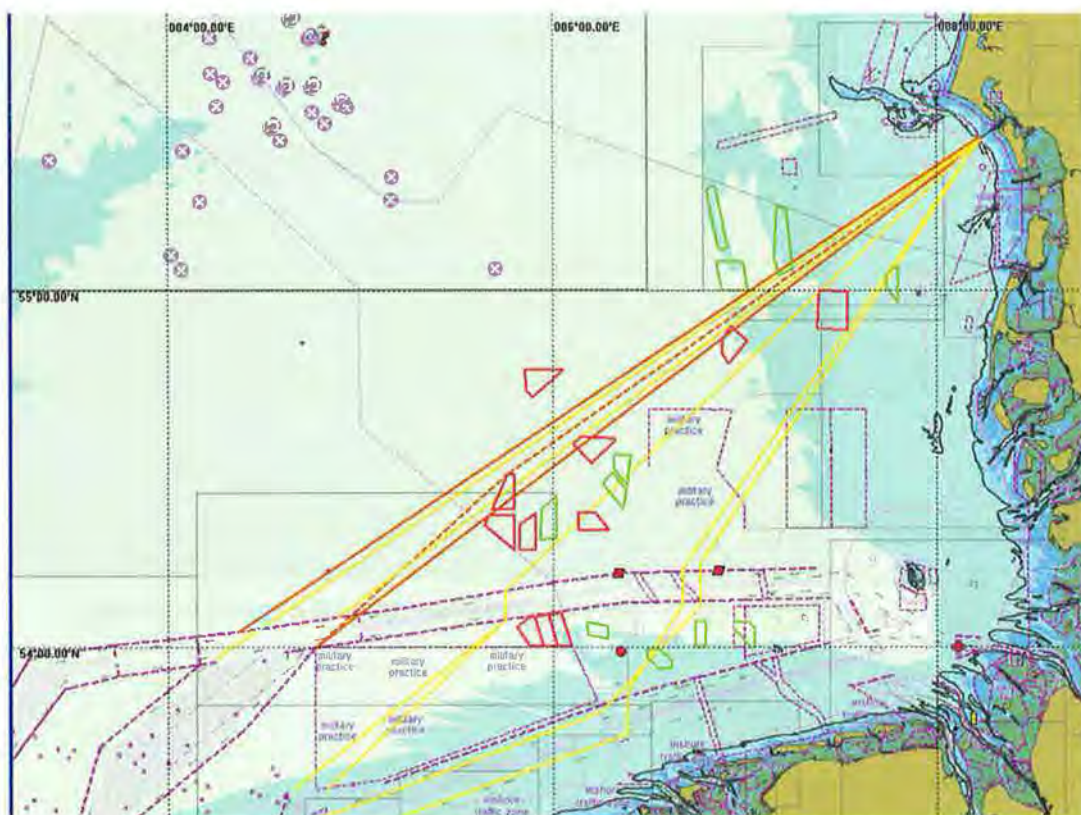


Figure 4-12 Orange dashed is an alternative for the southern border of the clearway to/from Esbjerg

4.4 Conclusions

The following conclusions can be drawn.

Based on already approved wind farms:

- The route from Vlieland North TSS directly to Esbjerg and vice versa will not be used in the future when more and more wind farms will be built.
- The route from the West Friesland TSS to Esbjerg and vice versa will become the most preferable one in future.

- It will be still possible in future that ships will use the Vlieland North TSS, leave the TSS in northern direction in order to cross the deep water route and join there with the traffic through the clearway from the West Friesland TSS.

General conclusions

- The route through the West Friesland TSS to Esbjerg and vice versa is, with respect to ship-ship collision risk, safer than the route through the Vlieland North TSS, because this route has less crossings with dense traffic flows
- The clearway can be narrowed to save space for other activities than shipping.

5 OTHER TRAFFIC

In the previous chapter 4 only the traffic to/from Esbjerg is extracted from the AIS data for the determination of the clearway to/from Esbjerg. In this chapter some figures are given of all traffic on a number of crucial spots, to make clear that the traffic to/from Esbjerg is only a small part compared with the total traffic volume.

Figure 5-1 contains the 2 minutes plots of the AIS data of H7 in the month April and Figure 5-2 contains the plots for the month August, thus high season for the ferries. There is not a large difference between these two figures. The figures show that the traffic to/from Esbjerg is not very intense compared with other traffic links. This will mean that the sea area for the clearway to/from Esbjerg has to be limited. However, the intensity through the clearway will increase in future as described in the previous chapter. The black-brown spot in Figure 5-1 and Figure 5-2 is exactly on the position of the platform H7 and is built up by the AIS messages of the traffic with destination H7, that are operating during some time near H7.

Figure 5-1 and Figure 5-2 show that the route from the Vlieland North TSS and the West Friesland TSS to Skagerrak and vice versa is much more important. For this route, the same analysis can be performed as for the Esbjerg route. That is not done within this study, but Figure 5-3 illustrates that the same problems will arise when this route would be analyzed. Above all, this clearway needs the agreement of three countries, Denmark, Germany and the Netherlands.

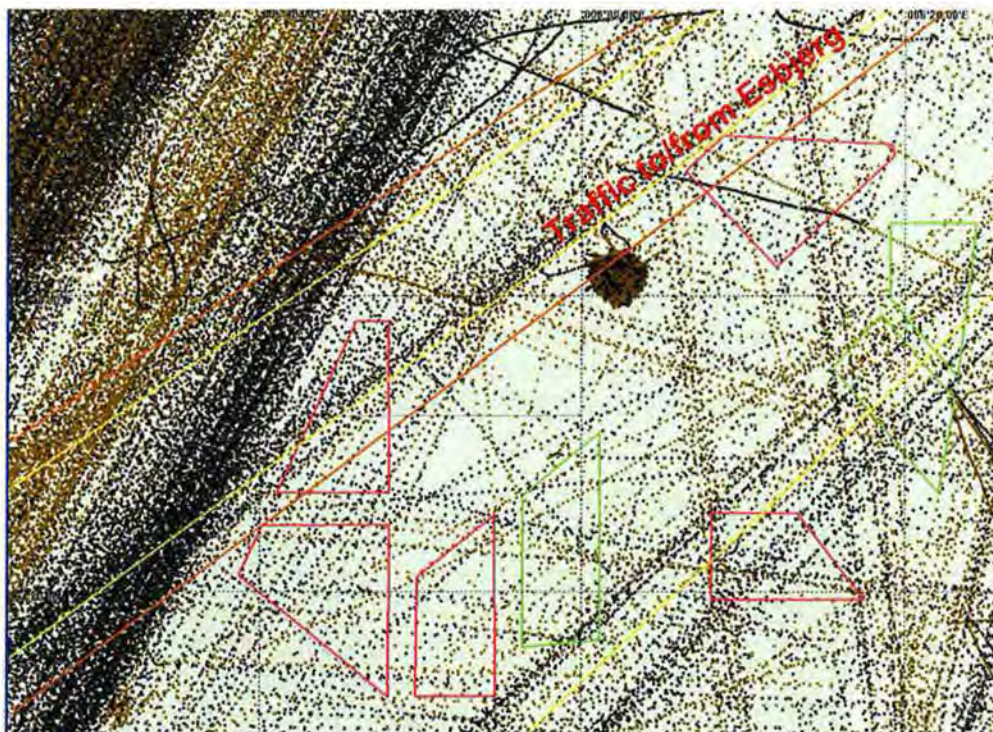


Figure 5-1 Traffic in the month April from the H7 AIS data

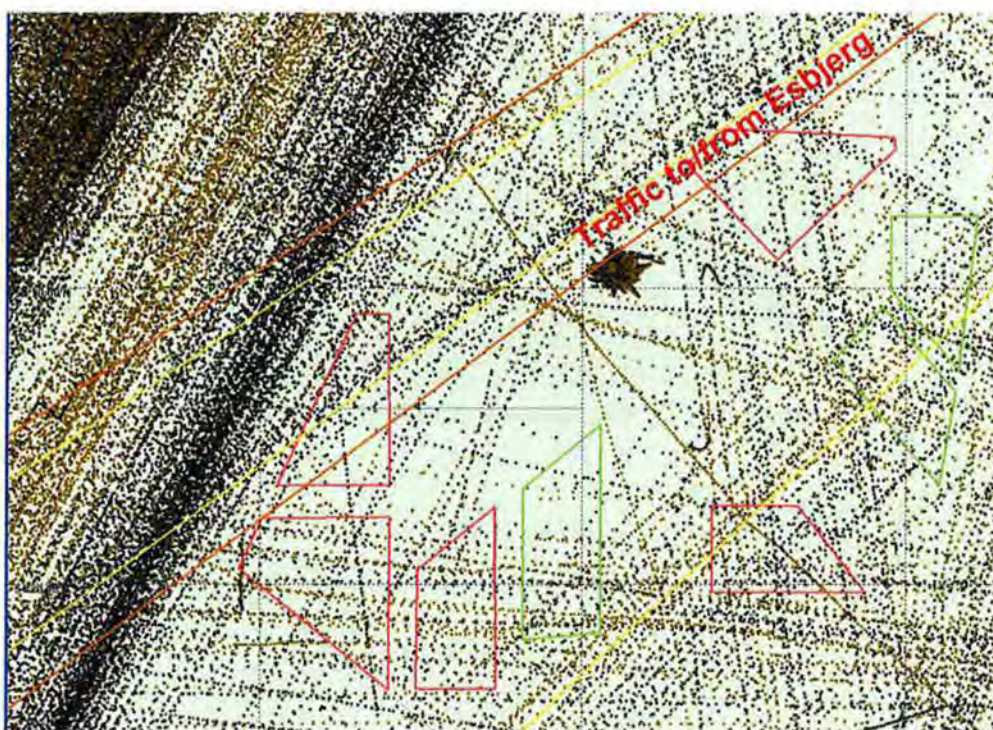


Figure 5-2 Traffic in the month August from the H7 AIS data

Figure 5-3 is composed of different data sources. It contains the AIS data of the month April within a rectangular area from the H7 AIS data, added with AIS data plots for the Jutland W destinations of the Netherlands Coastguard AIS of 2006. The behaviour of the traffic can be extracted from this figure. Some ships leave the Vlieland North TSS, go north to cross the deepwater route (in fact follow the clearway between of Figure 3-1) and change course to Esbjerg, Skagerrak or other destinations. Other ships change course to Esbjerg, Skagerrak or other destination directly after they have left the Vlieland North TSS. This different behaviour means that ships can cross each other just above the Vlieland North TSS and will cross each other again somewhere north of the deep water route. This is not necessary when all ships will follow the clearways between the two TSS, what can only be achieved when this clearway will part of the TSS, because a clearway has no official status, is not indicated on the nautical charts. As long these clearways have no official status, captains can determine their own voyage plan.



Figure 5-3 **Combination of different data sources**

6 CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

6.1 Conclusions

The conclusions drawn based on the analysis of the Esbjerg tracks in Chapter 4 and 5 are:

Based on already approved wind farms:

- The route from Vlieland North TSS directly to Esbjerg and vice versa will not be used in the future when more and more wind farms will be built.
- The route from the West Friesland TSS to Esbjerg and vice versa will become the most preferable one in future.
- It will be still possible in future that ships will use the Vlieland North TSS, leave the TSS in northern direction in order to cross the deep water route and join there with the traffic through the clearway from the West Friesland TSS.

General:

- The route through the West Friesland TSS to Esbjerg and vice versa is, with respect to ship-ship collision risk, safer than the route through the Vlieland North TSS, because this route has less crossings with dense traffic flows.
- The clearway can be narrowed to save space for other activities than shipping.
- The density of the Esbjerg clearway is not that much compared with other traffic links.

6.2 Recommendations

- An international meeting, with at least the German and Dutch maritime authorities, is required for the spatial planning of the sea area, in order to guarantee the free passage of ships on both EEZ and to avoid that clearways in both EEZ do not connect with each other.
- The clearway from the Vlieland North TSS to the Vlieland junction of the deepwater route requires special attention, because the use or not use of this clearway results in a large spread of the traffic routes to the same destination and results in more crossing encounters than necessary.

REFERENCES

- [1] C. van der Tak
Effecten van ruimteclaims in de Noordzee op de scheepvaart
MARIN, report 16498.620/2, november 2001
- [2] BARD Engineering
Documentation der GIS-Karten;
BARD Engineering. 14-12-2005